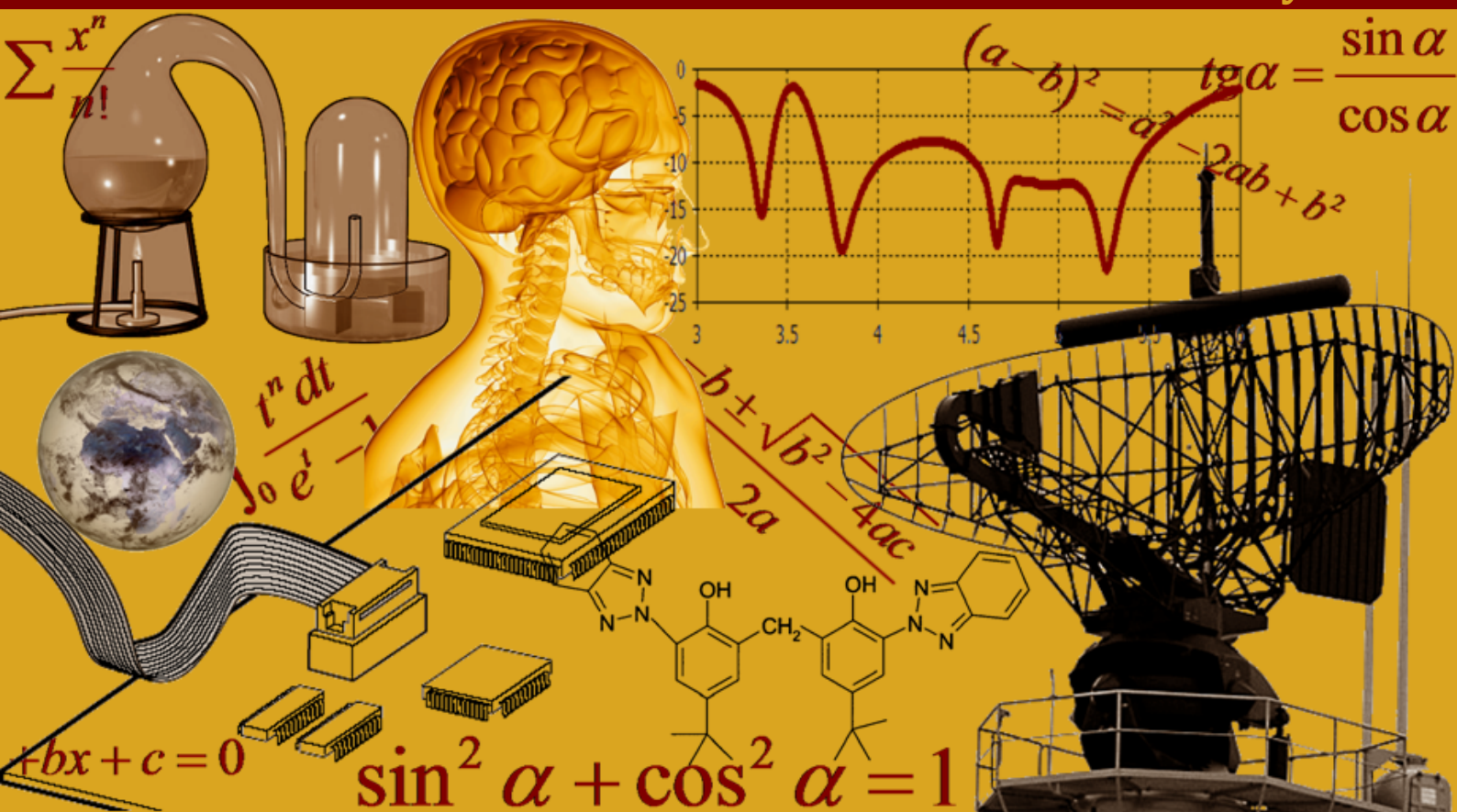


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

Vol. 30 N. 2 May 2017



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Scientific Research

International Journal of Innovation and Scientific Research (ISSN: 2351-8014) is an open access, specialized, peer-reviewed, and interdisciplinary journal that focuses on research, development and application within the fields of innovation, engineering, science and technology. Published four times per year in English, French, Spanish and Arabic, it tries to give its contribution for enhancement of research studies.

All research articles, review articles, short communications and technical notes are sent for blind peer review, with a very fast and without delay review procedure (within approximately two weeks of submission) thanks to the joint efforts of Editorial Board and Advisory Board. The acceptance rate of the journal is 75%.

Contributions must be original, not previously or simultaneously published elsewhere. Accepted papers are available freely with online full-text content upon receiving the final versions, and will be indexed at major academic databases.

Table of Contents

Analyses nutritionnelle et toxicologique de trois plantes alimentaires traditionnelles de la Tshopo en République Démocratique du Congo	105-118
<i>Jacques N.B. Tchatchambe, Basile E. Solomo, Francine B. Kirongozi, Crispin B. Lebisabo, Benoît D. Dhed'a, Jacques W.B. Tchatchambe, Nadège K. Ngombe, Pius T. Mpiana, Théophile F. Mbemba, and Koto-te-Nyiwa Ngbolua</i>	
Caractéristiques physiologiques et pédo-morphologiques des groupements végétaux de forêts denses de UMA en République démocratique du Congo	119-136
<i>Jean-Paul K. Shaumba, Jean LEJOLY, Hyppolite S.M. Nshimba, M.B. Ndjole, and Koto-te-Nyiwa Ngbolua</i>	
Ancient Azerbaijan's Bronze bracelets – the cash equivalent of the Bronze Age	137-139
<i>Soltanova Nazila Baghir</i>	
La rupture épistémologique de Bachelard: Une déconstruction sans Jacques Derrida	140-148
<i>Jean-Marie CIKULI CIZUNGU, Jean-Pierre BOKANGA, Gyavira MUSHIZI, and Dieudonné UKUMU</i>	
Effets des aliments à base des ingrédients locaux sur la survie et sur la croissance des larves de <i>Clarias gariepinus</i> dans la région de Kisangani, République Démocratique du Congo	149-158
<i>Franco Monsengo Mabruki, Nathalie Ngalya Bengé, Isaac SHABANI EKYAMBA, Jean Fiston MIKWA, and Alidor Kankonda Busanga</i>	
EVALUATION DU DEGRE DE POLLUTION DE LA RIVIERE KINTAMA PAR L'UTILISATION DES MACROINVERTEBRES BENTHIQUES	159-174
<i>Marcellin AMULI BISIMWA</i>	
Une approche pour améliorer l'évaluation des consommations alimentaires dans la province du Sud-Kivu, République Démocratique du Congo, par la conversion des mesures alimentaires usuelles locales en unités du système international	175-185
<i>V. Buhendwa Mirindi, J.M. Mbaka Kavuvu, G. Wabatinga Kyalemaninwa, Witumbula Katambwe, A. Bashamuka Sifa, and J.P. Baneva</i>	
Suivi par télédétection de la déforestation due à la croissance urbaine de la ville de Ouesso dans la période de 2000-2016, République du Congo	186-197
<i>Stoffenne Binsangou, Suspense Averti Ifo, Félix Koubouana, Lisa Louvouandou, Stevanche Nzingoula, and Lucien Mansisse</i>	
REGARD SUR LES CONDITIONS DE VIE SOCIO-ECONOMIQUES DES EXPLOITANTS MINIERES ARTISANAUX AU NORD-KIVU	198-210
<i>Emmanuel HAFASHIMANA NZABONIMPA NZOMBA</i>	
L'ANALYSE DES CAUSES ET CONSEQUENCES DE LA DEFORESTATION SUR LE DEVELOPPEMENT SOCIO-SANITAIRE DE LA POPULATION : CAS DU TERRITOIRE DE MASISI	211-217
<i>Jean Claude AMINI MUSANGE</i>	
ELABORATION OF MANAGEMENT PLAN OF AN INVASIVE AQUATIC PLANT SPECIES: THE CASE OF THE NYONG RIVER BASIN MBALMAYO CAMEROON	218-233
<i>Achille NOUGA BISSOUE, NJUMEWANG ENJOH, Gildas Parfait NDJOUONDO, and Siegfried Didier DIRONG</i>	
Establishment of a mathematical relationship to correlate fleet size with equipment availability in open pit mine, using curve-fitting techniques: A case study of Mashamba copper deposit in the Democratic Republic of Congo)	234-241
<i>Patrick Mukonki May and Augustin Muhota Kawinda</i>	
Détection de l'activité enzymatique pectinolytique et cellulolytique des champignons responsables de la pourriture des pommes en conservation	242-250
<i>Karima Selmaoui, Amina Ouazzani Touhami, Afifa Mouria, Rachid Benkirane, and Allal Douira</i>	
NEED FOR COST-BENEFIT ANALYSIS, PRODUCTIVITY AND EFFICIENCY IN EDUCATION	251-254
<i>PASTOR PAUL NWAKPA</i>	
CURRICULUM IMPLEMENTATION AND THE SCHOOL ADMINISTRATORS/TEACHERS, CHALLENGES AND REMEDIES IN NIGERIA	255-258
<i>PASTOR PAUL NWAKPA</i>	
ACTIVITE ANTIBACTERIENNE DES EXTRAITS BRUTS AQUEUX ET CONCENTRES DE QUELQUES PLANTES MEDICINALES SUR LES STAPHYLOCOQUES RESISTANTS AUX ANTIBIOTIQUES COURANTS A KISANGANI (RD CONGO)	259-268

K.J.P. ETOBO, W.R. OLEKO, and S.M. NSHIMBA

Strategic mine planning approach for determination of operational pushbacks using Datamine NPV Scheduler: case study of the Mashamba East open pit mine, Democratic Republic of Congo 269-279

Patrick Mukonki May and Augustin Muhota Kawinda

ABSENTEISME DU AU PALUDISME DANS LES ECOLES DE BUKAVU EN RDC 280-284

Debonheur SHABANI MALEMBA

LUTTE ANTI VECTORIELLE DANS LA PREVENTION DU PALUDISME : APPROCHE EPIDEMIOLOGIQUE 285-307

Debonheur SHABANI MALEMBA

Acquisition des concepts du système digestif par les jeunes apprenants 308-313

Wissal IRAQI, Nouredine AMEZIANE, Radouane OUAKKA, Nora BELFAQIR, Ali KOUKOUCH, and Taoufik HASSOUNI

La mendicité féminine dans la ville de Zinder (Niger) 314-325

ABDOU Harou

Analyses nutritionnelle et toxicologique de trois plantes alimentaires traditionnelles de la Tshopo en République Démocratique du Congo

[Nutritional and toxicological analyses of three traditional edibles plant species of Tshopo in the Democratic Republic of the Congo]

Jacques N.B. Tchatchambe^{1,2}, Basile E. Solomo¹, Francine B. Kirongozi², Crispin B. Lebisabo^{1,2}, Benoît D. Dhed'a¹, Jacques W.B. Tchatchambe¹, Nadège K. Ngombe³, Pius T. Mpiana⁴, Théophile F. Mbemba⁴, and Koto-te-Nyiwa Ngbolua^{4,5,6}

¹Laboratoire de génétique, amélioration des plantes et Biotechnologie, Faculté des Sciences, Université de Kisangani, B.P. 2012, RD Congo

²Centre de Surveillance de la Biodiversité, Université de Kisangani, B.P. 2012, RD Congo

³Faculté des Sciences pharmaceutiques, Université de Kinshasa, B.P. 212 Kinshasa XI, RD Congo

⁴Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RD Congo

⁵Université de Gbadolite, Province du Nord Ubangi, RD Congo

⁶Institut Supérieur Pédagogique d'Abumombazi, Province du Nord Ubangi, RD Congo

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: A study on the nutritional and toxicological analyses of three wild plants, fruits of: *Capsicum frutescens*, *Passiflora foetida* and the leaves of *Piper umbellatum* were analyzed. In this study, it appears that these wild plants may be of value as a food supplement in regard to their content in crude proteins, lipids, calcium, magnesium, iron, phosphorus, and vitamins (A, B1, B2, B6 and C). The fruits of *Capsicum frutescens* are richer in crude ash (14.42%), protein (3.18%), vitamin B2 (1.46 g / 100 g), and iron (4,108 g/100 g). The fruits of *Passiflora foetida* are richer in water (75.49%); citric acid equivalent (17.732%), lipid (14g / 100g), vitamin B1 (4,98 g /100 g), vitamin C (17.6 g/100 g), calcium (2.28 g/100 g) and leaves of *Piper umbellatum* are richer in vitamin A (0.933 g/100 g), magnesium (1.787 g/100 g), phosphorus (0.016 g/100 g). However, these plants also contain some undesirable substances including alkaloids and terpenes and sterols, trace toxic substance such as nitrate, nitrite and cyanide. All these results justify the use of these plants in the diet of the population of the city of Kisangani and its surroundings for the diversification of the diet to fight against the lack of certain nutrients.

KEYWORDS: Nutrition, wild plants, traditional foods, chemical analysis, anti-nutritional factors.

RESUME: Une étude sur l'analyse nutritionnelle et toxicologique de trois plantes alimentaires sauvages, fruits de : *Capsicum frutescens*, *Passiflora foetida* et feuilles de *Piper umbellatum* ont été analysés. De cette étude, il ressort que ces plantes alimentaires sauvages peuvent constituer un complément alimentaire de valeur en ce qui concerne les protéines brutes, les lipides, le calcium, le magnésium, le fer, le phosphore et les vitamines (A, B1, B2, B6 et C). Les fruits de *Capsicum frutescens* sont plus riches en cendres brutes (14,42%), protéines (3,18%), vitamine B2 (1,46g/100g), fer (4,108 g/100 g). Les fruits de *Passiflora foetida* sont plus riches en eau (75,49%), équivalent acide citrique (17,732%), lipide (14 g/100 g), vitamine B1 (4,98g/100g), vitamine C (17,6g/100g), calcium (2,28g/100g) et les feuilles de *Piper umbellatum* sont plus riches en vitamine A (0,933g/100g), magnésium (1,787g/100g), phosphore (0,016g/100g). Cependant ces plantes contiennent également

quelques substances indésirables notamment les alcaloïdes, stérol et terpènes, des traces de substance toxiques tels que les nitrates, nitrites et cyanures. L'ensemble de ces résultats justifie l'utilisation de ces plantes dans l'alimentation de la population de la province de la Tshopo pour la diversification du régime alimentaire afin de lutter contre la carence de certains nutriments.

MOTS-CLEFS: Nutrition, plantes sauvages, aliments traditionnels, analyse chimique, facteurs antinutritionnels.

1 INTRODUCTION

La République démocratique du Congo (RDC) est un réservoir de la biodiversité tant animale que végétale [1-27]. Dans ce dernier, les plantes alimentaires traditionnelles jouent un rôle important dans l'alimentation humaine et génèrent des revenus non négligeables aussi bien dans les zones rurales que dans les zones urbaines. Elles constituent une meilleure source des nutriments et de ce fait, contribuent à l'amélioration de l'état nutritionnel des populations des milieux tant ruraux qu'urbains. Ces plantes sont généralement douées des propriétés médicinales et sont utilisées pour soigner diverses maladies d'où le terme « alicaments » qu'on leur attribue [28]. A cet effet, les aliments et denrées alimentaires traditionnels peuvent constituer une piste importante dans la recherche des solutions à la lutte contre les maladies chroniques mais aussi contre la malnutrition dans le contexte de la crise qui frappe la RDC [28-32].

Pour des raisons socio-économiques et culturelles, notamment l'explosion démographique, la pauvreté et les préférences alimentaires, l'homme n'a pas surtout accès aux aliments pouvant contenir les nutriments nécessaires alors qu'avec diverses combinaisons d'aliments, il est possible d'établir un régime alimentaire bien équilibré. La connaissance chimique et la valorisation des plantes alimentaires sauvages pourraient, à cet effet, contribuer à la lutte contre les maladies et la nutrition et assurer une alimentation correcte de la population. Car elles peuvent apporter de nombreux nutriments nécessaires au bon fonctionnement de l'organisme [33].

L'objectif du présent travail est d'évaluer la valeur nutritionnelle et toxicologique de trois plantes alimentaires sauvages (*Capsicum frutescens*, *Passiflora foetida* et *Piper umbellatum*) consommées à Kisangani et ses environs. Il a été question dans cette étude d'évaluer la composition biochimique (détermination de la teneur en macro et micronutriments) et la présence des facteurs antinutritionnels tels que les nitrites, nitrates, cyanures, oxalates, tannins, alcaloïdes, stérols et terpènes dans ces plantes.

2 MILIEU, MATERIEL ET METHODES

2.1 MILIEU D'ÉTUDES

La ville de Kisangani est située dans la partie Nord-est de la cuvette congolaise à 0°31' de latitude Nord et 25°11' de longitude Est à une altitude moyenne de 396 m. Elle est le chef-lieu de la Province de la Tshopo. Elle s'étend sur une superficie de 1.910 km² [34].

2.2 MATÉRIEL VÉGÉTAL

Les fruits de *Capsicum frutescens*, *Passiflora foetida* et les feuilles de *Piper umbellatum* ont fait l'objet d'investigations. Tous les échantillons de ces plantes ont été récoltés à Kisangani et ses environs. La figure 1a-c donne la photo de ces plantes.



(a) *Capsicum frutescens*



(b) *Passiflora foetida*



(c) *Piper umbellatum*

Figure 1 : Les différentes plantes utilisées

2.3 MÉTHODES

Les plantes sélectionnées ont été analysées avant cuisson en cinq répétitions. Des échantillons frais de ces plantes ont été utilisés pour le dosage de l'humidité, la détermination des acides cyanhydrique, ascorbique et citrique. Les protéines brutes, les cendres brutes, les groupes phytochimiques et les ions toxiques ont été analysés à partir des feuilles et fruits séchés à la température du laboratoire, pilés à l'aide d'un mortier et d'un pilon en bois puis tamisés pour avoir la poudre fine.

ANALYSE QUANTITATIVE

La détermination de l'humidité a été faite par séchage de l'échantillon à 105 °C jusqu' au poids constant selon [12, 35]. Par contre la détermination des cendres a été faite après calcination à haute température 550 °C. Les protéines brutes ont été évaluées par dosage de l'azote total selon Kjeldahl et la teneur en protéines brutes (%PB) est déterminée par la relation suivante : $\%PB = \%N \times 6,25$ où $\%N$ = teneur en azote total de l'échantillon et 6,25 = facteur de conversion de la teneur d'azote en protéines. L'extrait destiné à la détermination des éléments minéraux a été obtenu après attaque nitroperchlorique. Le calcium a été dosé par la méthode complexométrique à l'EDTA, le magnésium par la complexation de la somme Ca^{2+} et Mg^{2+}

et le phosphore ainsi que le fer par la méthode colorimétrique. Les lipides ont été extraits par soxhlet selon la méthode de Weibull [12, 30-32, 35]. L'acide ascorbique a été déterminé selon [36] et l'acide citrique selon [37].

ANALYSES QUALITATIVES

Le test qualitatif d'oxalate a été effectué selon [38], celui de cyanures et nitrites selon [39] tandis que celui de nitrates a été effectué selon [40]. Les alcaloïdes, les saponines, les flavonoïdes, les tanins, les stérols et terpènes ont été détectés selon [41].

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 COMPOSITION DES PLANTES EN MACRONUTRIMENTS

La figure 2 donne la teneur des espèces végétales en eau avant (AVC).

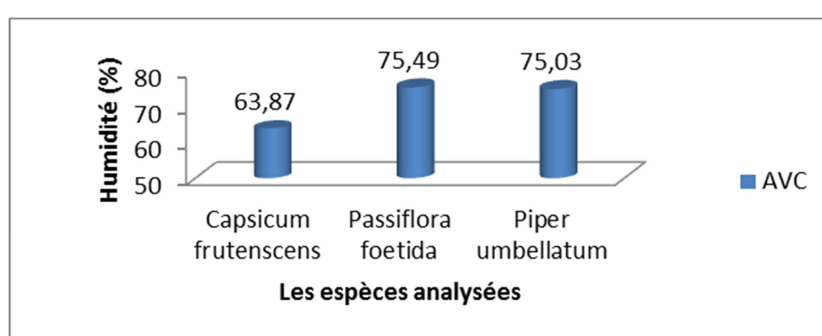


Figure 2: Teneur des espèces végétales en eau avant et après cuisson (AVC : avant cuisson)

Il ressort de cette figure que l'humidité dans les échantillons étudiés par rapport au seuil normal (71 à 94%) varie entre 63,87% chez *Capsicum frutescens* à 75,49% chez *Passiflora foetida*. En comparant nos données à celles de [42], nous remarquons que les feuilles de *Piper umbellatum* contiennent moins d'eau que les feuilles de *Ipomea aquatica* (91,44% avant cuisson). En comparant nos données avec celles de [43], nous remarquons que les fruits et feuilles de nos plantes contiennent moins d'eau que celles de chou frisé (84,6%) et de chou cambus (93%).

La figure 3 donne la teneur de différents échantillons des plantes analysées en acide citrique.

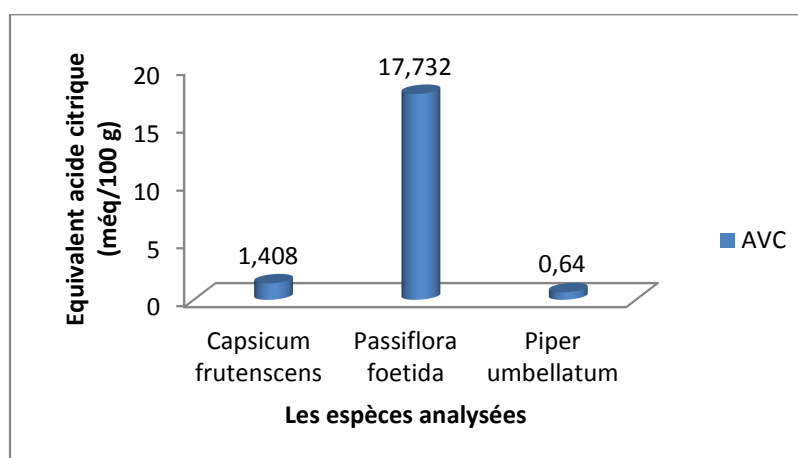


Figure 3: Teneur des espèces végétales analysées en acide citrique (AVC : avant cuisson).

Il ressort de la figure 3 que la teneur en équivalent d'acide citrique varie de 0,64 méq/100 g (*Piper umbellatum*) à 17,79 méq/100 g (*Passiflora foetida*). Les fruits de *Passiflora foetida* occupent la première place suivi de *Capsicum frutescens* et en fin les feuilles de *Piper umbellatum*. En comparant nos données à celles de [44], nous remarquons que tous les échantillons des plantes analysées sont plus riches en équivalent d'acide citrique que les fruits de *Caloncoba subtimentosa* et *Dictyophela ochracea* (0,32 méq/100 g).

La figure 4 donne la teneur de différents échantillons des plantes analysées en lipides.

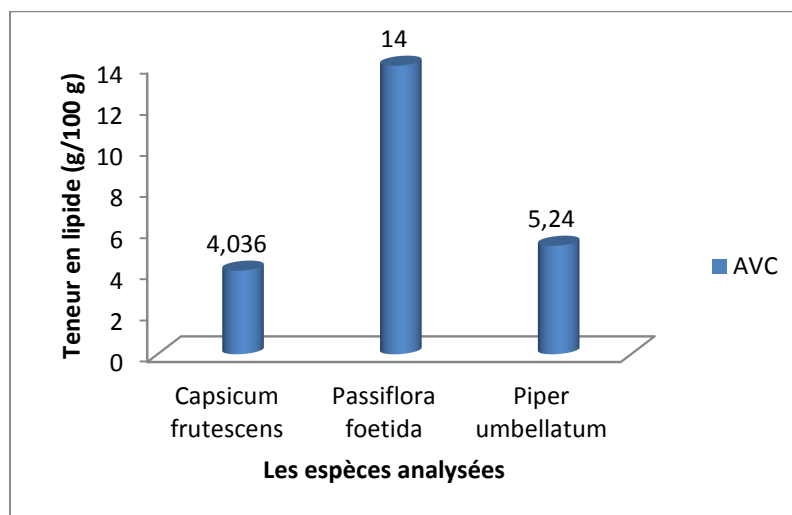


Figure 4: Teneur des espèces végétales analysées en lipides (AVC : avant cuisson, APC : après cuisson)

Il ressort de la figure 4 que la teneur en lipides des plantes analysées varie entre 4,036g/100g (*Capsicum frutescens*) et 14 g/100 g (*Passiflora foetida*). Les fruits de *Passiflora foetida* occupent la première place suivi des feuilles de *Piper umbellatum* et en fin les fruits de *Capsicum frutescens*. Nos résultats comparés à ceux de [45], nous remarquons que les fruits et feuilles de nos plantes alimentaires sauvages analysées sont plus riches en lipides que la pomme de terre (0,1%). Comparativement aux données de [46], nous voyons que les fruits de *Passiflora foetida* sont plus riches en lipide que ceux de *Physalis angulata* (12 g/100 g)].

La figure 5 donne la teneur de différents échantillons des plantes analysées en protéines.

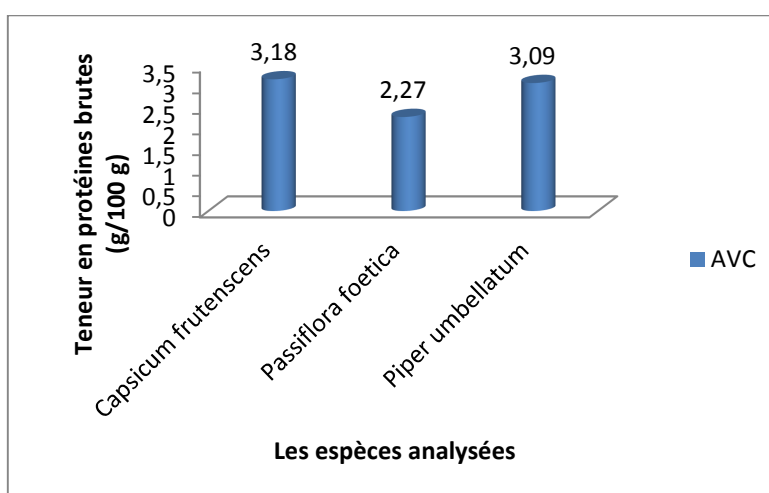


Figure 5: Teneur des espèces végétales analysées en protéines (AVC : avant cuisson)

Les résultats de cette figure montrent que la teneur en protéine brutes varie de 2,27 g/100 g (*Passiflora foetida*) à 3,18 g/100 g (*Capsicum frutescens*). *Capsicum frutescens* a une teneur élevée en protéines brutes que les autres plantes. En référant nos données à celles de [44], nous remarquons que tous les fruits de nos plantes sont plus riches en protéines brutes que les fruits de *Caloncoba subtomentosa* (0,035 g/100 g) et *Dictyopheda ochracea* (0,021 g/100 g).

Comparativement aux données de [46], nous voyons que toutes nos plantes analysées contiennent moins des protéines brutes que *Afromomum laurenti* (5,23 g/100 g).

3.2 TENEUR DES PLANTES EN VITAMINES

La figure 6 donne la teneur de différents échantillons des plantes analysées en vitamine A.

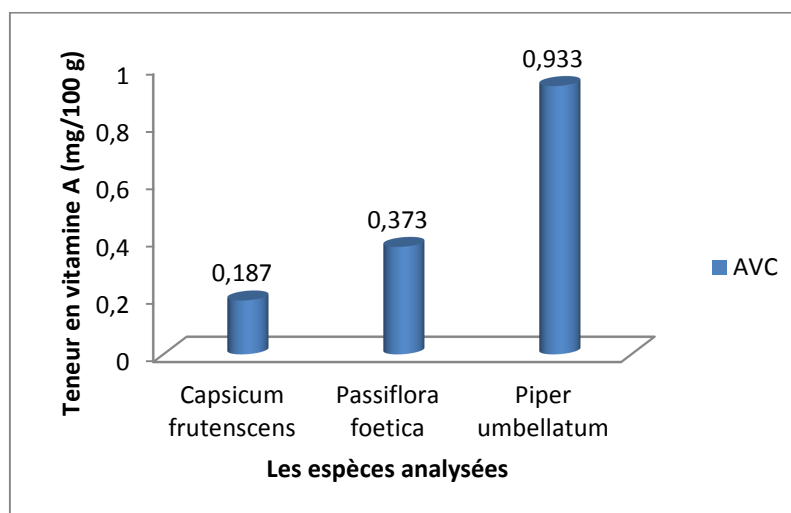


Figure 6: Teneur des espèces végétales analysées en vitamine A (AVC : avant cuisson)

Il ressort de cette figure que la teneur en vitamine A varie entre 0,187 mg/100 g (*Capsicum frutescens*) et 0,93 mg/100 g (*Piper umbellatum*). Les feuilles de *Piper umbellatum* ont une teneur élevée par rapport aux autres espèces végétales. Cette dernière plante a une valeur en vitamine A supérieure à celle de la tomate qui contient 0,5 mg de carotène pour 100 g [43].

La figure 7 donne la teneur de différents échantillons des plantes analysées en vitamine B1 (Thiamine).

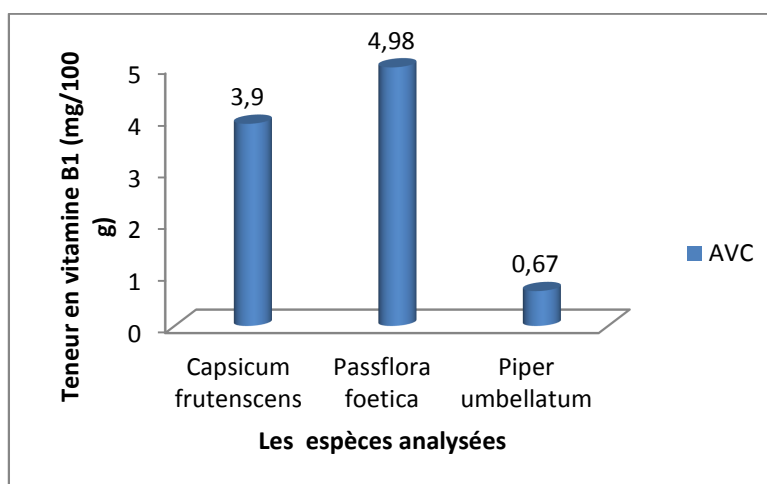


Figure 7: Teneur des espèces végétales analysées en vitamine B1 (AVC : avant cuisson)

Il ressort de la figure 7 que la teneur en vitamine B1 varie entre 0,67 mg/100 g (*Piper umbellatum*) et 4,98 mg/100 g (*Passiflora foetida*) avec une valeur élevée chez *Passiflora foetida* par rapport aux autres légumes. En nous référant aux données de [44], nous constatons que les fruits de *Passiflora foetida* et de *Capsicum frutescens* contiennent plus de thiamines que les fruits de *Caloncoba* (0,028 mg/100 g) et *Dictyopheba subtomentosa* (0,523 mg/100 g). En comparant nos données avec celles de [43], nous remarquons que les fruits de *Passiflora foetida* et de *Capsicum frutescens* contiennent plus de thiamine que la carotte et l'oignon avec chacun 0,06 mg/100 g.

La figure 8 donne la teneur de différents échantillons des plantes analysées en vitamine B2 (Riboflavine).

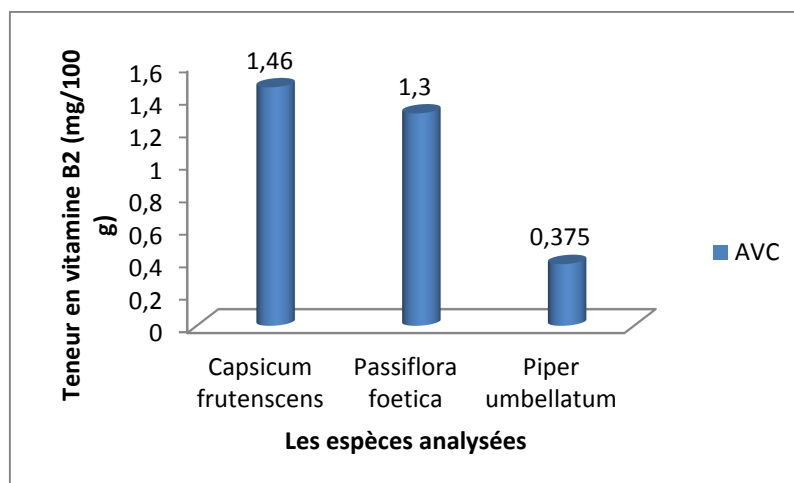


Figure 8: Teneur des espèces végétales analysées en vitamine B2 (AVC : avant cuisson)

Cette figure indique que la teneur en riboflavine varie entre 0,375 mg (*Piper umbellatum*) et 1,46 mg/100 g (*Capsicum frutescens*). Le *Capsicum frutescens* a une valeur élevée en vitamine B2 par rapport aux autres plantes. Comparativement aux données de [46], nous constatons que les fruits de *Capsicum frutescens* sont plus riches en riboflavine que les fruits de *Physalis angulata* (0,65 mg/100 g). En nous référant aux données de [44], nous remarquons que les plantes étudiées contiennent plus de riboflavine que *Caloncoba subtomentosa* (0,3 mg/100 g).

La figure 9 donne la teneur de différents échantillons des plantes analysées en vitamine B6 (Pyridoxine).

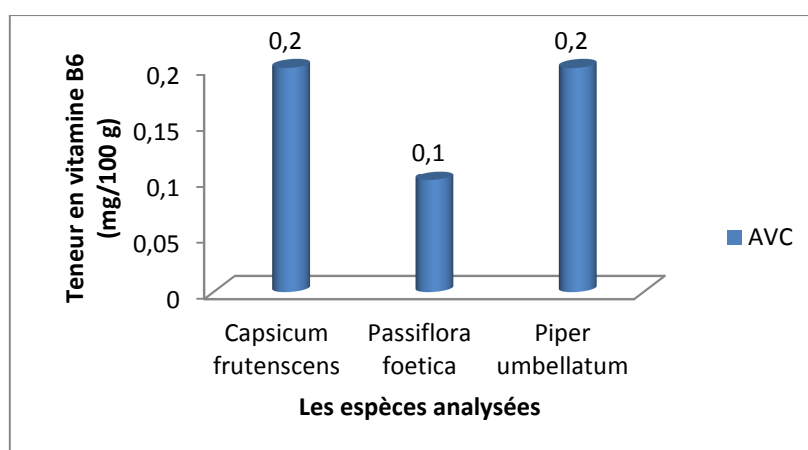


Figure 9: Teneur des espèces végétales analysées en vitamine B6 (AVC : avant cuisson)

Il ressort de cette figure que la teneur en vitamine B6 varie entre 0,1 mg/100 g (*Passiflora foetida*) et 0,2 mg/100 g (*Capsicum frutescens* et *Piper umbellatum*). *Passiflora foetida* contient la teneur moins élevée par rapport aux autres plantes. En référant nos données à celles de [47], nous voyons que les fruits de *Capsicum frutescens* et les feuilles de *Piper*

umbellatum renferment plus de pyridoxine que *Piper guineensis* (0,1 mg/100 g). Comparativement aux données de [33], nous remarquons que les fruits de *Capsicum frutescens* et les feuilles de *Piper umbellatum* sont plus riches en pyridoxine que les feuilles de *Solanum americanum* (0,034mg/1000g), de *Laportea aestuans* (0,020 mg/100 g) et *Vernonia amygdalina* (0,015 mg/100 g).

La figure 10 donne la teneur de différents échantillons des plantes analysées en vitamine C (acide L-ascorbique).

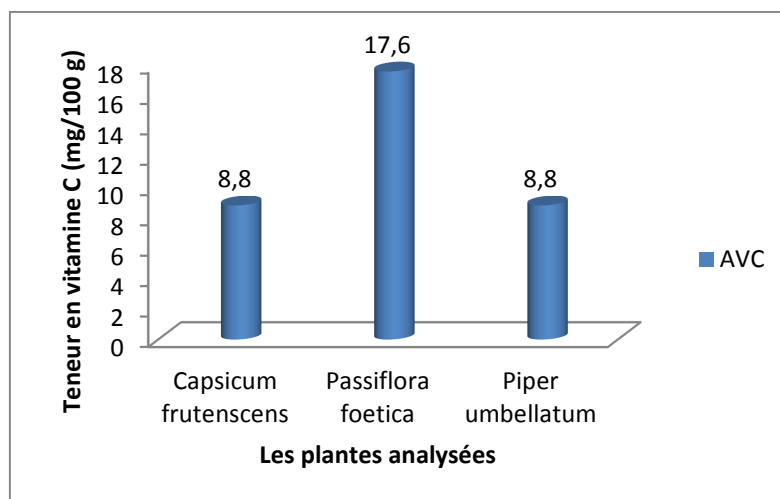


Figure 10: Teneur des espèces végétales analysées en acide L-ascorbique (AVC : avant cuisson)

Il ressort de cette figure que la teneur en vitamine C chez les plantes étudiées varie entre 8,8 mg/100 g (*Capsicum frutescens* et *Piper umbellatum*) et 17,6 mg/100 g (*Passiflora foetida*). *Passiflora foetida* a une teneur élevée en acide L-ascorbique par rapport aux autres plantes. En comparant nos données à celles de [33], nous remarquons que toutes nos plantes analysées sont plus riches en acide L-ascorbique que les feuilles et fruits de *Solanum americanum* (44 mg/100 g et 22 mg/100 g respectivement). En comparant nos données à celles de [48], nous voyons que les fruits et les feuilles de plantes étudiées contiennent plus de vitamine C que le *Hillieria latifolia* (2,03 mg/100 g).

3.3 TENEUR DES PLANTES EN MINÉRAUX

La figure 11 donne la teneur de différents échantillons des plantes analysées en cendres brutes.

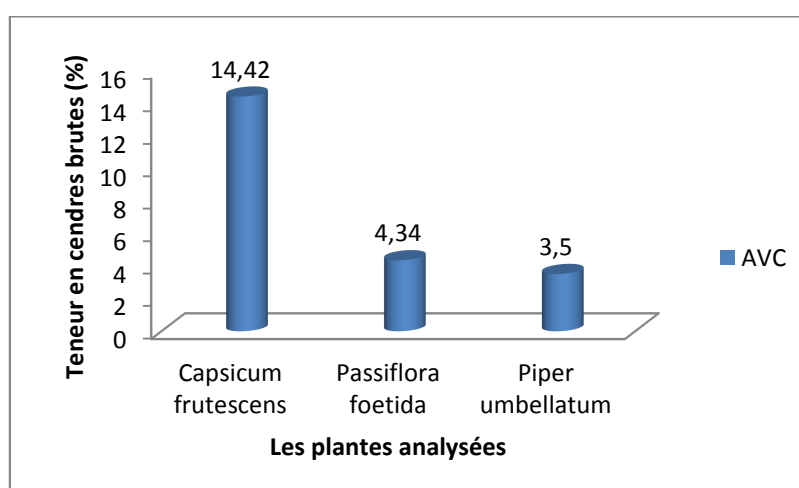


Figure 11: Teneur des espèces végétales analysées en cendres brutes (AVC : avant cuisson)

Cette figure révèle que la teneur en cendres brutes dans les feuilles des plantes étudiées varie entre 4,34% (*Passiflora foetida*) et 14,42% (*Capsicum frutescens*). *Capsicum frutescens* a une teneur élevée en cendre brutes suivi de *Piper umbellatum* et en fin *Passiflora foetida*. En comparant nos données à celles de [48], nous constatons que toutes les plantes étudiées sont plus riches en cendres brutes que les feuilles et les fruits de *Hillieria latifolia* et *Myrianthus arboreus* (1,85% et 2% respectivement). En outre, nous remarquons que les fruits de *Capsicum frutescens* sont plus riches que les fruits de *Caloncoba substomentosa* (0,93%) [44].

La figure 12 donne la teneur de différents échantillons des plantes analysées en calcium.

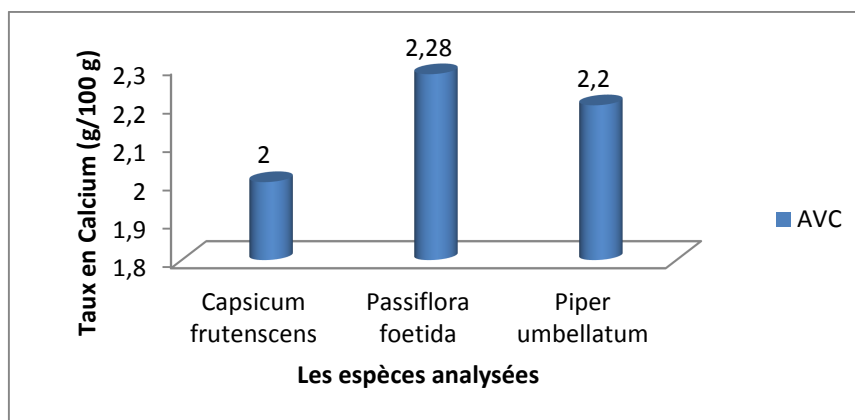


Figure 12: Teneur des espèces végétales analysées en Calcium (AVC : avant cuisson)

Il ressort de la figure 12 que la teneur en calcium des plantes analysées varie de 2 g/100 g (*Capsicum frutescens*) à 2,28 g/100 g (*Passiflora foetida*). *Passiflora foetida* a une teneur élevée que les autres plantes. Nos résultats comparés à ceux de [46], nous constatons que toutes nos plantes analysées sont plus riches en calcium que *Afromomum laurenti*, *Nephrolepis biserata* et *Physalis angulata* (0,66 mg/100 g ; 0,6 mg/100 g et 1,08 mg/100 g respectivement). En comparant nos résultats à ceux de [44], nous remarquons que toutes les plantes étudiées ont une teneur élevée en Calcium que les fruits de *Caloncoba substomentosa* (0,3 g/100 g) et *Dicyopheba oclecracea* (0,26 g/100 g).

La figure 13 donne la teneur de différents échantillons des plantes analysées en fer.

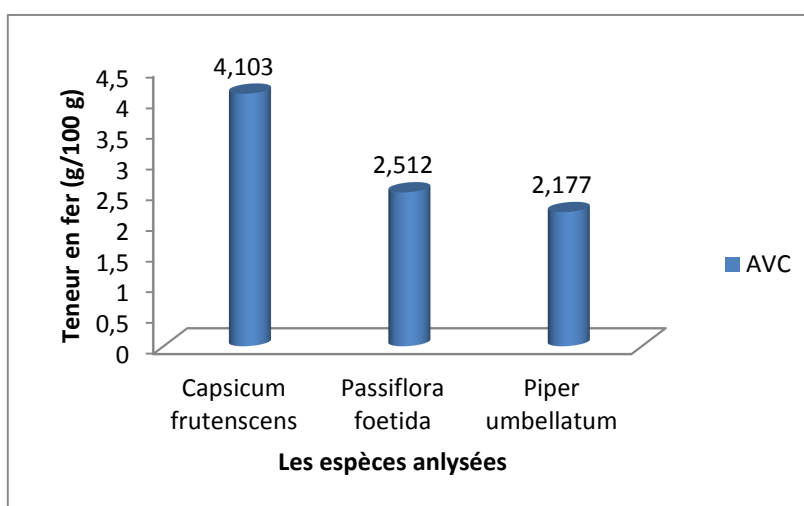


Figure 13: Teneur des espèces végétales analysées en fer (AVC : avant cuisson)

Il ressort de la figure 13 que le teneur en fer varie entre 2,177 g/100 g (*Piper umbellatum*) à 4,103 g/100 g (*Capsicum frutescens*). Nous constatons que *Capsicum frutescens* a un taux élevé que les autres plantes. En comparant nos données

avec celles de [49], nous remarquons que les feuilles de *Piper umbellatum* et les fruits de *Capsicum frutescens* sont plus riches en fer que celles de *Solanum americanum* et *Amaranthus viridis* (0,84 g/100 g et 0,85 g/100 g respectivement). Nos résultats comparés à ceux de [48], nous constatons que nos plantes sont moins riches en fer que les feuilles de *Hillieria latifolia* (10,05 g/100 g) et les fruits de *Myrianthus arboreus* (25,125 g/100 g).

La figure 14 donne la teneur de différents échantillons des plantes analysées en magnésium.

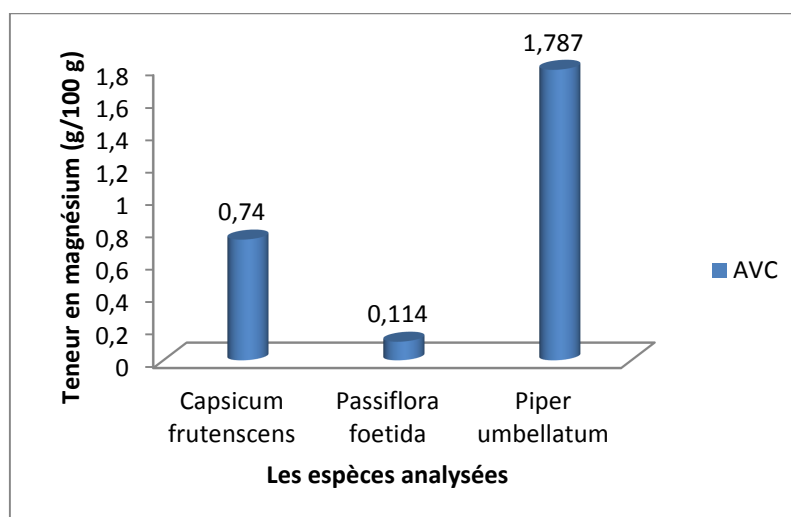


Figure 14: Teneur des espèces végétales analysées en magnésium (AVC : avant cuisson)

Il ressort de la figure 14 que la teneur en magnésium varie entre 0,74 g/100 g (*Capsicum frutescens*) et 1,787 g/100 g (*Piper umbellatum*). *Piper umbellatum* est la plante ayant la teneur la plus élevée par rapport aux autres plantes. En comparant nos données à ceux de [50], nous constatons que les feuilles de *Piper umbellatum* contiennent plus de magnésium que les feuilles de *Sacophynium macrostachyum* (1,16 g/100 g avant cuisson et 0,102 g/100 g après cuisson). En nous référant aux données de [46], nous voyons que toutes les plantes étudiées contiennent moins de magnésium que les fruits de *Afromomum laurenti*, *Physalis angulata* et les feuilles de *Nephrolepis bisserata* (26,174 ; 41,411 et 16,598 g/100 g respectivement).

La figure 15 donne la teneur de différents échantillons des plantes analysées en phosphore.

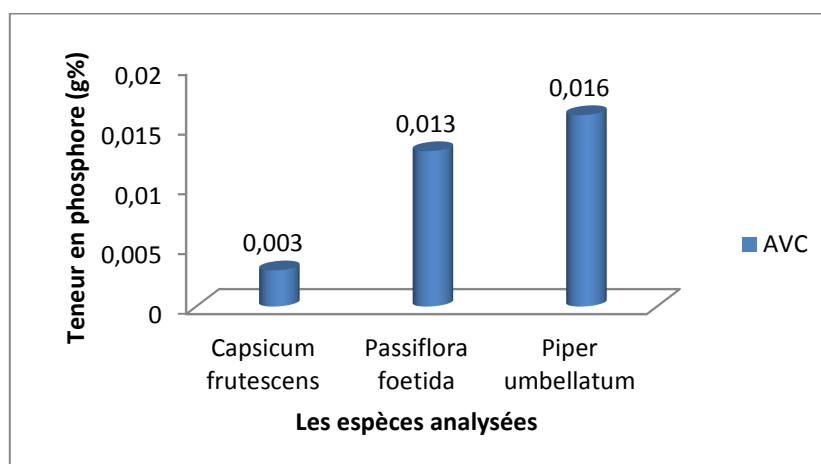


Figure 15: Teneur des espèces végétales analysées en phosphore (AVC : avant cuisson)

Il ressort de cette figure que le taux de phosphore varie entre 0,003 g% (*Capsicum frutescens*) et 0,016 g% (*Piper umbellatum*). *Piper umbellatum* a une valeur élevée en phosphore que les autres plantes. En comparant nos données à celles de [42], nous remarquons que les feuilles de *Piper umbellatum* contiennent moins de phosphore que les feuilles de *Ipomea aquatica* et de *Dewevrea bilabiata* (0,76 g% avant cuisson et 0,497 g% après cuisson).

3.4 ANALYSE QUALITATIVE DES FACTEURS ANTINUTRITIONNELS

Le tableau 1 donne les résultats d'analyse qualitative des facteurs antinutritionnels dans les plantes sélectionnées.

Facteurs antinutritionnels	Plante analysée		
	<i>Capsicum frutescens</i>	<i>Passiflora foetida</i>	<i>Piper umbellatum</i>
Tannins	-	-	-
Stérols et terpènes	-	+/-	+
Alcaloïdes	+	+	-
Nitrites	-	+/-	+/-
Nitrates	+/-	-	-
Cyanures	-	+/-	+/-
Oxalates	-	-	-

(Légende : +/- : Trace ; + : Positif ; - : Négatif)

Il ressort de ce tableau que *Capsicum frutescens* et *Passiflora foetida* contiennent les alcaloïdes tandis que *Piper umbellatum* contient les stérols et les terpènes. En outre, les nitrates existent sous forme de trace dans *C. frutescens* alors que les stérols et terpènes, les nitrites et les cyanures existent sous forme de trace chez *P. foetida*. Les nitrites et cyanures existent aussi sous forme de trace dans *P. umbellatum*. Ces composés indésirables dans l'alimentation peuvent être éliminés par la cuisson [51].

4 CONCLUSION ET SUGGESTIONS

Le but de la présente étude était d'évaluer la teneur de trois plantes alimentaires sauvages (*Capsicum frutescens*, *Passiflora foetida* et *Piper umbellatum*) en nutriments et de rechercher la présence des facteurs antinutritionnels.

Les résultats obtenus montrent que :

- les plantes alimentaires sauvages étudiées constituent un apport complémentaire important en nutriments (protéines, lipides, calcium, magnésium, fer, phosphore et vitamines : A, B1, B2, B6, C).
- la teneur la plus élevée en protéines a été obtenues dans les fruits de *Capsicum frutescens* ainsi que les feuilles de *Piper umbellatum* suivi de fruits de *Passiflora foetida*.
- la teneur élevée en lipides est obtenue dans les fruits de *Capsicum frutescens* suivi de *Passiflora foetida* et en fin les feuilles de *Piper umbellatum*.
- Ces plantes alimentaires sauvages contiennent également des vitamines et des sels minéraux en quantités appréciables ainsi que quelques substances toxiques notamment les alcaloïdes, les stérols et terpènes, les nitrates, les nitrites et les cyanures.

Il est donc souhaitable que ces plantes alimentaires traditionnelles soient cuites avant la consommation en vue de prévenir l'intoxication alimentaire due à ces facteurs antinutritionnels.

REFERENCES

- [1] J.B. Akuboy, F. Bapeamoni, G. Tungaluna, G.B. Badjedjea, L. Baelo, J.A. Asimonyio, A. Laudisoit, A. Dudu, K.N. Ngbolua. Diversité et répartition des ophidiens (Reptilia) dans les trois aires protégées de la province orientale RD .Congo, International journal of innovation and Scientific Research Vol. 23, no. 2, pp. 476-484. 2016.
- [2] B.J. Akuboy, G.B. Badjedjea, A. Angoyo, C. Mondenga, K. Wasingya, J.K. Kosele, J.A. Asimonyio, E.M. Lengbiye, K.N. Ngbolua. Biodiversité des ophidiens (Reptilia) du village Basukwambula (Province de la Tshopo, République Démocratique du Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 26, no. 2, pp. 560-567, 2016.

- [3] 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.
- [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] B.G. Badjedjea, B.J. Akuboy, M.F. Masudi, J.A. Asimonyio, K.P. Museu, K.N. Ngbolua. A preliminary survey of the amphibian fauna of Kisangani eco-region, Democratic Republic of the Congo. *J. of Advanced Botany and Zoology*, V3I4. DOI: 10.15297/JABZ.V3I4.01, 2015.
- [6] P. Baelo, J.A. Asimonyio, S. Gambalemoke, N. Amundala, R. Kiakenya, E. Verheyen, A. Laudisoit, K.N. Ngbolua. Reproduction et structure des populations des Scuridae (Rodentia, Mammalia) de la réserve forestière de Yoko (Ubundu, RD Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research* Vol. 23, no. 2, pp. 428-442, 2016.
- [7] P. Baelo, C. Kahandi, J. Akuboyi, J.L. Juakaly, K.N. Ngbolua. Contribution à l'étude de la biodiversité et de l'écologie des Araignées du sol dans un champ cultivé de *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae) à Kisangani, RD Congo. *International Journal of Innovation and Scientific Research* Vol. 23, no. 2, pp. 412-418, 2016.
- [8] E.Y. Isangi, E.M. Katungu, C.K. Mukirania, J.K. Kosele, P. Baelo, E.P. Bugenthoo, S. Gambalemoke, J.A. Asimonyio, K.N. Ngbolua. Biodiversité des rongeurs et musaraignes de la forêt de Yasikia (Opala, République Démocratique du Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research* Vol. 26, no. 1, pp. 146-160, 2016.
- [9] J.K. Kambale, F.M. Feza, J.M. Tsongo, J.A. Asimonyio, S. Mapeta, H. Nshimba, B.Z. Gbolo, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. La filière bois-énergie et dégradation des écosystèmes forestiers en milieu périurbain: Enjeux et incidence sur les riverains de l'île Mbiye à Kisangani (République Démocratique du Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research* Vol. 21, no. 1, pp. 51-60, 2016.
- [10] J.-L.K. Kambale, J.A. Asimonyio, R.E. Shutsha, E.W. Katembo, J.M. Tsongo, P.K. Kavira, E.I. Yokana, K.K. Bukasa, H.S. Nshimba, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Etudes floristique et structurale des forêts dans le domaine de chasse de Rubi-Télé (Province de Bas-Uélé, République Démocratique du Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research* Vol. 24, no. 2, pp. 309-321, 2016.
- [11] J.-L.K. Kambale, R.E. Shutsha, E.W. Katembo, J.M. Omatoko, F.B. Kirongozi, O.D. Basa, E.P. Bugenthoo, E.I. Yokana, K.K. Bukasa, H.S. Nshimba, K.N. Ngbolua. Etude floristique et structurale de deux groupements végétaux mixtes sur terre hydromorphe et ferme de la forêt de Kponyo (Province du Bas-Uélé, R.D. Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research* Vol. 24, no. 2, pp. 300-308, 2016.
- [12] P.K. Kavira, F.B. Kirongozi, J.-L.K. Kambale, J.M. Tsongo, N.A. Shalufa, K.K. Bukasa, P.Y. Sabongo, H.K. Nzapu, K.N. Ngbolua. Caractéristiques de la régénération naturelle du sous-bois forestier du Jardin botanique S. Lisowski (Kisangani, République Démocratique du Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research* Vol. 24, no. 2, pp. 322-331, 2016.
- [13] T.B. Mambo, J.U. Thumitho, E.L. Tambwe, C.M. Danadu, J.A. Asimonyio, A.B. Kankonda, J.A. Ulyel, C.M. Falanga, K.N. Ngbolua. Etude qualitative du régime alimentaire de *Hippopotamys psittacus* (Boulenger, 1897: Osteiglossiformes, Mormyridae) du fleuve Congo à Kisangani (RD Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research* Vol. 21, no. 2, pp. 321-329, 2016.
- [14] F.M. Masudi, A. Dudu, G. Katuala, J.A. Asimonyio, P.K. Museu, B.Z. Gbolo, K.N. Ngbolua, 2016. Biodiversité des rongeurs et Soricomorphes de champs de cultures mixtes de la région de Kisangani, République Démocratique du Congo. *International Journal of Innovation and Applied Studies* Vol. 14, no. 2, pp. 327-339, 2016.
- [15] F.N. Mulwele, K.N. Ngbolua, B.Y. Da Musa Masens, P.T. Mpiana. Etudes ethnobotanique et écologique des plantes utilisées dans le traitement de la stérilité à Kenge et ses environs (Province du Kwango, République Démocratique du Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research* Vol. 26, no. 2, pp. 600-611, 2016.
- [16] K.N. Ngbolua, J.A. Asimonyio, N. Ndrodza, B. Mambo, P. Bugenthoo, Y. Isangi, J.K. Mukirania, L. Ratsina, N.K. Ngombe, P.T. Mpiana. Valeur nutritive et teneur en acide cyanhydrique de huit espèces végétales consommées par *Okapia johnstoni* (Mammalia: Giraffidae) en République Démocratique du Congo. *International Journal of Innovation and Scientific Research* Vol. 23, no. 2, pp. 419-427, 2016.
- [17] K.N. Ngbolua, B.G. Badjedjea, B.J. Akuboy, M.F. Masudi, J.A. Asimonyio, G.N. Bongo, A.D. Siasia. Contribution to the Knowledge of Amphibians of Kponyo village (DR Congo). *J. of Advanced Botany and Zoology*, V4I1 DOI: 10.15297/JABZ.V4I1.04, 2016.
- [18] K.N. Ngbolua, B.L. Mandjo, J.M. Munsebi, C.A. Masengo, E.M. Lengbiye, L.S. Asambo, R.K. Konda, D.L. Dianzuangani, M. Ilumbe, A.B. Nzudjom, M. Kadimanche, P.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 Scientific Research* Vol. 26, no. 2, pp. 612-633, 2016.

- [19] K.N. Ngbolua, O.M. Shetonde, P.T. Mpiana, C.L. Inkoto, C.M. Masengo, D.S.T. Tshibangu, B.Z. Gbolo, B. Robijaona, P.R. Fatiany. Ethno-pharmacological survey and Ecological studies of some plants used in traditional medicine in Kinshasa city (Democratic Republic of the Congo). Tropical Plant Research (Accepted for publication).
- [20] K.N. Ngbolua., A. Mafoto, M. Molongo, G.M. Ngemale, C.A Masengo, Z.B. Gbolo, P.T. Mpiana, G.N. Bongo. Contribution to the Inventory of "Protected Animals" Sold As Bush Meats in Some Markets of Nord Ubangi Province, Democratic Republic Of The Congo. J. of Advanced Botany and Zoology, V3I2. DOI: 10.15297/JABZ.V3I2.02, 2015.
- [21] K.N. Ngbolua, A. Mafoto, M. Molongo, J.P. Magbukudua, G.M. Ngemale, C.A. Masengo, K. Patrick, H. Yabuda, J. Zama, F. Veke. Evidence of new geographic localization of *Okapia johnstoni* (Giraffidae) in Democratic Republic of the Congo: The rainforest of "Nord Ubangi" district. Journal of Advanced Botany & Zoology. V2I1. DOI: 10.15297/JABZ.V2I1.02, 2014.
- [22] 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.
- [23] J. Omatoko, H. Nshimba, J. Bogaert, J. Lejoly, R. Shutsha, J.P. Shaumba, J. Asimonyio, K.N. Ngbolua. Etudes floristique et structurale des peuplements sur sols argileux à *Pericopsis elata* et sableux à *Julbernardia seretii* dans la forêt de plaine de UMA en République Démocratique du Congo. International Journal of Innovation and Applied Studies Vol. 13, no. 2, pp. 452-463, 2015.
- [24] J.U. Thumitho, T.B. Mambo, C.C. Urom, J.C. Ngab'u, A.B. Kankonda, A.P. Ulyel, M.G. Ngemale, K.N. Ngbolua. Ecologie alimentaire de *Ichtyoborus besse congolensis* (Giltay, 1930 ;Teleostei: Distichodontidae) de rivière Biaro et son affluent Yoko dans la Réserve forestière de Yoko (RD Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research, Vol. 21, no. 2, pp. 330-341.
- [25] J.M. Tsongo, P. Sabongo , J.K. Kambale , B.T. Malombo , E.W. Katembo , P.K. Kavira , J.A. Asimonyio , P.M. Konga , K.N. Ngbolua. Régénération naturelle de *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard (Leguminosae) dans la réserve forestière de Masako à Kisangani, République Démocratique du Congo. International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 21, no. 1, pp. 61-68, 2016.
- [26] E. Okangola, E. Solomo, Y. Lituka, W.B. Tchatchambe, M. Mate, A. Upoki, A. Dudu, J.A. Asimonyio, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Etude ethnobotanique et floristique de quelques plantes hôtes des chenilles comestibles à usage médicinal dans le secteur de Bakumu-Mangongo (Territoire d'Ubundu, Province de la Tshopo, RD Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 26, no. 1, pp. 161-168, 2016.
- [27] J.P.K. Shaumba, J. Lejoly, H.S.M. Nshimba, J. Omatoko, M.B. Ndjele, K.N. Ngbolua. Structure, diversité, richesse et similarité floristique des peuplements d'arbres en forêt dense de UMA (Province de la Tshopo, République Démocratique du Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 26, no. 2, pp. 568-599, 2016.
- [28] P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua, D.S.T. Tshibangu. Les alicaments et la drépanocytose : une mini-revue. Comptes Rendus Chimie Vol. 19, no. 7, pp. 884-889, 2016.
- [29] P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua, D.S.T. Tshibangu. Les aliments médicaments ou alicaments et la drépanocytose. Colloque Panafricain-Pan européen en « Chimie et Ressources Naturelles », Du 13 au 16 Avril 2015, Cotonou, République du Bénin.
- [30] F.C. Bukatuka, K.N. Ngombe, K.P. Mutwale, B.M. Moni, K.G. Makengo, L.A. Pambu, N.G. Bongo, M.P. Mbombo, M.D. Musuyu, U. Maloueki, K.N. Ngbolua, F.T. Mbemba. Bioactivity and nutritional values of some *Dioscorea* species traditionally used as medicinal foods in Bandundu, DR Congo. European Journal of Medicinal Plants Vol. 14, no. 1, pp. 1-11, 2016.
- [31] F. Mbemba. Aliments et denrées alimentaires traditionnels de Bandundu en R.D.Congo, éd. le Harmattan, Paris, 2013.
- [32] F. Mbemba, J. Remacle. Inventaire et composition des aliments et denrées alimentaires traditionnels du Kwango – Kwilu au Zaïre, Presse universitaire de Namur, Belgique, 1982.
- [33] D.W. Ngabu. Contribution à l'étude chimique et nutritionnelle de quatre légumes sauvages (*Solanum americanum*, *Thomatococcus danielii*, *Laportea austuanus* et *Vernonia amygdalina*). Mémoire de Licence, Faculté des Sciences, Université de Kisangani (République démocratique du Congo), 2007.
- [34] M. Nyakabwa. Flore urbaine de Kisangani. Mémoire de Licence, Faculté des Sciences, Université de Kisangani, RD Congo, 1976 & 1982.
- [35] E. Okangola, E. Solomo, W.B. Tchatchambe, M. Mate, A. Upoki, A. Dudu, Justin A. Asimonyio, G.N. Bongo, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Valeurs nutritionnelles des chenilles comestibles de la ville de Kisangani et ses environs (Province de la Tshopo, République Démocratique du Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 25, no. 1, pp. 278-286, 2016.
- [36] D. Fabert. La prodigieuse famille des vitamines, Nouveaux Horizons, Paris, 1964.

- [37] Z. Mvunzu. Contribution à l'étude de la composition chimique et de l'extraction des protéines des feuilles de Lisingo (*Phytolacca dodecandra*) récoltées à Yangambi, Ann. de l'IFA Yangambi, Vol. 1, pp: 84-100, 1981.
- [38] F.V. Feigl, V. Anger. Spot tests in organic analysis, 7th ed. New York, Elsevier Publishing Company, New York, 1966.
- [39] F. Fritz. Spot tests in organic analysis, 7th ed. Elsevier Publishing Company, London, 1966.
- [40] K. Mabika. Plantes médicinales et médecine traditionnelle au Kasaï-Occidental. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences, Université de Kisangani, République démocratique du Congo, 1983.
- [41] J. Bruneton. Pharmacognosie, Phytochimie des Plantes Médicinales. 3rd Edition, Tec & Doc, Paris, 1999.
- [42] N. Tchatchambe. Contribution à l'étude chimique et nutritionnelle de quatre plantes alimentaires sauvages consommées à Kisangani et ses environs. Mémoire de Licence, Faculté de Sciences, Université de Kisangani (République démocratique du Congo), 2009.
- [43] G. Lannoy. Légumes: In Agriculture en Afrique tropicale (R.H. Raemaekers ed), DGI, Bruxelles, DGI, Bruxelles, 2001.
- [44] K. Kavugho. Contribution à l'étude chimique et nutritionnelle de trois plantes alimentaires sauvages : *Caloncoba subtomentosa*, *Desmodium ramosissimum* et *Dictyopheba ochracea* consommées à Kisangani et ses environs. Travail de fin de cycle, Faculté des Sciences, Université de Kisangani (République démocratique du Congo), 2009.
- [45] M. Jansens. Plantes racines et plantes tubercules. In: Agriculture en Afrique tropicale (R.H. Raemaekers ed), DGI, Bruxelles, 2001.
- [46] J. Iteku. Contribution à l'étude chimique et nutritionnelle de trois plantes alimentaires sauvages (*Agronomien laurenti*, *Nephrolepis bisserata* et *Physalis angulata*) consommées à Kisangani et ses environs. Travail de fin de cycle, Faculté des Sciences, Université de Kisangani (République démocratique du Congo), 2007.
- [47] I. Rachidi. Contribution à l'étude chimique et nutritionnelle de trois légumes sauvages (*Amaranthus viridis*, *Piper guineensis* et *Cola acuminata*). Travail de fin de cycle, Faculté des Sciences, Université de Kisangani (République démocratique du Congo), 2006.
- [48] B. Utshudi. Contribution à l'étude chimique et nutritionnelle de cinq légumes feuilles et fruits consommées à Kisangani et ses environs. Travail de fin de cycle, Faculté des Sciences, Université de Kisangani (République démocratique du Congo), 2006.
- [49] E. Solomo. Valeurs nutritionnelles et toxiques de quelques plantes alimentaires sauvages: *Aframomum laurentii* (De Wild et Th. Dur) K. Schum, *Amaranthus viridis* L. *Cola acuminata* var. rouge et jaune (P. Beauv.) Schott et Endl, *Carcinia kola* Heckel, *Gnetum africanum* Welw, *Pentadiplandra brazzeana* Baill, *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, *Scorodophoeus zenkeri* Harms, *Solanum americanum* Miller et *Symefalum stipulatum* (Rallk) Eng. Mémoire de DEA, Faculté des Sciences, Université de Kisangani, République démocratique du Congo, 2007.
- [50] B. Balekage. Détermination de certaines substances nutritives, toxiques et phytochimiques contenues dans les plantes alimentaires sauvages consommées à Kisangani (*Pteridium aquilinum*, *solanum nigrum*, *sarnophyrynium macrostachyum*). Travail de fin de cycle, Faculté des Sciences, Université de Kisangani (République démocratique du Congo), 2005.
- [51] A. Adjatin. Contribution à l'étude de la diversité des légumes-feuilles traditionnels consommés dans le département de l'Atacora au Togo. Mémoire de DEA, Université de Lomé (Togo), 2006.

Caractéristiques physiologiques et pédo-morphologiques des groupements végétaux de forêts denses de UMA en République démocratique du Congo

[Physiological and pedo-morphological characteristics of vegetation communities of UMA dense forests in the Democratic Republic of the Congo]

Jean-Paul K. Shaumba¹, Jean Lejoly², Hyppolite S.M. Nshimba¹, M.B. Ndjele¹, and Koto-te-Nyiwa Ngbolua³⁻⁴⁻⁵

¹Faculté des Sciences, Université de Kisangani, B.P. 2012, RD Congo

²Université Libre de Bruxelles, CP 169, B-1050 Bruxelles, Belgium

³Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RD Congo

⁴Université de Gbadolite, Province du Nord Ubangi, RD Congo

⁵Institut Supérieur Pédagogique d'Abumombazi, Province du Nord Ubangi, RD Congo

Copyright © 2017 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 was undertaken with the aim of to characterize, according to physiognomic point of view, the vegetation communities in the UMA forest and to evaluate the influence of physico-chemical and pedo-morphological parameters in the spatial organization of floristic diversity in the UMA forest. Five vegetation communities were identified in the UMA forest which sharing many common species. The restriction of certain species of plots belonging to the diameter class ≥ 50 cm show a variation even on the level of arborescent layers in this forest. The floristic variability is mainly explained by the soil humidity in the Limbali mono-dominant vegetation communities in the western part. In the eastern part, it is explained by the pH, the conductivity and the soil depth in the heterogeneous vegetation communities. However, in the transition forest, it is explained by the retention of the soil phosphorus. The UMA forest is classified among the semi-deciduous dense heterogeneous forests. The identified vegetation communities are inserted in the alliances *Gilbertiodendron* Devred 1958 and *Oxystigma-Scorodophleion* Lebrun & Gilbert 1954 in the class of *Strombosio-Parinarietea* Lebrun & Gilbert 1954. The Guinean-Congolese element represents more than 82% of listed species, of which the endemic species of the center of Guinean-Congolese endemism accounts for at least 90% of species. The presence of Afro-American elements (2%) shows stochastic transgression. The sedentary species are abundant in the plant communities of the Western part, while the pioneers and cicatricial species are abundant in the plant communities of the Eastern part.

KEYWORDS: Ecological niche, chorological characters, phytosociological taxonomy, Tshopo, Democratic Republic of the Congo.

RESUME: Le présent travail a été réalisé dans le but de caractériser du point de vue physiologique, les groupements végétaux dans la forêt de UMA et d'évaluer l'influence des paramètres physico-chimiques et pédo-morphologiques dans l'organisation spatiale de la diversité floristique dans cette forêt. Cinq groupements végétaux ont été identifiés dans la forêt de UMA partageant un grand nombre d'espèces communes. La restriction de certains groupes des relevés appartenant à la classe de diamètre ≥ 50 cm montre une variation même au niveau de strates arborescentes dans cette forêt. La variabilité floristique est principalement expliquée par l'humidité du sol dans les groupements végétaux mono-dominants à Limbali à l'Ouest. À l'Est, elle est expliquée par le pH, la conductivité et la profondeur du sol dans les groupements végétaux hétérogènes. Cependant, dans la forêt de transition, elle est expliquée par la rétention du phosphore du sol. La forêt de UMA est classée parmi les forêts hétérogènes denses semi-décidues. Les groupements végétaux qui y sont identifiés sont insérés

dans les alliances *Gilbertiodendron* Devred 1958 et *Oxystigma-Scorodophleion* Lebrun et Gilbert 1954 dans la classe *Strombosio-Parinarietea* Lebrun & Gilbert 1954. L'élément guinéo-congolais représente plus de 82% d'espèces recensées, dont l'espèce endémique du centre d'endémisme guinéo-congolais représente au moins 90% d'espèces.

La présence d'éléments Afro-américains (2%) démontre de la transgression stochastique. Les espèces sédentaires sont abondantes dans les groupements végétaux de l'Ouest, tandis que les espèces pionnières et cicatricielles sont abondantes dans les groupements de l'Est.

MOTS-CLEFS: Niche écologique, caractères chorologiques, taxonomie phytosociologique, Tshopo, République démocratique du Congo.

1 INTRODUCTION

La République démocratique du Congo est une région biogéographique à haute valeur pour la conservation de la biodiversité et est riche en espèces tant animales que végétales. Elle se caractérise par sa très grande diversité spécifique [1-16]. Cette grande diversité est sans doute liée à la complexité de sa forêt par l'intermédiaire de très nombreuses interactions entre le peuplement arborescent et toutes les autres composantes de l'écosystème (faune, flore, microorganismes, champignons, sol, etc.). Dans le cas particulier des forêts classées, connaître les causes de la diversité spécifique est une étape importante pour la gestion et la conservation des communautés d'arbres au sein de ces écosystèmes [17].

Il est bien établi qu'au sein d'un écosystème donné, chaque espèce a des exigences écologiques qui la différencient des espèces voisines d'un même peuplement. L'ensemble des différents paramètres (physico-chimiques, pédo-morphologiques, etc.) qui caractérisent ces exigences écologiques et permettant à une espèce de former des populations viables est appelé niche écologique. A cet effet, deux espèces ayant les mêmes besoins (la même niche écologique ou fonction) ne peuvent cohabiter et l'une est éliminée au bout d'un certain temps selon le principe de Gause (exclusion compétitive). Ainsi, deux espèces qui cohabitent ont donc des niches écologiques différentes, au moins en partie [18].

Les mécanismes particuliers qui permettraient à un grand nombre d'espèces de coexister tirent leur fondement dans nombreuses théories avancées, c'est notamment le cas de l'hypothèse d'équilibre des communautés. Selon le modèle déterministe, la distribution des espèces à l'intérieur d'un environnement hétérogène et les corrélations entre les attributs environnementaux et d'abondance des espèces peuvent être attribués aux différences fonctionnelles entre chaque espèce. Cependant, d'autres théories suggèrent plutôt que les espèces sont identiques et d'égaux compétiteurs per capita. Toutes les espèces peuvent ainsi se développer sur un site donné, faisant en sorte que la composition de la communauté est déterminée largement par la dispersion stochastique des individus. Ainsi donc, l'abondance des espèces d'une communauté suit une dérive stochastique alors que la diversité suit un équilibre dynamique entre l'extinction des résidents et l'apparition de nouveaux individus par immigration ou spéciation [19, 20].

En considérant ces deux théories séparément, il est donc difficile d'expliquer cette variation floristique due aux facteurs abiotiques (approche déterministe) ni d'expliquer la corrélation positive qui existe entre la probabilité de survie des semences et la distance les séparant des parents ou des individus de la même espèce [21]. En outre, même dans un habitat apparemment homogène, les espèces sont rarement distribuées de manière aléatoire, elles tendent plus à se regrouper [22].

La présente étude est une contribution à la connaissance des facteurs qui déterminent/influencent l'organisation spatiale de la diversité floristique dans la forêt de UMA. Il a pour objectif de caractériser du point de vue physiologique, les différentes formations forestières de UMA et d'apprécier l'impact des facteurs physico-chimiques et pédo-morphologiques sur leur diversification biologique. Il est ici question de vérifier si ces paramètres expliqueraient la discontinuité des groupements végétaux dans tous les compartiments structuraux analysés. Autrement dit, confirmer si la complexité morpho-paysagère observée dans la forêt de UMA est-elle une expression de la variabilité des conditions environnementales liées à la nature des sols. A cet effet, on peut émettre l'hypothèse qu'il n'existe pas a priori une similarité floristique intra et inter groupements végétaux à UMA (hypothèse nulle).

2 MILIEU, MATERIEL ET METHODES

2.1 MILIEU D'ÉTUDES

Les données floristiques et environnementales ont été collectées dans la forêt de UMA (située entre 0° 34' latitude Nord et 25° 54' longitude Est, altitude : 465 m). Elle est située sur la route nationale 4 à environ 79 à 97 km de la ville de Kisangani.

On rencontre à UMA de divers types de formations végétales notamment les jachères, les formations secondaires matures ou hétérogène de transition, des formations mono-dominantes sur sable blanc et sur sol hydromorphe, des formations hétérogènes sur sol sableux et sur sol argileux. On signale aussi à UMA la présence des chaînes des Inselbergs qui s'élèvent à plus ou moins 800 mètres (figure 1).

La forêt d'UMA fait partie de la zone climatique du type Af; du point de vue phytogéographique, UMA fait partie du secteur forestier central [23]. Le territoire est rattaché géographiquement et climatiquement au district du bassin Centro-oriental de la Maïko, Domaine Congolais, dans la région Guinéo-congolaise [24].

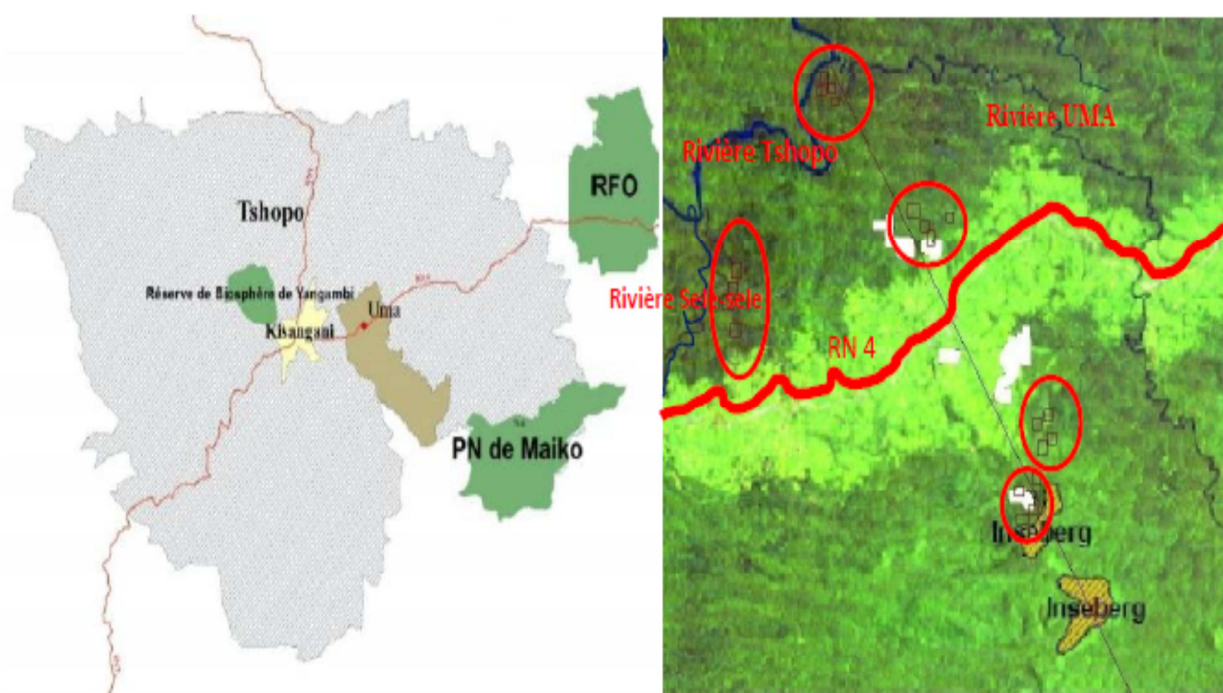


Figure 1 : (a : gauche) Localisation du terroir forestier de UMA par rapport aux Parcs nationaux et Aires protégées (PN de Maïko: Parc National de Maïko ; RFO : Réserve de Faune à Okapi ; Réserve de la Biosphère de Yangambi) ; (b : droite) Situation de 40 relevés phytosociologiques réalisés au cours de la présente étude dans la forêt d'UMA.

2.2 MÉTHODES

Le choix de l'emplacement des parcelles de relevés emboîtés (stratifiées) a été guidé par la physionomie générale de la végétation et l'aspect physique et/ou morphologique du sol. Deux strates ont été retenues à cet effet, la strate des arbres dominants et émergents et la strate intermédiaire (strate des dominées et Co-dominants). 40 relevés phytoécologiques ont constitué l'essentiel de cette étude. Le choix de ces deux strates est justifié par le but de tester la discontinuité de la variance floristique entre les deux strates retenues. La strate supérieure comprend des individus à $[DBH \geq 50 \text{ cm}]$, la strate dominée comprend des individus à $[DBH \geq 10 \text{ cm} < 40 \text{ cm}]$ par rapport aux formations forestières ou groupements végétaux identifiés. Tous ces relevés stratifiés ont été réalisés après la prospection générale le long d'un transect de plus ou moins 14 km traversant tout cet écosystème de l'embouchure de la rivière UMA à la rivière Tshopo, jusqu'au-delà de l'Inselberg dans le but d'apercevoir quantitativement les variations des groupements végétaux dans cet écosystème.

La classification des relevés a été faite en fonction de cluster ordi du Coa-dudi du logiciel R. Cette approche permet de distinguer les groupes de relevés sur la base de distance floristique entre relevés des groupements végétaux. L'ordination des relevés a été faite à l'aide de l'Analyse Factorielle de Correspondance (AFC). L'AFC permet de résumer le tableau en déterminant les principaux axes de structuration qui fournissent une bonne approximation de la réponse des espèces à un facteur environnemental [25].

L'identification des espèces indicatrices de chaque groupement végétal, a été faite à l'aide des calculs de l'indice de valeur indicatrice (IV) de chaque espèce [26]. Une espèce est considérée comme indicatrice d'un groupement végétal donné si elle lui est fidèle (c'est-à-dire absente ou moins fréquente dans d'autres groupement végétal) et constante (c'est-à-dire

présente dans la majorité des placettes de ce peuplement). L'importance écologique de chaque espèce identifiée a été faite à l'aide de l'Indice de Valeur d'Importance (Importance Value Index, IVI) [27].

La similarité floristique intra et inter-groupement a été évaluée à l'aide de l'indice de Morisita-Horn (M-H). L'indice MH représente le rapport entre la probabilité que deux individus tirés au hasard dans deux groupements appartiennent à la même espèce et la probabilité que deux individus tirés au hasard dans le même groupement appartiennent à la même espèce. Il varie de 0 à 1; deux strates forestières sont floristiquement différentes si MH tend vers 0 (soit toutes les valeurs < 0,5) et identiques si MH tend vers 1 (soit toutes les valeurs ≥ 0,5 ; valeur proche de 1) [28].

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 REGROUPEMENT DES RELEVÉS FLORISTIQUES

3882 arbres appartenant à 200 morpho-espèces différentes et, réunis dans 137 genres regroupés dans 42 familles ont été recensés. La classification des relevés sur base de la distance euclidienne a permis de regrouper à partir de 1.5 deux groupes de relevés dont le premier groupe rassemble 16 relevés des peuplements mono-dominants et le second groupe rassemble 24 relevés des peuplements perturbés (Figure 2). A partir de la distance 1.0, les 16 relevés des peuplements mono-dominants se scinde en deux sous-groupes de 11 relevés des peuplements mono-dominants à Limbali sur sable blanc (FMI_1) et 5 relevés des peuplements mono-dominants à Limbali sur sol hydromorphe (FMI_2). Les 16 relevés des peuplements perturbés se scinde en 3 sous-groupes des relevés dont 8 relevés des peuplements hétérogènes perturbées à *Pericopsis elata* sur sol argileux (FHp_1), 8 relevés des peuplements hétérogènes à *Julbernardia seretii* et *Uapaca guineensis* de piedmont sur éboulis rocheux (FHp_2) et 8 relevés des peuplements de transition à *Julbernardia seretii* sur sol sableux (F_T). Du point de vue floristique, les groupements des relevés des peuplements de transition sont floristiquement proche des peuplements mono-dominants à Limbali.

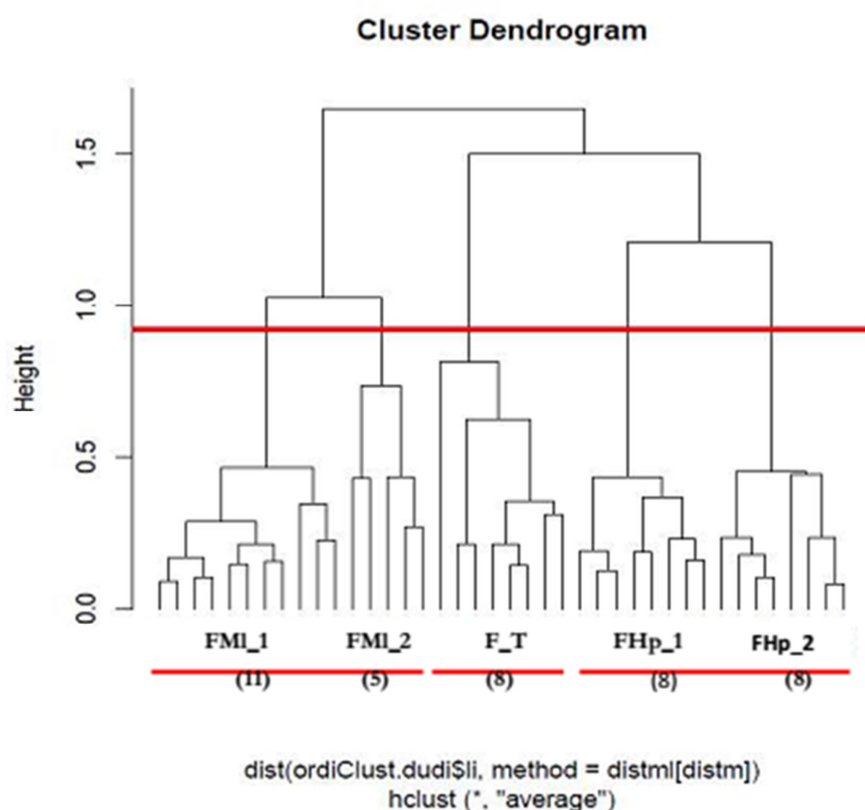


Figure 2: Dendrogramme représentant cinq groupements de peuplement végétal.

[FMI : forêts mono-dominantes à Limbali, F_T : forêt de transition, FHp : forêt hétérogène perturbée à UMA). Les valeurs entre parenthèses indiquent le nombre de relevés. Les valeurs de distance d'OrdiClust varient entre 0 et 1.5].

3.2 ORDINATION

L'analyse canonique de correspondance (CCA) réalisée sur le tableau croisé des parcelles des relevés x espèces (Eigenvalues : 0.43, 0.29, 0.22, 0.18 et 0.15) expriment plus ou moins 73% de l'inertie totale. L'axe 2 sépare les parcelles des peuplements mono-dominants à Limbali de parcelles des peuplements hétérogènes (Figure 3). L'axe 1 fait apparaître une certaine variabilité dans les peuplements mono-dominants à Limbali et hétérogènes à *Pericopsiselata*. Par ailleurs, un petit nombre d'espèces sont uniquement représentées dans les peuplements des individus à DBH ≥ 50 cm. Par contre, on remarque que la grande majorité d'espèces sont à la fois représentées parmi les peuplements à $10 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 50 \text{ cm}$ et DBH $\geq 50 \text{ cm}$ (Figure 4).

La contribution de ces deux types d'inventaires (peuplements à $10 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 50 \text{ cm}$ et DBH $\geq 50 \text{ cm}$) au regroupement des relevés et ordination des peuplements d'arbres dans cette forêt de UMA se rapprochent. L'analyse réalisée à partir des relevés d'arbres du peuplement à DBH $\geq 50 \text{ cm}$ et des relevés d'arbres des peuplements à DBH compris entre $10 \text{ cm} \leq \text{DBH} \leq 40 \text{ cm}$ séparément montre que les deux types d'inventaires forment des groupements suivant l'axe 1 et 2.

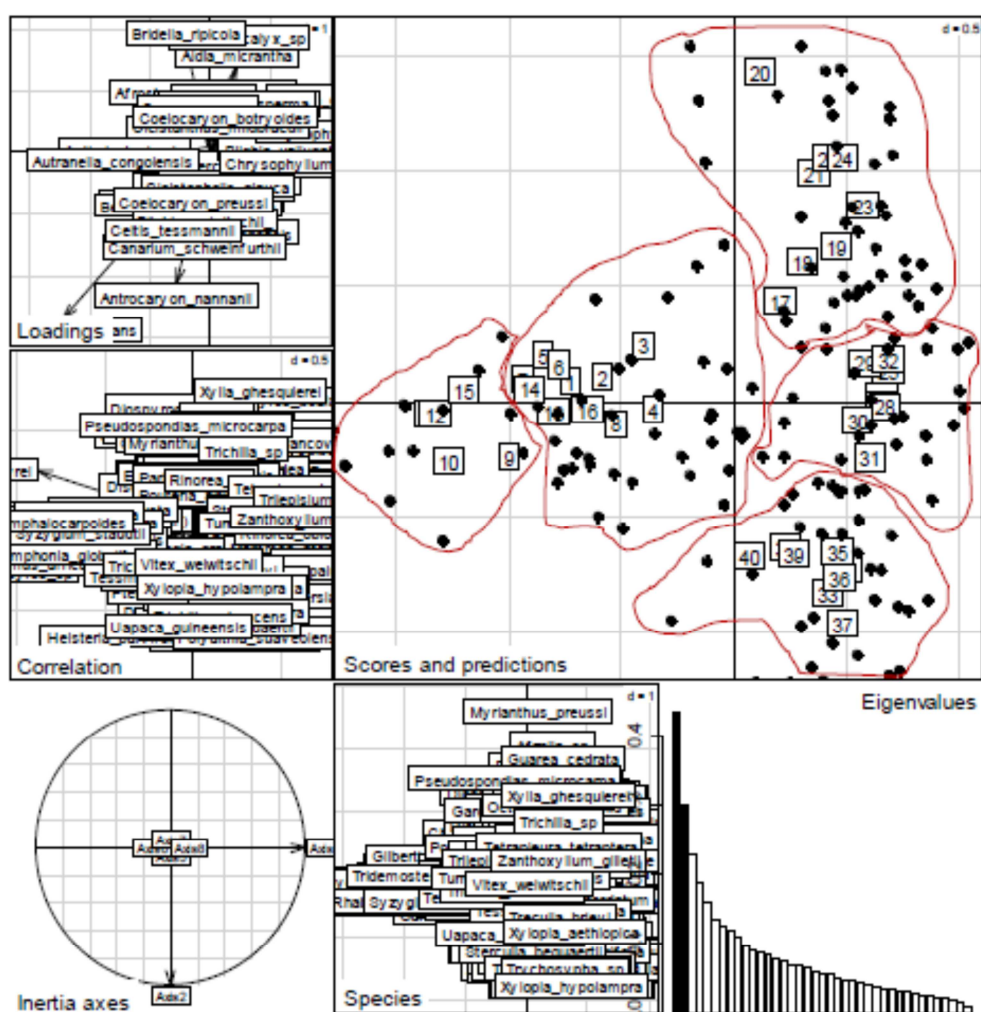


Figure 3: Projection sur le plan factoriel les résumés des diagrammes de la CCA de 200 morpho-espèces et 3882 arbres sur le plan canonique des axes 1 et 2.

[les relevés 9, 10, 12, 14 et 15 constitue le groupement des relevés des peuplement mono-dominants à Limbali sur sol hydromorphe (FMI_2); les relevés 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 13 et 16 appartiennent au groupement des relevés des peuplements mono-dominants à Limbali sur sable blanc (FMI_1); les relevés 21, 22, 18, 17, 19, 20, 23 et 24 appartiennent au groupement des relevés des formations de transition (F_T); les relevés 34, 35, 36, 39, 40, 33, 37 et 38 appartiennent aux relevés des formations hétérogènes de piedmont (FHp_2); les relevés 25, 28, 26, 27, 30, 31, 29 et 32 appartiennent aux groupement des relevés des formations hétérogènes perturbées à *Pericopsiselata* sur sol argileux FHp_1).

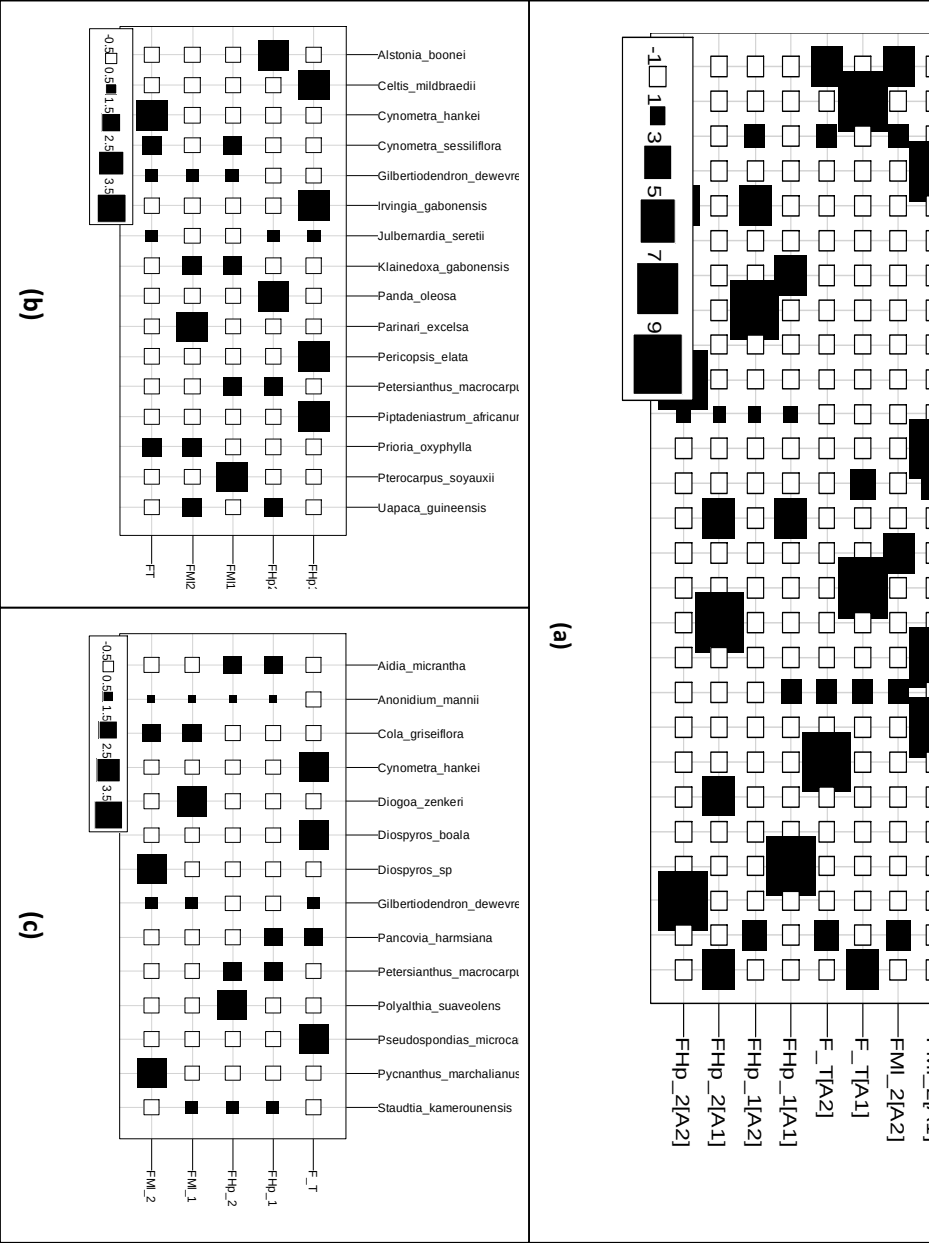


Figure 4 : Projection des espèces de forte valeur indicatrices sur le diagramme de la corrélation canonique (CCA) pour l'ensemble des formations et par types des peuplements arbres.

(a) Espèces de fortes IVI de peuplements à 10 cm ≤ DBH < 50 cm et DBH ≥ 50 cm ; (b) Espèces de fortes IVI de peuplements à 10 cm ≤ DBH < 50 cm ; (c) Espèces de fortes IVI de peuplements à DBH ≥ 50 cm ; [A1] : peuplement d'arbre de DBH ≥ 50 cm ; [A2] : peuplements d'arbre de 10 cm ≤ DBH < 50 cm.

3.3 INDIVIDUALISATION DES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX PAR L'CCA

Cinq groupements végétaux ont été mis en évidence sur le plan canonique de correspondance pour l'ensemble des relevés (Figure 3), elles confirment les résultats de regroupement floristique des relevés et leur hiérarchisation en classe. La classification hiérarchique est dichotomique et se divise en branches. La première division sépare les relevés floristiques en deux groupes de 16 et de 24 relevés. Les espèces discriminantes sont respectivement *Pycnanthus marchalianus*, *Lasiodiscus mannii*, *Coelocaryon preussii*, *Cleistanthus mildbraedii*, *Funtumia elastica*, *Beilschmiedia congolana*, *Berlinia bracteosa* pour les relevés des peuplements mono-dominants et *Julbernardia seretii*, *Cynometra hankei*, *Drypete ssp*, *Irvingia gabonensis*, *Pericopsis elata*, *Dialium excelsum*, *Celtis mildbraedii*, *Alstonia boonei*, *Garcinia punctata*, *Xylopia aethiopica* et *Funtumia africana* pour les peuplements des hétérogènes. Au niveau du second niveau de division, l'arborescence de 16 relevés donne naissance à deux peuplements végétaux de cinq relevés (FMI_2) qui se distinguent de 11 relevés (FMI_1) par la présence des espèces *Uapaca guineensis*, *Dialium pachyphyllum*, *Garcinia cola*, *Didymosalpinx lanciloba*, *Trichilia welwitschii*, *Syzygium staudtii*, *Diospyros gillettii*, *Isolona hexaloba*, *Desplatsia dewevrei*, *Nauclea pobeguini*, *Rhabdophyllum arnoldianum*, *Dracaena arborea*, *Dichostem maglauescens*, *Napoleona septentrionalis*, *Barteriani gritana* et *Oncoba crepiniana*. Les espèces ci-après sont différentielles de 11 relevés (FMI_1) : *Trilepisium madagascariense*, *Pycnanthus angolensis*, *Pseudospondias microcarpa*, *Copaiferamild braedii*, *Diospyros ituriensis*, *Drypetes louisii*, *Guarea thompsonii*, *Beilschmiedia congolana*, *Piptadeniastrium africana*, *Musanga cecropioides*, *Synsepalum subcordatum*, *Cleistopholis glauca*, *Diospyros crassiflora*, *Vitex welwitschii*, *Pancovia harmsiana*, *Cynometras siliflora*, *Prioria balsamifera*, *Pouteria robusta*, *Pouteria altissima*, *Macaranga monandra* et *Turraeanthus africanum*. Les peuplements végétaux présents dans les peuplements mono-dominants sont les suivants :

- Le groupement FMI_1 (11 relevés) à *Gilbertiodendron dewevrei* et *Cola griseiflora*. Le groupement se singularise par la présence des arbres aux feuillages sempervirents toute l'année (*Gilbertiodendron dewevrei*, *Diospyros boala*). Ses strates intermédiaires sont marquées par la présence des quelques éléments semi-décidue (*Pycnanthus angolensis*, *Cola griseiflora*) et des éléments caractéristiques des formations matures (*Staudtia kamerounensis*, *Anonidium mannii*, *Diogoia zenkeri*, *Polyalthia suaveolens*, *Heisteria parvifolia*, *Diospyros boala* et *Pancovia harmsiana*) couvrent la strate inférieure.

- Le groupement FMI_2 (5 relevés) à *Diospyros sp* et *Gilbertiodendron dewevrei*. Le groupement se singularise par la présence des espèces habituellement rencontrées sur sol humide (*Strombosiaopsis tetrandra*, *Uapaca guineensis*, *Santiria trimera*, *Pterocarpus soyauxii*, *Pycnanthus marchalianus*, *Phyllocosmus africanus*, *Lasiodiscus mannii*, *Symphonia globulifera*, *Cleistanthusmild braedii*, *Manilkara sp*, *Coelocaryon preussi* et *Hallea stipulosa*) et de *Sclerosperma mannii*.

L'arborescence de 24 relevés donne naissance aux groupements végétaux F_T (8 relevés), forêt hétérogène perturbée 1 : FHp_1 (8 relevés) et forêt hétérogène perturbée 2 : FHp_2 (8 relevés). *Afrostryax lepidophyllus*, *Afzeliabipendensis*, *Allanblackiafloribunda*, *Amphanocalyxsp*, *Antidesmalaciniatum*, *Antrocaryonnan nanii*, *Baphia dewevrei*, *Brachystegia laurentii*, *Bridelia ripicola*, *Combretum lokele*, *Diospyros alboflavescens*, *Entandrophragma cylindricum*, *Ficus mucoso*, *Garcinia smeathmannii*, *Gardenia imperialis*, *Hallea stipulosa*, *Homalium africanum*, *Marantes glabra*, *Memecyloncin namomoides*, *Millettia drastica*, *Monodora myristica*, *Myrianthus preussii*, *Pentaclethra macrophylla*, *Pradosia spinodenthata*, *Pseudospondias longifolia*, *Pterygotabe quaertii*, *Sterculia bequaertii*, *Trichilia rubenscens*, *Tridemoste monomphalocarpoides*, *Uapaca guineensis*, *Rinorea sp* et *Xylopia hypolampra* sont les principales espèces différentielles

- le groupement FHp_1 à *Julbernardia seretii* et *Pericopsis elata* (8 relevés), il rassemble à la fois certaines espèces sempervirentes (*Gilbertiodendron dewevrei*, *Diospyrosboala* et *Coelocaryon botryoides*) et semi-caducifoliés (*Cynometra hankei*, *Cynometra sessiliflora*, *Drypetes sp*, *Diospyros ituriensis*, *Xyliaghes quirei* et *Cola griseiflora*), et celle des sous-bois originelles ou caractéristique des sous-bois des formations hétérogènes à la phase avancée de la maturité (*Myrianthuspreussii*).

- le groupement FHp_2 à *Petersianthus macrocarpus* et *Aidia micrantha* (8 relevés). Des espèces des forêts de terre ferme (*Polyalthia suaveolens*, *Staudtia kamerounensis*, *Julbernardia seretii*, *Dialium pachyphyllum* et *Panda oleosa*) et des espèces habituellement rencontrées sur sols gorgés d'eau souvent rencontrées dans les vallons et de quelques espèces caractéristiques des forêts secondaires âgées (*Strombosiaopsis tetrandra*, *Uapa caguineensis*, *Santiria trimera* et *Pterocarpus soyauxii*), des espèces de la famille des Rubiaceae et des Moraceae caractéristiques des milieux rocaillieux et saxicoles (*Psychotria sp*, *Rothmania sp*, *Craterispermum cerinanthum* et *Treculia bruyei*) et des espèces pionnières et cicatricielles *Macaranga spp*, *Ricinodendron heudelotii*, *Petersianthus macrocarpus* caractéristiques des forêts secondaires.

Les groupements de transitions est :

- le groupement F_T ou forêt mixte (8 relevés), à *Anonidiummannii*et*Pancoviaharmsiana*. Ce groupement est également caractérisé par la forte présence d'espèces cicatricielles de la succession secondaire (*Milicia excelsa*, *Musanga cecropioides*, *Pycnanthus angolensis*, *Entandrophragma utile*), des espèces pionnières (*Macaranga monandra*, *Croton haumanianus*,

Ricinodendron heudelotii), des espèces semi-décidue (*Pericopsis elata*, *Julbernardia seretii*, *Pycnanthus angolensis*) et des espèces résilientes après perturbation (*Celtismild braedii* et *Celtis tessmannii*).

Au vue de sa composition floristique, le groupement F_T peut-être positionné au rang des formations mixtes hétérogènes dont l'espèce *Gilbertiodendron dewevrei* est la plus importante en nombre (densité) dans la strate de dominée (A2). On retrouve à la fois des éléments sempervirents et semi-sempervirent dont *Gilbertiodendron dewevrei*, *Julbernardia seretii* et *Diospyros boala* présente dans la plupart des forêts rencontrées à UMA.

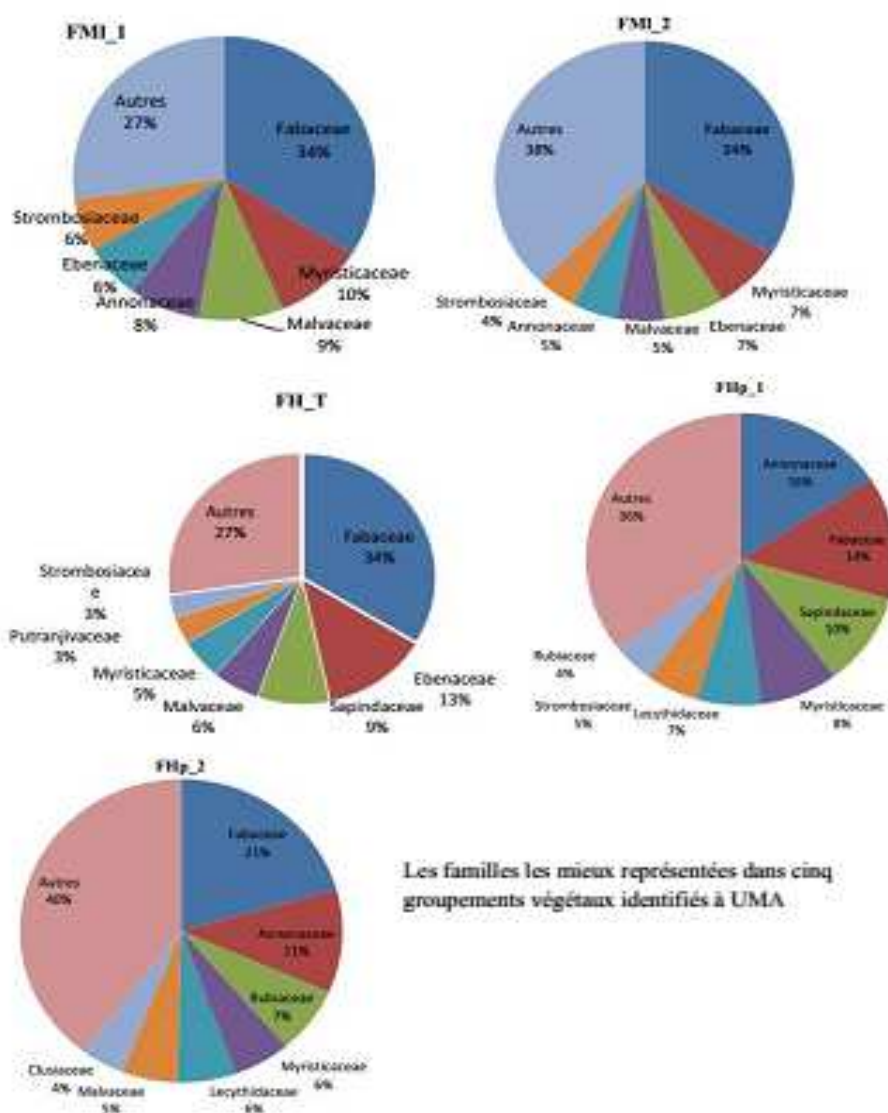
En définitive, la végétation des forêts d'UMA présente un gradient croissant des diversités spécifiques de groupements végétaux mono-dominants (FMI) à l'Ouest vers les groupements végétaux hétérogènes perturbés (FHp) à l'Est en passant par les groupements végétaux de transition ou forêt mixte.

En résumé, nous trouvons à UMA des forêts hétérogènes perturbées à l'Est, dont les éléments secondaires et semi-décidue prédominent ; des forêts mono-dominantes à Limbali à côté de *Julbernardia seretii* caractérisé par l'élément sempervirent, de forêt de transition à l'intérieure de laquelle l'élément *Gilbertiodendron dewevrei* domine en nombre dans sa strate des arbres dominés. Sur le plan physiologique, la canopée est discontinue, de vastes chablis à rotang (*Oncoacalamus mannii*, *Laccosperma secundiflorum*) sont présents essentiellement dans les groupements hétérogènes et dans la forêt de transition (forêt mixte). Dans les groupements des peuplements mono-dominants, l'espèce *Sclerospermamannii* (Arecaceae) utilisée par la population locale pour couvrir la toiture des cases caractérise le sous-bois humide gorgé d'eau dans le sol, on retrouve également des éléments semi-décidue (*Prioria oxyphylla* et *Pterocarpus soyauxii*) la canopée est moins jointive et discontinue. Certaines espèces bien que n'étant pas typiquement Guinéo - congolaises, y sont aussi représentée (*Barteria nigritana*, *Chrysophyllum africanum*, *Lasiodiscus mannii*).

3.4 RICHESSE ET DIVERSITÉ SPÉCIFIQUE DES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX

Le groupement végétal FHp_2 est plus riche en espèce, en genres et en familles : 135 espèces, 103 genres, 34 familles et de diversité ($\alpha = 37,48$). Par contre le groupement FMI_1 est faiblement diversifié ($\alpha = 15,97$) (Tableau 2). La famille des Fabaceae (Fabaceae, Mimosaceae et Caesalpiniaceae) inclue compte en particulier 51% du total des familles inventoriées dans cette forêt (Figure 5), l'espèce *Gilbertiodendron dewevrei* occupe la première position en nombre d'individus inventoriés dans 3 groupements végétaux différents dans cette forêt : la FMI_1 (29,74 %), FMI_2 (27,70 %) et FH_T (10,12 %). Par contre, *Anonidium mannii* (11,95%), *Pancovia harmsiana* (8,45%) et *Petersianthus macrocarpus* (6,65%) sont plus abondantes dans le groupement végétal FHp_1 et des espèces *Aidiamicrantha* (6,47%), *Anonidium mannii* (5,92%), *Petersianthu smacrocarpus* (5,81%), *Polyalthia suaveolens* (4,50%) sont abondantes dans le groupement végétal FHp_2.

La figure 5 donne les familles les mieux représentées dans cinq peuplements végétaux identifiés à UMA.



Les familles les mieux représentées dans cinq groupements végétaux identifiés à UMA

Figure 5 : Les familles les mieux représentées dans cinq peuplements végétaux identifiés à UMA.

Du point de vue importance écologique dans les groupements végétaux individualisés à UMA, *Gilbertiodendron dewevrei* présente des valeurs d'IVI les plus importantes dans trois groupements végétaux (IVI = 21,07% dans le groupement végétal FMI_1 ; IVI = 13,82% dans le groupement végétal FMI_2 et IVI = 4,07% dans le groupement végétal F_T). *Julbernardiaseretii*, *Petersianthus macrocarpus* dans les groupements végétaux FHp_1 et FHp_2.

Sur le plan dynamique, *Julbernardia seretii* avec *Gilbertiodendron dewevrei* sont caractéristiques de la canopée de la forêt mono-dominante indicatrice de stade avancé ou climax des groupements végétaux. *Petersianthus macrocarpus* est l'espèce de la forêt en évolution ou stade de succession secondaire, elle présente des valeurs d'importance de (IVI = 2,24 %) dans la FHp_1 et (IVI = 3,19 %) dans la FHp_2. Elle forme avec *Uapaca guineensis* (IVI = 2,81%) des peuplements hétérogènes dans le groupement végétal FHp_2.

Le tableau 2 donne les paramètres de diversité caractérisant les groupements végétaux individualisés.

Tableau 2 : Paramètres de diversité de différents groupements végétaux à UMA

Paramètres floristiques	FMI_1	FMI_2	F_T	FHp_1	FHp_2
Nombre d'individus	956	397	731	887	911
Richesse spécifique	84	68	104	96	135
Nombre de genres	67	55	79	74	103
Nombre de familles	31	29	32	32	34
Indice de diversité alpha de Fisher (α)	15,97	19,19	23,24	25,19	37,48

Il ressort de ce tableau 2 que les peuplements végétaux mono-dominants présentent des faibles valeurs de richesse spécifique, de nombre de genres, de familles et de diversité alpha (α) par rapport aux groupements hétérogènes à UMA.

3.5 SIMILARITÉ FLORISTIQUE ET ESPÈCES CARACTÉRISTIQUES DES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX

SIMILARITÉ FLORISTIQUE ENTRE GROUPEMENTS VÉGÉTAUX

L'indice de similarité de Morisita-Horn (MH) a été utilisé pour tester la similarité entre relevés des groupements végétaux individualisés. On note une forte similarité floristique entre peuplements végétaux mono-dominants dans la forêt de UMA : FMI_1 et FMI_2 (MH = 94,12 %) ; entre peuplements végétaux hétérogènes perturbés : FHp_1 et FHp_2 (MH = 68,54 %). Nous avons aussi constaté qu'il y avait similarité floristique entre peuplements végétaux de transition (F_T) et peuplements mono-dominants à Limbali sur sol hydromorphe (FMI_2) (MH = 53,22%); entre peuplements de transition (F_T) et peuplements mono-dominants à Limbali sur sable blanc (FMI_1) (MH = 50,39 %). Par contre, les peuplements végétaux de transition ne sont pas similaires aux peuplements végétaux hétérogènes perturbés sur sol argileux (MH = 49,97%) et peuplement hétérogène perturbés de piedmont (MH = 37,11%) comme l'indique la matrice de similarité de MH entre différents groupement végétaux identifiés à UMA (tableau 3).

Tableau 3 : Matrice de similarité de Morisita-Horn pour l'ensemble des groupements identifiés dans la forêt d'UMA

	FMI_1	FMI_2	F_T	FHp_1	FHp_2
FMI_1	1	0.941232	0.532208	0.214642	0.209133
FMI_2	0.941232	1	0.503924	0.167514	0.199292
F_T	0.532208	0.503924	1	0.499777	0.371194
FHp_1	0.214642	0.167514	0.499777	1	0.68542
FHp_2	0.209133	0.199292	0.371194	0.68542	1

L'analyse de la variance floristique entre peuplements végétaux a été utilisée en vue de vérifier s'il existe une discontinuité de la similarité floristique entre différents groupements végétaux identifiés. Le test de la variance floristique entre peuplements végétaux individualisés montre qu'il existe une différence significative entre peuplements végétaux (inventaire global : $F = 18,462$; $p < 0,01$; peuplements végétaux d'arbres de $10 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 50 \text{ cm}$: $F = 4,9674$; $p < 0,05$ et peuplement végétaux de $\text{DBH} \geq 50 \text{ cm}$: $F = 6,036$; $p < 0,05$).

ESPÈCES CARACTÉRISTIQUES DES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX INDIVIDUALISÉS

Nous avons identifié 31 espèces caractéristiques de la FMI_1 et 30 espèces caractéristiques de la FMI_2; 28 espèces caractéristiques de la F_T du centre, 33 espèces caractéristiques de la FHp_1 et 32 espèces caractéristiques de la FHp_2 (Annexe 1).

Sur l'ensemble des formations, *Gilbertiodendron dewevrei* est la plus abondante, elle affiche la valeur indicatrice la plus élevée dans l'ensemble des peuplements végétaux mono-dominants à savoir FMI_1 (IV = 90%) et FMI_2 (IV = 90%). Par contre, dans les peuplements hétérogènes, *Gilbertiodendron dewevrei* représente 27,73% dans le peuplement végétal F_T. Les espèces *Anonidium mannii* (IV = 28,45%), *Pancovia harmsiana* (IV = 20,13%), *Petersianthus macrocarpus* (IV = 15,85%), *Staudtia kamerounensis* (IV = 10,73%) montrent des valeurs indicatrices les plus élevées dans le groupement végétal FHp_1. Tandis que les espèces *Aidia micrantha* (IV = 12,16%), *Anonidium mannii* (IV = 11,13%), *Petersianthus macrocarpus* (IV = 10,92%) et *Polyalthia suaveolens* (IV = 8,4%) donnent les valeurs indicatrices le plus élevées dans le groupement végétal FHp_2.

L'analyse de la variance floristique des peuplements arbres affiche en générale une différence significative ($F = 650,477$; $p < 0,001$) entre peuplement à $10 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 50 \text{ cm}$ et peuplement végétaux à $\text{DBH} \geq 50 \text{ cm}$.

3.6 CORRÉLATION ENTRE PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES DU SOL ET GROUPEMENTS VÉGÉTAUX

Les paramètres physico-chimiques et pédologiques du sol ont montré des effets sur la variance floristique (tableau 5), l'analyse canonique des correspondances (CCA) a permis de tracer le graphique de la corrélation entre paramètres physico-chimiques du sol et les variabilités floristiques observées (Figure 6). Les deux premiers axes expliquent 61,46 % de la relation espèces-paramètres physico-chimiques du sol.

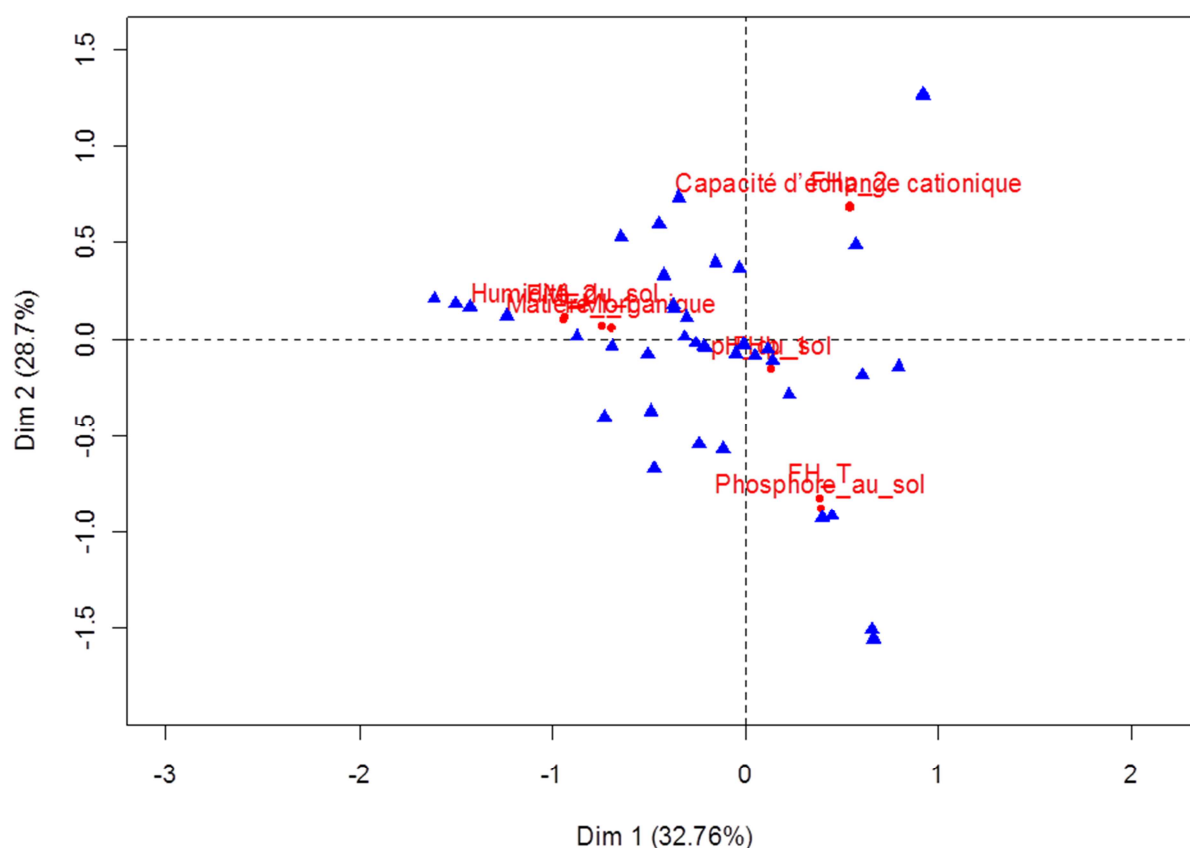


Figure 6 : Ordination des groupements végétaux par l'analyse canonique de correspondance

L'axe1 est fortement corrélé négativement avec l'humidité et la matière organique. Le deuxième axe canonique est plus corrélé positivement avec la capacité d'échange cationique mais, corrélée négativement avec le phosphore du sol (Tableau 3).

Tableau 3 : Corrélation entre axe d'ordination, ensembles structuraux et les paramètres physico-chimiques du sol.

Paramètres	Axis 1	Axis 2
Capacité d'échanges cationiques	46.806	60.178
pH du sol	11.635	-19.862
Humidité du sol	-90.427	14.51
Phosphore du sol	29.742	-79.679
Matière organique	-76.413	2.1282

Le tableau 4 donne les valeurs propres ainsi que les pourcentages de variances expliquées par les quatre premiers axes d'ordination de la CCA.

Tableau 4 : Valeurs propres et pourcentages de variances expliquées par les 4 premiers axes d'ordination de la CCA.

Axes	1	2	3	4
Eigenvalues	0.254	0.198	0.150	0.118
% du total	29.356	22.892	17.376	13.622
% cumulé de la variance d'espèces	29.356	52.248	69.624	83.246

Le test de Rank de Friedman en vue de vérifier la significativité de l'hypothèse (H0 : la variance floristique observée dans la forêt de UMA est dépendante des paramètres physico-chimiques et pédo-morphologiques du sol) indique que cette hypothèse est pertinente ($p < 0,05$).

Dans les peuplements mono-dominants à Limbali, la variabilité floristique est principalement expliquée par l'humidité du sol. Dans les groupements végétaux hétérogènes, elle est expliquée par le pH, la capacité d'échanges cationiques et le phosphore du sol (Tableau 5).

Tableau 5 : Analyse de la variance des paramètres physico-chimiques et pédo-morphologiques du sol ($P < 0,0001$)

Variables	F value	P
Sable	49,044	8.472e-13***
Argile	67,464	0.0009974***
Humidité	206,76	2.2e-16***
Matière organique	26,552	3,086e-09***
Phosphore	79,304	2.2e-16***
Ph	554,79	2.2e-16***
Capacité d'échanges cationiques	273,12	2.2e-16***

3.7 SPECTRES PHYTOGÉOGRAPHIQUE DES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX.

Le district Centro-oriental de la Maïko auquel appartient la forêt de UMA, est caractérisé par une forte présence d'espèces endémiques [29], les espèces guinéo-congolaises (GC) prédominent ($> 90\%$), parmi lesquelles 65,10% d'espèces sont bas-guinéo-congolaises (BGC) et 25,61% sont omni-guinéo-congolaises (OGC). Les espèces de liaison représentent 2,46%, les espèces plurirégionales représentent 0,52% et les espèces congolaises représentent 6,24%. L'élément bas-guinéo-congolais et omni-guinéo-congolais est le mieux représenté dans l'ensemble des peuplements étudiés à UMA (Figure 7). Il existe une différence significative de spectre phytogéographique entre peuplements d'arbres identifiés dans les forêts de UMA.

L'analyse de la variance floristique (ANOVA à un seul facteur) révèle qu'il n'existe pas de différence significative de spectre phytogéographique : **AA**(Afro-américain) (inventaire global : $F = 2,6627$, $p\text{-value} > 0,001$ et $F = 11.4545$, $p\text{-value} > 0,001$) entre peuplement d'arbres à $10 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 50\text{cm}$ et peuplements végétaux à $\text{DBH} \geq 50 \text{ cm}$.), **BGC** (inventaire global : $F = 3,1037$, $p\text{-value} > 0,001$), GC (inventaire global : $F = 0.8$, $p\text{-value} > 0,001$). Par contre, l'analyse de la variance floristique à un facteur révèle qu'il existe une différence significative de spectre phytogéographique : **AT** (inventaire global : $F = 9,7075$, $p\text{-value} < 0,001$ et $F = 27.7505$, $p\text{-value} < 0.001$ entre peuplements d'arbres à $10 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 50\text{cm}$ et peuplements végétaux à $\text{DBH} \geq 50 \text{ cm}$), CFC (inventaire global : $F = 20,667$, $p\text{-value} < 0.001$ et $F = 161.79$, $p\text{-value} < 0.001$ entre peuplements d'arbres à $10 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 50\text{cm}$ et peuplements végétaux à $\text{DBH} \geq 50 \text{ cm}$), **OGC** (inventaire global : $F = 6,2015$, $p\text{-value} < 0.001$ et $F = 409.58$, $p\text{-value} < 0.001$ entre peuplements d'arbres à $10 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 50\text{cm}$ et peuplement végétaux à $\text{DBH} \geq 50 \text{ cm}$) et **BGC** (entre peuplements d'arbres à $10 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 50\text{cm}$ et peuplements végétaux à $\text{DBH} \geq 50 \text{ cm}$: $F = 846,62$, $p\text{-value} < 0.001$).

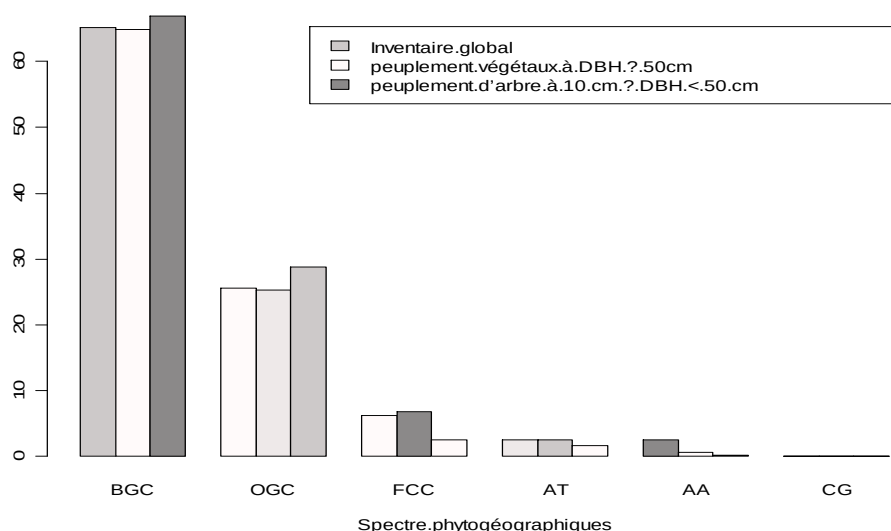


Figure 7 : Spectre phytogéographique des peuplements d'arbres identifiés

L'analyse de la variance a été faite pour vérifier l'hypothèse selon laquelle il existe une différence significative des spectres phytogéographiques entre différents groupements végétaux identifiés. Le résultat montre que $p\text{-Value} = 0,0025 > 0,001$ et le test de Shapiro-Wilk montre que $p\text{-value} = 0,456 > 0,05$.

Le test de Bartlett a permis de confirmer l'efficacité du test utilisé et indique qu'il y a homogénéité de la variance ($p\text{-Value} = 0,001 < 0,05$). Ces résultats permettent d'accepter l'hypothèse nulle (H_0) et rejeter l'hypothèse alternative (H_1) qui stipule qu'il y a homogénéité de la variance au niveau de la distribution de spectre phytogéographique dans les groupements végétaux identifiés à UMA. Donc, la variance d'au-moins une des variables est différente de celles des autres.

3.8 TYPES FONCTIONNELS DES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX

Les groupements végétaux rencontrés à UMA, sont à majorité riches en espèces sédentaires. L'illustration est faite ici par les groupements végétaux mono-dominants: FMI_1 (SéD = 96%) et FMI_2 (SéS = 68,6%). Par contre, le groupement hétérogène FHp_2 est riche en espèces pionnières et cicatricielles éphémères disséminées seules (PiS = 22,31%) et espèces pionnières et cicatricielles éphémères disséminées loin (PiD = 15,38%).

Les spectres fonctionnels sont significativement différents entre groupements végétaux ($p\text{-Value} = 0,732 > 0,001$) et le test de Shapiro-Wilk ($p\text{-value} = 0,00025 > 0,05$). Le test de Bartlett's pour vérifier l'homogénéité de la variance ($p\text{-Value} = 0,2907 > 0,05$) a permis de rejeter l'hypothèse nulle (H_0) et d'accepter l'hypothèse alternative (H_1) qui stipule qu'il n'y a pas d'homogénéité de la variance au niveau de la distribution de types fonctionnels dans les groupements végétaux identifiés à UMA. Donc, la variance d'au-moins une des variables est différente de celles des autres.

4 DISCUSSION

La présente étude a conduit à l'identification de cinq groupements végétaux différents à UMA. Pour arriver à ce résultat, nous avons a priori classé les relevés sur la base de distance euclidienne. Cette opération a révélé la restriction des certaines espèces des relevés à des groupements végétaux identifiés. Les résultats de l'AFC révèlent la présence de certaines espèces limitée dans certains groupes de relevés d'arbres à $DBH \geq 50$ cm. La faible distance floristique dans certains types d'inventaires d'arbres (de $10 \text{ cm} \leq DBH < 50 \text{ cm}$ et de $DBH \geq 50 \text{ cm}$) du fait du nombre élevé d'espèces largement distribuées dans le site entraîne des fortes variabilités floristiques à l'intérieur et entre groupements végétaux et ne permet pas de décider sans ambiguïté des limites entre groupements végétaux. Par contre, lorsqu'ils sont associés aux résultats de la classification, nous obtenons des groupements végétaux. Ces résultats nous place loin des situations observées par Parmentier dans ses études de la végétation des Inselbergs de la forêt dense d'Afrique centrale atlantique à l'issue desquelles les limites entre groupements végétaux sont visibles [30].

Dans certains groupes des relevés, les distances floristiques sont assez faibles, ce qui explique les chevauchements entre relevés de groupements végétaux. Les relevés les plus proches spatialement présentent des similarités floristiques [33], la distribution relative des abondances spécifiques et celle des similarités floristique à l'intérieure et entre groupements

végétaux sont proches à ceux obtenus dans la réserve forestière de Yoko et la MAB à Yangambi [31], à ceux obtenus dans la réserve du Dja au Cameroun [32, 33].

Sur le plan chorologique, l'élément guinéo-congolais représente plus de 82% d'espèces recensées. Les espèces endémiques du centre d'endémisme guinéo-congolais représentent au moins 90% d'espèces à UMA à l'intérieur duquel, l'élément guinéo-congolais représente plus de 50% d'espèces. Ces observations sont similaires à ceux observés à l'île Mbiye [34], en Guinée équatoriale [35], l'élément guinéo-congolais est abondant et occupe près de 49%. Outre les éléments guinéo-congolais, l'élément Afro-américain représente 2% d'espèces dans le groupement végétal FHp₂.

Sur le plan fonctionnel, les groupements végétaux identifiés dans la partie Ouest de la forêt de UMA montrent une équivalence fonctionnelle entre espèces sédentaires à fort potentiel de dissémination et espèces sédentaires à faibles potentiels de dissémination. Cette équivalence fonctionnelle favorise la coexistence des espèces par la limitation de dispersion per capita [20]. Par coexistence, on entend des espèces évoluant dans le même milieu physique (spatial et temporel) et en compétition pour les mêmes ressources [36]. Selon le modèle déterministe, deux espèces occupant des niches identiques ne peuvent coexister. C'est ce que l'on appelle l'exclusion compétitive. Ainsi, la coexistence n'est possible que lorsqu'il y a différence entre les espèces [18]. Par conséquent, il ne devrait y avoir que très peu de similarités entre deux espèces compétitrices coexistant à l'intérieur de la même communauté, alors que l'équivalence fonctionnelle est monnaie courante en milieu naturel, particulièrement dans les systèmes possédant une très riche biodiversité conduisant à un compromis entre dispersion-recrutement et colonisation qui engendreraient des espèces équivalentes pouvant coexister. Lorsque ces limitations se présentent dans les systèmes à très grande diversité, l'individu est exposé à un voisinage biotique très différent. En effet, les individus d'une espèce donnée ne se retrouvent jamais aux côtés des mêmes espèces compte tenu de la diversité du milieu. Ce fait empêcherait la sélection directionnelle menant à une différenciation des niches et favoriserait plutôt des stratégies généralistes adaptées à la moyenne des conditions spatiales et temporelles à long terme de ces différents milieux [37]. Par contre, le groupement végétal FHp₂ de l'Est est riche en espèces pionnières cicatricielles à fort potentiel de dispersion et espèces pionnières cicatricielles à faible potentiel de dispersion. L'élément Afro-américain est abondant, et est directement lié à la proximité immédiate des Inselberg.

Le modèle stochastique prédit qu'une espèce abondante à l'intérieur d'une sous-région aura tendance à être abondante dans une autre sous-région de la même aire d'étude. La proportion d'espèces à large distribution est plus grande sur les Inselbergs que dans la flore régionale [38].

Outre les influences chorologiques, le groupement FHp₂ connaît une dynamique de renouvellement d'arbres en permanence, les arbres atteignent difficilement des gros diamètres suite à l'enracinement superficielle des arbres due à la couche superficielle du sol qui ne permet pas à un bon enracinement des gros arbres. La présence d'espèces pionnières et cicatricielles à fort et faible potentiels de dispersion est aussi expliquée par cette dynamique continue de la géologie du sol. Celle-ci facilite les chutes d'arbres par suite d'enracinement superficiel de la plupart d'arbres qui laisse passer des fortes quantités de lumière favorisant le développement des lianes. À UMA, la végétation pionnière qui entame la succession secondaire est essentiellement composée des espèces héliophiles. À la lumière de ces observations, les forêts de UMA sont mixtes (sempervirentes et semi-décidue) de basses et moyennes altitudes et se caractérisent par la présence des espèces endémiques du centre d'endémisme guinéo-congolais. Ces groupements correspondent aux forêts du secteur forestier central de la région Guinéo-congolaise [39]. Les Inselbergs en forêt tropicale humide sont caractérisés par une flore particulière et isolée, ils contribuent à la diversité floristique observée à UMA notamment par la présence d'éléments à large distribution phytogéographique. UMA appartient à la région chorologique guinéo-congolaise [40], les groupements végétaux identifiés partagent 11,5% d'espèces communes c'est-à-dire, les espèces généralistes ou insensibles à la variation des éléments physico-chimiques du sol ; la marge d'espèces restreintes soit à l'un ou l'autre groupement végétal est supérieure à 51,0% de la richesse spécifique. Cette forte marge d'espèces restreintes soit à l'une ou l'autre groupement végétal à UMA est expliquée par la disposition déterministe de la distribution des espèces [41]. La forêt de UMA présente une physiologie hétérogène, cette hétérogénéité est être expliquée par la corrélation entre paramètres physico-chimiques, pédo-morphologiques du sol et d'abondance des espèces.

Du point de vue fonctionnel, cette hétérogénéité physiologique est attribuable aux différences fonctionnelles entre chaque espèce. Par conséquent, il est évident que l'arrangement des communautés des plantes dans la forêt de UMA, n'est pas seulement le fait du hasard (stochastique), mais aussi le fait des facteurs déterministes.

Du point de vue géologique, la cuvette centrale a accusé, au début du Cénozoïque au moins, une tendance relative à l'affaissement. On suppose que le terrain de couverture a dû connaître des fortes perturbations provoquées par des chamboulements géologiques passés. Le substrat géologique de profondeur est composé d'un mélange de grès et d'argiles rouges, de marnes et de calcaires [42]. Le climat qui y règne aurait favorisé sans nul doute l'altération de tous les minéraux

primaires et déterminerait la formation de sols anciens ferralitiques. Les capacités d'échanges cationiques, le pH, la rétention du phosphore expliquent à cet effet la variation floristique observée dans les groupements végétaux à UMA. Ces éléments sont significativement corrélés à la variation floristique dans les forêts amazoniennes [43].

De toutes les variables environnementales testées au cours de cette étude, l'humidité du sol, le pH, la capacité d'échanges cationiques et le phosphore du sol sont significatifs. En forêt tropicale, les études ont montré l'influence des facteurs liés au sol et/ou la profondeur du sol sur la répartition spatiale des espèces à l'échelle du paysage [44], comme à l'échelle locale [45].

Dans le groupement végétal hétérogène (FHp_2), sa localisation sur éboulis rocheux à la base de l'Inselberg à plus de 530 m d'altitude, les facteurs abiotiques (le glissement du sol) seraient le facteur déterminant de la distribution relative des abondances spécifiques. La topographie de sa part peut expliquer la variation floristique mais elle ne pourra pas expliquer clairement la relation entre la position topographique et la distribution des espèces communes. La présence des espèces de large distribution phytogéographique est liée à une transgression par compensation écologique. La topographie cumule également les effets d'autre facteur abiotique tel que le phosphore [46] ; la variation de la teneur de phosphore et autres nutriments peut conditionner la répartition spatiale de certaines espèces d'arbres à l'échelle locale [47, 48]. A l'échelle réduite, la variabilité floristique dans la forêt de UMA est expliquée par les conditions édaphiques du sol. La partie Est de UMA est le domaine des formations hétérogènes perturbées, ce complexe sol argileux-éboulis rocheux dans cette partie de la forêt peut expliquer en partie la variation floristique et être considérée comme possible potentiel refuge.

La mono-dominance observée dans les groupements sur sable blanc et sur sol hydromorphe à UMA, est expliquée par le développement d'une structure de communauté par la sélection des espèces les mieux adaptées [49]. L'abondance de l'espèce *Gilbertiodendron dewevrei* (Fabaceae) à UMA suit à cet effet une dérive stochastique. *Gilbertiodendron dewevrei* (Fabaceae) préfère les sols sablonneux de la partie orientale de la cuvette centrale où elle constitue des peuplements pratiquement purs en terre ferme, et de façon sporadique dans les formations périodiquement inondées aussi dans les forêts rivulaires ou marécageuses [50]. A UMA, l'humidité relative du sol serait le facteur le plus déterminant dans les forêts denses à Limbali. A UMA, la distribution de *Gilbertiodendron dewevrei* suit le modèle déterministe.

Les groupements végétaux distingués ne correspondent pas à de réelles discontinuités, ils sont essentiellement générés par le hasard de l'échantillonnage. De plus, la corrélation positive entre la diversité spécifique et la fertilité des sols a été démontrée [51]. De même, à l'échelle régionale, les faibles variations de pluviométrie peuvent contribuer à une variation floristique importante [52].

La mesure précise des variables environnementales est susceptible d'accroître la part de variation floristique expliquée mais, les processus stochastiques engendrent toujours une part de variation floristique inexpliquée. A l'échelle locale, les interventions de la faune mammalienne et l'avifaune affectent la composition floristique des communautés végétales par l'intermédiaire de la prédation, la polonisation et la dispersion des diaspores [53]. Il faut aussi noter que les chamboulements climatiques passés, l'équilibre dynamique entre l'extinction et l'apparition de nouveaux individus sont autant des paramètres qui jouent un rôle non négligeable dans la structuration des communautés végétales [54, 55].

5 CONCLUSIONS

Le but de la présente étude était de caractériser du point de vue physiognomique, les groupements végétaux des forêts de UMA. Il ressort de cette étude que :

- Cinq groupements végétaux étaient identifiées dans la forêt de UMA partageant un grand nombre d'espèces communes ce qui rend leurs limites très peu fluides. La restriction de certains groupes des relevés à la classe de diamètre ≥ 50 cm affiche la variance même au niveau de strates arborescente dans cette forêt.
- En fonction des paramètres physico-chimiques et pédo-morphologiques du sol, la variabilité floristique est principalement expliquée par l'humidité du sol dans les groupements végétaux mono-dominants à Limbali. Par contre, dans les groupements végétaux hétérogènes, elle est expliquée par le pH, la conductivité et la profondeur du sol; dans la forêt de transition, elle est expliquée par la rétention du phosphore du sol.
- La forêt de UMA est classée parmi les forêts hétérogènes denses semi-décidues ; les groupements végétaux identifiés à UMA sont insérés dans les alliances *Gilbertiodendron* Devred 1958 et *Oxystigmo-Scorodophleion* Lebrun et Gilbert 1954 dans la classe *Strombosio-Parinarietea* Lebrun & Gilbert 1954.
- L'élément guinéo-congolais représente plus de 82% d'espèces recensées, dont l'espèce endémique du centre d'endémisme guinéo-congolais représente au moins 90% d'espèces. La présence d'élément Afro-américain (2%) démontre de la transgression stochastique.

- Les espèces sédentaires sont abondantes dans les groupements végétaux mono-dominants à Limbali, tandis que les espèces pionnières et cicatricielles sont abondantes dans les groupements hétérogènes à *Pericopsiselata* et *Julbernardiaseretii*.

REFERENCES

- [1] J.B. Akuboy, F. Bapeamoni, G. Tungaluna, G.B. Badjedjea, L. Baelo, J.A. Asimonyio, A. Laudisoit, A. Dudu, K.N. Ngbolua. Diversité et répartition des ophidiens (Reptilia) dans les trois aires protégées de la province orientale RD Congo. International journal of innovation and Scientific Research Vol. 23, no. 2, pp. 476-484. 2016.
- [2] B.J. Akuboy, G.B. Badjedjea, A. Angoyo, C. Mondenga, K. Wasingya, J.K. Kosele, J.A. Asimonyio, E.M. Lengbiye, K.N. Ngbolua. Biodiversité des ophidiens (Reptilia) du village Basukwambula (Province de la Tshopo, République Démocratique du Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 26, no. 2, pp. 560-567, 2016.
- [3] 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.
- [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] P. Baelo, J.A. Asimonyio, S. Gambalemoke, N. Amundala, R. Kiakenya, E. Verheyen, A. Laudisoit, K.N. Ngbolua. Reproduction et structure des populations des Sciuridae (Rodentia, Mammalia) de la réserve forestière de Yoko (Ubundu, RD Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 23, no. 2, pp. 428-442, 2016.
- [6] P. Baelo, C. Kahandi, J. Akuboyi, J.L. Juakaly, K.N. Ngbolua. Contribution à l'étude de la biodiversité et de l'écologie des Araignées du sol dans un champ cultivé de *Manihotesculenta* Crantz (Euphorbiaceae) à Kisangani, RD Congo. International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 23, no. 2, pp. 412-418, 2016.
- [7] E.Y. Isangi, E.M. Katungu, C.K. Mukirania, J.K. Kosele, P. Baelo, E.P. Bugenthoo, S. Gambalemoke, J.A. Asimonyio, K.N. Ngbolua. Biodiversité des rongeurs et musaraignes de la forêt de Yasikia (Opala, République Démocratique du Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 26, no. 1, pp. 146-160, 2016.
- [8] J.L.K. Kambale, J.A. Asimonyio, R.E. Shutsha, E.W. Katembo, J.M. Tsongo, P.K. Kavira, E.I. Yokana, K.K. Bukasa, H.S. Nshimba, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Etudes floristique et structurale des forêts dans le domaine de chasse de Rubi-Télé (Province de Bas-Uélé, République Démocratique du Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 24, no. 2, pp. 309-321, 2016.
- [9] J.L.K. Kambale, R.E. Shutsha, E.W. Katembo, J.M. Omatoko, F.B. Kirongozi, O.D. Basa, E.P. Bugenthoo, E.I. Yokana, K.K. Bukasa, H.S. Nshimba, K.N. Ngbolua. Etude floristique et structurale de deux groupements végétaux mixtes sur terre hydromorphe et ferme de la forêt de Kponyo (Province du Bas-Uélé, R.D. Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 24, no. 2, pp. 300-308, 2016.
- [10] P.K. Kavira, F.B. Kirongozi, J.-L.K. Kambale, J.M. Tsongo, N.A. Shalufa, K.K. Bukasa, P.Y. Sabongo, H.K. Nzapo, K.N. Ngbolua. Caractéristiques de la régénération naturelle du sous-bois forestier du Jardin botanique S. Lisowski (Kisangani, République Démocratique du Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 24, no. 2, pp. 322-331, 2016.
- [11] T.B. Mambo, J.U. Thumitho, E.L. Tambwe, C.M. Danadu, J.A. Asimonyio, A.B. Kankonda, J.A. Ulyel, C.M. Falanga, K.N. Ngbolua. Etude qualitative du régime alimentaire de *Hippopotamys psittacus* (Boulenger, 1897: Osteiglossiformes, Mormyridae) du fleuve Congo à Kisangani (RD Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 21, no. 2, pp. 321-329, 2016.
- [12] F.M. Masudi, A. Dudu, G. Katuala, J.A. Asimonyio, P.K. Museu, B.Z. Gbolo, K.N. Ngbolua, 2016. Biodiversité des rongeurs et Soricomorphes de champs de cultures mixtes de la région de Kisangani, République Démocratique du Congo. International Journal of Innovation and Applied Studies Vol. 14, no. 2, pp. 327-339, 2016.
- [13] F.N. Mulwele, K.N. Ngbolua, B.Y. Da Musa Masens, P.T. Mpiana. Etudes ethnobotanique et écologique des plantes utilisées dans le traitement de la stérilité à Kenge et ses environs (Province du Kwango, République Démocratique du Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 26, no. 2, pp. 600-611, 2016.
- [14] K.N. Ngbolua, J.A. Asimonyio, N. Ndrodza, B. Mambo, P. Bugenthoo, Y. Isangi, J.K. Mukirania, L. Ratsina, N.K. Ngombe, P.T. Mpiana. Valeur nutritive et teneur en acide cyanhydrique de huit espèces végétales consommées par *Okapia johnstoni* (Mammalia: Giraffidae) en République Démocratique du Congo. International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 23, no. 2, pp. 419-427, 2016.

- [15] K.N. Ngbolua, B.G. Badjedjea, B.J. Akuboy, M.F. Masudi, J.A. Asimonyio, G.N. Bongo, A.D. Siasia. Contribution to the Knowledge of Amphibians of Kponyo village (DR Congo). *J. of Advanced Botany and Zoology*, V4I1 DOI: 10.15297/JABZ.V4I1.04, 2016.
- [16] J.P.K. Shaumba, J. Lejoly, H.S.M. Nshimba, J. Omatoko, M.B. Ndjele, K.N. Ngbolua. Structure, diversité, richesse et similarité floristique des peuplements d'arbres en forêt dense de UMA (Province de la Tshopo, République Démocratique du Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research* Vol. 26, no. 2, pp. 568-599, 2016.
- [17] J. Grinnell. The niche-relationship of the Californian thrasher. *Auk* Vol. 34, pp. 427-433, 1917
- [18] P. Triplet. Dictionnaire encyclopédique de la diversité biologique et de la conservation de la nature, 2016
- [19] G.E. Hutchinson. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol.* Vol. 22, pp. 415-427, 1957.
- [20] S.P. Hubbell. The unified neutral theory of biodiversity and biogeography. Princeton, Princeton University Press, 2001.
- [21] S.P. Hubbell. Neutral theory in community ecology and the hypothesis of functional equivalence. *Functional Ecology* Vol. 19, pp. 166-172, 2005.
- [22] S.P. Hubbell. Neutral theory and the evolution of ecological equivalence. *Ecology* Vol. 87, pp. 1387-1398, 2006.
- [23] R. Condit, P.S. Ashton, P. Baker, S. Bunyavejchewin, S. Gunatilleke, N. Gunatilleke, S.P. Hubbell, R.B. Foster, A. Itoh, J.V. La Frankie, H.S. Lee, E. Losos, N. Manokaran, R. Sukumar, T. Yamakura. Spatial patterns in the distribution of tropical tree species. *Science* Vol. 288, pp. 1414-1418, 2000.
- [24] S. M. Nshimba. Etude floristique, écologique et phytosociologique des forêts de l'île Mbiye à Kisangani. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences, Université de Kisangani (République démocratique du Congo), 2008.
- [25] F. White. The Guineo-Congolian region and its relationship to other phytochoria. *Bull.Jard. Bot. Nat. Belg.* Vol. 49, pp. 11-55, 1979.
- [26] L. J. T. White. Vegetation history and logging disturbance: effects on rain forest mammals in the Lopé Reserve, Gabon. Ph.D Thesis, University of Edinburgh, pp. 250, 1992.
- [27] P. Legendre, L. Legendre. *Numerical Ecology*. Amsterdam: Elsevier Science, pp. 853. 1998.
- [28] M. Dufrêne. IndVal or how to identify indicator species of a sample typology? *UCL/BIOL/ECOL – MRW/DGRNE/OFFN*, pp. 11. 2001.
- [29] G. Cottam, J.T. Curtis. The use of distance measurements in phytosociological sampling. *Ecology*. Vol. 37, pp. 451-460. 1956.
- [30] B. Boyemba. Ecologie de *Pericopsiselata* (Harms) van Meeuwen (Fabaceae), arbre de forêt tropicale africaine à répartition agrégée. Thèse de doctorat inédite, Université Libre de Bruxelles (Belgique), 2011.
- [31] C. Amani. Vegetation patterns and role of edaphic heterogeneity on plant communities in semi-deciduous forests from the Congo Basin. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles (Belgique), 2011.
- [32] S.A. Hall SA, I.C. Burke, D.O. Box, M.R. Kaufmann, J.M. Stoker. Estimating stand structure using discrete-return lidar: an example from low density, fire prone ponderosa pine forests. *Forest Ecology and Management*, 2005.
- [33] D. Sabatier, M.F. Prévost. Quelques données sur la composition floristique et la diversité des peuplements forestiers de Guyane Française. *Bois et forêts des tropiques*. Vol. 219, pp. 31-55, 1990.
- [34] M.L. Ngongo, E. Van Ranst, G. Baert, E.L. Kasongo, A. Verdoodt, B.B. Mujinya, J. Mulalay. Guide des sols en R.D. Congo. Tome I : Etude et Gestion. Imprimerie Salama-Don Bosco, Lubumbashi, 2009.
- [35] S.M. Nshimba, M.B. Ndjele, J. Lejoly. Étude de la répartition spatiale des espèces dominantes dans la forêt marécageuse de l'île Mbiye à Kisangani, R.D. Congo. Résumé AETFAT Yaoundé, 2005.
- [36] B. Kouob. Organisation végétale de la diversité dans les forêts matures de terre ferme du sud-est Cameroun. Thèse de doctorat, Ecole facultaire du bio-ingénieur, Université Libre de Bruxelles (Belgique), 2003.
- [37] S.P. Hubbell. Neutral theory and the evolution of ecological equivalence. *Ecology* Vol. 87, pp. 1387-1398, 2006.
- [38] B. Sonké. Etudes floristiques et structurales des forêts de la Réserve de Faune du Dja (Cameroun). Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles (Belgique), 1998.
- [39] A. Aubreville. Position chorologique du Gabon. *In: Flore du Gabon*, no. 3, Muséum National d'Histoires Naturelles de Paris, 1962.
- [40] G.E. Hutchinson. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol.* Vol. 22, pp. 415-427, 1957.
- [41] H. Tuomisto, K. Ruokoleinen, M. Yli-Halla. Dispersal, environment, and floristic variation of western Amazonian forests. *Science* Vol. 299 pp. 241-244. 1957, 2003.
- [42] V. Trichon. Hétérogénéité d'une forêt tropicale humide de Sumatra: effet de la topographie sur la structure floristique. *Laboratoire d'écologie terrestre. Ann Sci For* Vol. 54, pp. 431-446, 1997.
- [43] V.A. Wambeke, C. Evrard. Carte des Sols et de la Végétation du Congo Belge et du Ruanda-Urundi, 6: Yangambi, planchette 1: Weko. Notice explicative. INEAC, Bruxelles. 1954.
- [44] D.B. Clark, D.A. Clark, J. M. Read. Edaphic variation and the mesoscale distribution of tree species in a neotropical rain forest. *Journal of Ecology* Vol. 86, pp. 101-112, 1998.

- [45] I. Parmentier. Etude de la végétation des inselbergs de la forêt dense d'Afrique centrale atlantique. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, Laboratoire de Botanique systématique et de Phytosociologie, 2003.
- [46] S. A. Hall, I. C. Burke, D. O. Box, M. R. Kaufmann, J. M. Stoker. Estimating stand structure using discrete-return lidar: an example from low density, fire prone ponderosa pine forests. *Forest Ecology and Management*, 2005.
- [47] M.D. Swaine, T.C. Withmore. On the definition of ecological species group in tropical rain forests. *Vegetation* Vol. 75, pp. 81-86, 1988.
- [48] P. Högberg. Root symbioses of trees in African dry tropical forests. *Journal of Vegetation Science* Vol. 3, pp. 393-400, 1992.
- [49] G. Bell, J.M. Lechowicz. Waterway. The comparative evidence relating to functional and neutral interpretations of biological communities. *Ecology*. Vol. 87, pp. 1378-1386, 2006.
- [50] Flore du Congo-Belge et du Ruanda-Urundi, 1952.
- [51] H. terSteege, D. Sabatier, H. Castellanos, T. van Andel, J. Duivenvoorden, A. A. Oliveira, R. de Ek, R. Lilwah, P. Maas, S. A. Mori. An analysis of the floristic composition and diversity of Amazonian forests including those of the Guiana Shield. *Journal of Tropical Ecology* Vol. 16, pp. 801-828, 2000.
- [52] K. E. Harms, S. J. Wright, O. Calderon. Pervasive density dependent recruitment enhances seedling diversity in a tropical forest. *Nature* Vol. 404, pp. 493-95, 2000.
- [53] G. Bell. Neutral macroecology. *Science* Vol. 293, pp. 2413-2418, 2000.
- [54] G. Bell, M. J. Lechowicz, M. J. Waterway. The comparative evidence relating to functional and neutral interpretations of biological communities. *Ecology* Vol. 87, pp. 1378-1386, 2006.
- [55] J. Maley. A catastrophic destruction of African forests about 2,500 years ago still exerts a major influence on present vegetation formations. *IDS Bulletin* Vol. 33, pp. 13-30, 2002.

Ancient Azerbaijan's Bronze bracelets - the cash equivalent of the Bronze Age

Soltanova Nazila Baghir

Doctor of philosophy,
Associate Professor of the Institute of physics of ANAS, Azerbaijan

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This article deals with issues on the weight and monetary system of the Bronze Age and the Iron Age in Azerbaijan. The basic weight unit of that time called as the "Caucasian shekel" had its parallel functioning in the form of payment equivalents. The Bronze bracelets merged on the basis of that system. They functioned as money and at the same time as the weight standard. The article presents a new version of the system with respect to the weight of that time.

KEYWORDS: sickle, bronze, bracelets, numismatics, the weight and the monetary system.

Creations of past generations allow today to speak about the achievements of modern science. The famous French archaeologist Jacques Jean-Marie de Morgan (1857-1927) writes: "It is necessary to know the secret of reading of the ancient creations in order to understand correctly the meaning and significance of the ancient creations and to judge about the life of their creators [3, p.6].

Archaeological findings of scientists lead us to the extreme antiquity. A great number of products performing the function of money is known before the advent of coined money. The ingots of precious metals (copper, bronze, silver, gold) were the last products meeting the requirements of universal equivalent. Metals are more suitable material regarding their physical properties for playing the role of a universal equivalent with their all characteristic features. Depending on the geographic region, each nation had its own equivalent. Then more universal functionary—coined money appeared.

The transformation of primitive barter into the public process with the criteria of comparing the value of the products in the territory of Azerbaijan started around the centuries XIII -XI BC and accelerated nearly in the VIII - VII centuries BC They had all conditions – geographic, sources of various raw materials, water and land opportunities, the population density for this purpose. [1, p.172]

In 1890 the French archaeologist Jacques de Morgan conducted archaeological excavations in the south - eastern region of Azerbaijan and discovered ancient burial places with rich decoration. There were enough bronze bracelets among the findings. Morgan noted that "the ingots in the form of bracelets presented a special kind of banknote of certain weight in the era of railway industry." [3, p. 275]

The archaeological findings in the excavations on the territory of Azerbaijan allow to speak about the cash equivalent of the Bronze and Iron Ages - bronze bracelets functioning on this territory. More than 70 similar bracelets were found on the skeleton found in the burials in Mingchevir.

The main unit weight of bronze bracelets per Morgan was 8.2 grams which was called "Caucasian shekel." [1, p. 152]

The Assyrian - Babylonian shekel (the shekel) is equal to 10-11 grams. Shekel (shekel) is a Hebrew word (II thousand. BC. E.), which translation means to weigh. Jewish shekel is about 9-17 grams. Shekel in the average weight equal to 8 grams, was a quite popular financial equivalent of the international trade of the XIX century. BC. [5, p. 22], [7, page 12]

Bracelets in question were made by certain weight standard. After the analysis of the bracelets from the archaeological fund MIA the well-known numismatist Ali Rajabli considers that the initial weight norm for these bracelets is 10 gr. He identified four groups disposed in the quarterly order - 1, 2, 4, 8 - with an average weight, respectively: 10, 20, 40, 80 c. [7.

12]. Indeed, an amazing weight system is obtained in which bronze bracelets acting as means of payment and weight units merged in the antiquity.

At the beginning, the metal presented itself extremely valuable material, it was protected with great care. The last periods of polishing stone of various nations are concern to the nascent metallurgy. Use of copper is followed by obtaining bronze.

Bronze is an alloy of copper and tin. The ancient world was rich in copper and tin was not so much. The alloy has more hardness than the red copper-soft, lightweight metal. However, copper can receive the hardness not only through alloy with tin. Increase of small doses of arsenic, antimony or zinc also changes the molecular composition of copper.

Already in ancient times the people tried to produce alloys. An alloy giving necessary qualities to copper for weapons, tools should contain tin in the ratio of 10 to 100. The change of the given ration gives the brittle alloy. Because primitive metallurgists of these times did not possess modern scientific methods and could act only groping, the consecutive samples with tin content in the bronze tools and things are very different. While calculating the density of the bronze bracelets studied by us we were faced with these inaccuracies. Nevertheless, the desired tin content in the alloy for the ancient times ranged from 10 to 18%.

Even the first metallurgists found deposits of copper and tin in the virgin form; they seem to be in the form of oxidized ores and it was enough to melt them on the restorative charcoal fire in order to extract the metal. Tin was extracted by washing the sand. [2, p. 10]

The question arises whether the bronze was prepared by combining certain proportion of its two constituent elements in metal form, or ores were mixed before smelting? The latter assumption is more suited to the real facts, which can be explained by the difference of tin content in the alloy.

Thanks to intensive improvement of bronze technology and specialization of ancient Azerbaijan tribal and communities in ore mining and metal working, the development of productive forces was accelerated, foreign relations and trade barter borders were significantly expanded. Trading began which required universal equivalent.

There was their own copper in the Caucasus which was also exported and tin was mainly imported.

Bronze bracelets, rings of different sizes and weights encountered in burials at the end of the II- at the beginning of the I millennium BC can be considered the first metal money in Azerbaijan.

Besides these bracelets in question, no other items made referring to some weight standard or weight system are known yet. Therefore, we can't classify a given weight rate to any weight system. But the weight norm of the bronze bracelets is 8-11 oz., it is nearly identical to the youngest unit of the Assyrian - Babylonian weighing system - shekels (shekel), which was applied in the territory of Azerbaijan without the influence of the developing commodity - money relations and trade ties with the highly developed civilizations of the Near East

Numerous findings of gold and silver articles belonging to the late Bronze Age and the beginning of Iron Age (XII - IX centuries BC) found during archaeological excavations in the territory of Azerbaijan allow to state that gold and silver were well known in ancient Azerbaijan as noble metals. It shall be noted that the share of shekel was considered mainly for payments in precious metals, gold and silver which were international means of payment of that time. [6, p. 46]

Our weighing of bronze bracelets kept in the State Museum of History of Nakhchivan and found during excavations Kizilburun, Garabaghar and Julfa (Nakhchivan AR) and bracelets found in Tovuz showed nearly above the marked unit – 8-10 grams.

Such question arises: why weight unit is exactly 8 - 10 grams?

Exploring these bronze bracelets we had an interesting version concerning the weighing system (weighing units) by which similar bracelets were made (merged). The main unit weight of bronze bracelets, 8.2 g is the "Caucasian shekel," known as a weight unit of its time, it coincides with the density of bronze in digital form. The density of tin bronze is $\rho = 8,6 - 9,3 \text{ g / cm}^3$ (90% Cu, 10% Sn) and of phosphor bronze is $\rho = 8,7 - 8,9 \text{ g / cm}^3$ (92.5% Cu, 7% Sn, 0.5% P). In all likelihood, the metallurgists of that time possessed the information on the density of bronze in some primitive form and the principal weight unit of the trading system of that time - shekel was determined on the basis of this value.

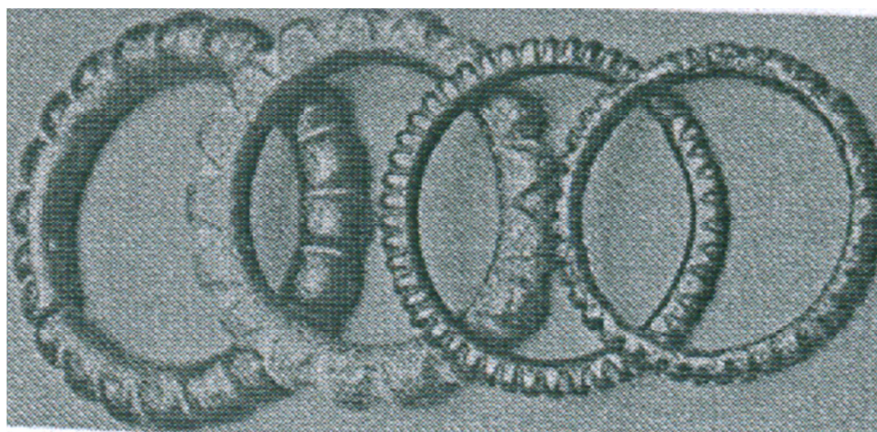


Fig 1. Bronze bracelets belonging to the beginning of the Iron Age. They were found in the archaeological excavations in Garabaghar (Nakhchivan AR).



Fig. 2. Bronze bracelets found in Tovuz [4, p. 9]

Nakhchivan					Tovuz				
M (g)	360	270	90	80	39	61	19	66	56
M (g)	10							8	

	Nakhchivan				Tovuz				
m (g)	360	270	90	80	66	61	56	39	19
ρ (g/m ³)	6	7.7	10	10	8.2	8.7	8	5.5	4
m (schekel)	45	33	11	10	8	7.5	7	4.7	2.3

REFERENCES

- [1] Бабаев И.А. Города Кавказской Албании в IV в. до н. э. – III в. н.э. Baku, Elm, 1990. p. 236.
- [2] Древний Восток и античная цивилизация. St. Petersburg, State Hermitage, 1988, p. 136.
- [3] Жак де Морган. Доисторическое человечество. Moscow- Saint Petersburg, State publishing house, 1926, p. 315.
- [4] Qacar Ç.O. Mizandarlıq. Baku, East-West, 2010, p. 136.
- [5] Марков А.К. Древняя нумизматика. Part I. St. Petersburg, A.P.Lopukhin's publishing house, 1901, p. 222.
- [6] Пахомов Е.А. Клады Азербайджана и других республик и краев Кавказа. Baku, AzFAN publishing house, 1938, p. 101.
- [7] Раджабли А. Нумизматика Азербайджана. Baku, Elm ve hayat, 1997, p. 232.

La rupture épistémologique de Bachelard: Une déconstruction sans Jacques Derrida

[The bachelardian epistemologic rupture: A deconstruction without Jacques Derrida]

Jean-Marie CIKULI CIZUNGU, Jean-Pierre BOKANGA, Gyavira MUSHIZI, and Dieudonné UKUMU

Université de Kisangani (UNIKIS), RD Congo

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: According to Gaston Bachelard, the scientific character is constantly a consequence of a reform of the reason and the reality. Indeed, the imagination is necessary in this permanent confrontation of the experience with the reasoning. It is in the worry to make spring the new that is progressively separated truths that don't firmly hold. The déconstruction helps us to explain better this dialectics because, in this process, one doesn't stop to a simple opposition of facts; when déconstructing, one decides better while separating what invites less. The new openings whose science becomes tributary in terms of mutation, explanation and revolution constitute values then thanks to the 'logos', to the specific 'allocutoire' power of the science.

KEYWORDS: Epistemologic rupture, deconstruction, scientific dialectics, difference, mobilism, critical theory, imaginary, knowledge.

RESUME: La scientificité selon Gaston Bachelard est conséquence d'une réforme sans cesse de la raison et de la réalité. En effet, il faut de l'imagination dans cette confrontation permanente de l'expérience avec le raisonnement. C'est dans le souci de faire jaillir du nouveau que sont écartées au fur et à mesure les vérités qui ne tiennent pas solidement. La déconstruction nous aide à mieux expliquer cette dialectique parce que, dans ce processus, on ne s'arrête pas à une simple opposition des faits; en déconstruisant, on tranche mieux en écartant ce qui convient moins. Les ouvertures nouvelles dont la science devient tributaire en termes de mutation, d'explication et de révolution constituent alors des valeurs grâce au 'logos', au pouvoir allocutoire spécifique de la science.

MOTS-CLEFS: Coupure épistémologique, déconstruction, dialectique scientifique, différence, mobilisme, théorie critique, l'imaginaire, connaissance scientifique.

1 INTRODUCTION

La présente réflexion présente une nouveauté, celle de mettre en relation la rupture épistémologique de Gaston Bachelard avec la déconstruction de Jacques Derrida. En effet, Derrida dont la casquette n'était pas connue du grand public, a plus ou moins acquis une large compréhension à travers cette vaste application dont la déconstruction est sujette aujourd'hui.

Tout est parti du sens que Derrida donne lui-même à la déconstruction à travers son application à la langue dans une critique face au culte du structuralisme opposant signifiant et signifié, écriture et parole, etc.

Pour comprendre l'œuvre de Derrida, l'on se doit de situer d'abord cet auteur dans ses origines littéraires, notamment dans ses rapports avec H. G. Gadamer dont tous deux partagent la tradition ontologique heideggérienne avant de s'en démarquer pour chercher une intelligibilité derrière les signes, du moins pour Derrida. Ce qui nous amène à ouvrir la page à

cette autre considération d'auteurs qui ont trouvé en cette figure quelqu'un qui aurait influencé la théorie critique littéraire. Face à cette dissidence dont fait montre l'œuvre de Derrida, il mériterait un positionnement récurrent de postmoderne dont les influences sont également immenses pour permettre de penser et de redynamiser sans cesse la connaissance scientifique en vue d'une ouverture toujours nouvelle, écartant les données qui ne tiennent pas solidement. C'est alors qu'une déconstruction permettrait de mieux asseoir la rupture épistémologique bachelardienne.

2 QUELQUES INDICATIONS SUR LA THÉORIE DERRIDIENNE DE LA DÉCONSTRUCTION

La théorie derridienne devenue d'une vaste application aujourd'hui, devrait s'entendre en dehors du contexte qui lui a été donné par son auteur lui-même, à savoir Jacques Derrida. Car, si Derrida est poststructuraliste, par la déconstruction il se classe effectivement parmi les anti-structuralistes [1]. Et c'est là que se situe la genèse des choses.

Mal percevoir la déconstruction, est-ce normal? Du temps qu'on ne connaît pas Derrida, c'est aussi possible qu'on perde de vue sur l'image de sa philosophie. Charles Ramond pense que cela est dû au fait que l'ampleur même de son œuvre constituerait la raison de sa méconnaissance du public lettré [2].

Nous référant à l'un des entretiens de Jacques Derrida lui-même, « Il faut entendre ce terme de "déconstruction" non pas au sens de dissoudre ou de détruire, mais d'analyser les structures sédimentées qui forment l'élément discursif, la discursivité philosophique dans lequel nous pensons. Cela passe par la langue, par la culture occidentale, par l'ensemble de ce qui définit notre appartenance à cette histoire de la philosophie [...]. La déconstruction est encore une sorte de critique formulée face à l'autorité manifeste du structuralisme et une démarcation face à ce dernier » [3].

La déconstruction portant non seulement sur les textes, les mots, mais aussi sur la pensée, il importe Selon Derrida, de bien définir les concepts qui composent une pensée. Dans le structuralisme, en effet, le rapport entre un mot et son sens est d'une ultime considération et l'on ne peut s'en dérober à travers le rapport signifiant-signifié consistant à soumettre le signe à la pensée sans sortir du système de sens : « J. Derrida, ce grand critique des structuralistes semble s'intéresser (...), plutôt au signifiant qu'au signifié, au ton qu'au contenu, ou encore, à l'écriture qu'à la parole »¹ [4].

Il se propose de revoir le schéma, affirmant le jeu infini des signes, sans vérité, qui renoncent dès lors à l'idée d'un déchiffrement ultime [5]. Il en résulte que les sens des signes demeurent différés à jamais, par le jeu de ce que Derrida appelle la 'différance', où il faut entendre à la fois la différence entre les signes et les sens et le report infini de son accomplissement, car on ne sortirait jamais finalement de l'empire des signes.

S'agissant de la 'différance', on trouve en ce concept le verbe 'différer' qui selon Derrida désigne le mouvement "producteur" des différences ; un "processus" par lequel les concepts diffèrent entre eux, « (...) à la fois dans l'espace et dans le temps » [6].

3 DIFFÉRENCE OU MOBILISME DANS LA CONNAISSANCE SCIENTIFIQUE?

Gaston Bachelard qui préconisait un mobilisme à travers la démarche de la connaissance, pense que la vérité scientifique, loin d'être figée, elle n'est jamais statique comme l'est le réel. C'est dans ce sens que l'esprit scientifique ou mieux la culture scientifique exige un effort constant capable de redynamiser le mode du savoir. Le scientifique doit prendre conscience de nouveaux caractères de la science à travers un effort continu de représentation. Il s'agit d'un besoin de rationalisation permanente dont doit faire montre tout chercheur à travers son expérience sous l'image de « projet » [7].

Le texte pourrait alors correspondre à une expérience ou à une vérité ou bien même à une théorie scientifique, dans le *nouvel esprit scientifique* de Bachelard. Car la différence qui dynamise un texte en instaurant une tension constante par la fiction, elle constitue ainsi une quête d'autre chose, un devenir, une lutte contre les significations figées ou transcendantales qui, du reste n'existent pas. On comprendra alors comment on peut partir d'une expérience vers une nouvelle expérience devenue une nouvelle théorie. C'est alors qu'un concept (ou signifiant) peut renvoyer à une chaîne infinie de signifiants qui

¹ Il est bien perçu que Derrida s'intéresse plutôt à l'écriture qu'à la parole. Ceci rentre encore dans la polémique avec le structuralisme qui pensait que la parole passe avant toute chose pendant que pour Derrida, au commencement était l'écriture [Lire J.DERRIDA cité par D. SAINT-JACQUES, « Jacques Derrida, La Voix et le phénomène, Paris, P.U.F., Collection « Épiméthée », 1967; L'Écriture et la différence, Paris, Seuil, Collection « Tel Quel », 1967; De la grammatologie, Éditions de Minuit, Collection « Critique », 1967 dans ÉL, vol. 1, n° 3, 1968, p.452 ; on peut aussi lire dans CL. LEVESQUE « Jacques Derrida : L'écriture (de) la Copule » dans EL, vol. 9, n° 2, 1976, pp. 305-316]

se traduit par un jeu sans fin dans le sens d'ouverture de la science, la rendant mouvante. Dans ce sens on affirmerait que la science s'interprète, et donner ainsi une place à ces deux figures très importantes dans la théorie de l'interprétation.

3.1 LA DÉCONSTRUCTION ENTRE DERRIDA ET GADAMER

En parlant de l'interprétation ou de la compréhension des textes, nous ne pouvons pas ne pas envisager quelque peu le rapport entre Derrida et Hans Georg Gadamer.

Pourquoi envisager le rapport entre ces deux personnes qui pourtant n'ont pas orienté leurs réflexions dans le même sens ? Les deux sont partis d'un même fond, même si chacun a par la suite choisi une orientation tout à fait personnelle : il s'agit du programme « herméneutique » de Heidegger dans *Etre et temps* ; Derrida reprend tout spécialement l'idée Heideggérienne selon laquelle la pensée occidentale, ou « métaphysique », entendons celle qui, de Platon à Hegel, aspirait à une explication totalisante de l'être), serait régie par une détermination de l'être comme présence »[8].

La pertinence de la confrontation entre Derrida et Gadamer est fondée sur la différence des conflits d'interprétation qui opposent le plus souvent les herméneutiques de la confiance et du soupçon, entendez parlant Gadamer et Derrida[8].

Pour Gadamer, qui est Heideggérien, « l'être peut être compris comme langage »[9]. C'est de cette compréhension de l'être que résulte l'idée de domination, la domination du langage.

Derrida se servira de cette compréhension pour y appliquer une double orientation : l'intelligence des signes et la conception du sens et de la vérité. Etant plus structuraliste, Derrida trouve la notion du sens dans le rapport « signifiant – signifié ». Mais loin d'être prisonnier de ce rapport, Derrida, en réaction au projet destructeur de Heidegger, il vise une intelligibilité et un déchiffrement qui cherche un sens ultime derrière les signes.

Une intelligibilité est toujours dressée sur une obscurité qui s'élève. Et cette obscurité est relative à la violence sur l'altérité à travers le langage, parce que parler et s'adapter aux jeux de langage qui nous sont imposés, deviennent pratiquement une même chose. Du langage nous pouvons aller plus loin : le cas de la culture qui nous est inculquée, il en va de même de toutes les compréhensions culturelles : culture scientifique, religieuse, artistique. Nous trouvons également en chaque culture des interdits, des normes auxquelles on est sensé obéir. D'où une domination, une terreur dans l'esprit de l'homme par rapport à l'autre au sein de la société.

Déconstruire en viendrait-on alors à une action contre cette violence de l'autre à travers la langue et la culture dans son extension. C'est dans ce cadre que la déconstruction présente son hostilité vis-à-vis de l'herméneutique entendue comme art de l'interprétation, de compréhension déjà même dans sa définition classique.

Toute entreprise de déconstruction deviendrait, pour Derrida une tentative d'éradication du principe herméneutique. On tenterait alors une difficile conciliation entre déconstruction et herméneutique. D'où le besoin de la rencontre ou du dialogue Derrida - Gadamer à l'Institut Goethe de Paris en Avril 1981, lequel dialogue était interrompu par la mort brutale de Derrida le 9 octobre 2004. Malgré ce conflit, nous devons davantage mettre à cœur le rapprochement de Derrida et Gadamer pour permettre de poursuivre le dialogue entre les « deux infinis », envisage Jean Grondin² par le fait que pour Gadamer en fait, « c'est l'être que le langage porte à la parole » et Derrida n'hésite pas à reconnaître également que « l'être est l'effet de la différance »[10] qui ne peut jamais faire l'objet d'une compréhension totalisante suite à la limite de toute interprétation du sens que reconnaissent à la fois Heidegger et Derrida. Il convient alors, propose Derrida, que l'herméneutique de Gadamer s'ouvre à l'autre (qui est Derrida).

3.2 LA DÉCONSTRUCTION DANS LA THÉORIE CRITIQUE MODERNE

Derrida constitue un visage atypique qui a pu influencer des réflexions sur un cadre devenu vaste qu'on ne saurait estimer à nos jours. En dehors de la philosophie, la déconstruction est appliquée aussi à la littérature, à la politique, à la théorie critique, pour ne citer que ces domaines-là.

² Les « deux infinis » représentent effectivement le fait que Gadamer et Derrida soient déjà morts ; ils poursuivent leur dialogue dans l'au-delà, aidés par les héritiers de leurs doctrines aussi. Il faudrait ainsi penser aux deux lignées doctrinales (Gadamer et Derrida) qui sont infinies. C'est bien elles qui, désormais, se sont approprié la pensée de Derrida d'une part et celle de Gadamer d'autre part. [J. GRONDIN, *Op. Cit.*, p.108.]

En effet, en parcourant l'œuvre du personnage de Derrida, une confusion plane autour de son identité, qui ne laisse pas dévoiler sa casquette gratuitement. A peine ses réflexions eurent-elles suscité de l'intérêt, très vite l'on s'interrogeait sur sa vraie identité. Il est atypique³, pensaient certains de ses contemporains : Alors que pour les autres, probablement influencés par le fait que Derrida enseignait au Département de Littérature à l'Université de Yale, ils n'ont vu dans son travail qu'une affaire de critique littéraire, d'autres trouvent en lui, soit un nietzschéen, soit un hégélien, soit encore un heideggérien dissident. De cette dissidence avec les ténors de la philosophie moderne et contemporaine, Derrida s'est inscrit dans un quasi-courant de pensée baptisé la postmodernité.

Etant d'une référence éclairante à plus d'un titre, une telle approche du travail de Derrida en occulte, à notre avis, le statut et des enjeux essentiels.

A cet effet, le travail de déconstruction, dont l'envergure nous semble, encore une fois, immense et insuffisamment pensé jusqu'ici, a été interprété par bon nombre de chercheurs comme une remise en question des acquis de la modernité, ne serait-ce que du point de vue philosophique, révèle Jürgen Habermas.

S'il faut réfléchir comme l'ont compris certains auteurs, c'est-à-dire tenir la déconstruction comme une théorie critique, on pourrait la considérer comme un niveau d'abstraction pouvant caractériser les débats afin de permettre une compréhension d'un certain nombre de choses. Et l'évaluation critique que l'on pourrait alors faire ne peut porter que sur des arguments de dialogue. Pouvons-nous, dans ce cas parler alors d'une philosophie irrationnelle ou opportuniste ? Il conviendrait de garder à l'esprit le fait que la déconstruction ainsi entendue ne devient qu'une approche théorique qui met en mal les prédispositions ou préjugés ainsi que les idées ou idéologies qui sont enracinées dans la conscience du temps. Ce qui pousse à postuler la rupture avec l'esprit sclérosé, la rupture avec les généralités qui obscurcissent le dialogue. A cet effet Derrida requiert la détermination de pratiquer et de mener une réflexion guidée par un certain idéal qui peut être fonction de l'argumentation. Une vigilance de l'esprit est donc requise dans toute activité de cette envergure, et dans le cas d'espèce, la rupture épistémologique de Bachelard ainsi que la déconstruction pour Derrida.

4 LA RUPTURE ÉPISTÉMOLOGIQUE ET LA DÉCONSTRUCTION

Dans cette réflexion, nous avons tenté un certain rapprochement entre « rupture épistémologique » et « déconstruction », deux nouvelles approches qui ont fait leur percée dans l'habitus des sciences en ces derniers siècles.

Parler de la rupture épistémologique, c'est évoquer en quelque sorte le *nouvel esprit scientifique* dont Bachelard fixe le commencement en 1905 avec la relativité einsteinienne [11] qui mettait en cause l'absolu dans la perception du mouvement. Mais en plus, le *nouvel esprit scientifique* désigne, au niveau de la pratique des sciences, le propre de l'esprit qui enveloppe sans fin des mutations faisant de cet esprit et pour toujours un *nouvel esprit*. Ainsi dira-t-on, la scientificité devient comme conséquence d'une réforme incessante de l'esprit [12] suggérant que plus on peut prévoir a priori, plus on peut modifier les phénomènes grâce à l'événement de la raison entendue comme facteur fécondant.

Nous intéressant à l'introduction de ce livre, c'est-à-dire le *Nouvel esprit scientifique*, Bachelard indique deux éléments qui demeurent associés dans l'esprit scientifique moderne, mais aussi de tous les temps, à savoir : la raison et la réalité objective. Il va de soi que pour faire la science on a besoin de l'un comme de l'autre et pas l'un sans l'autre. Parler alors de la réalité, c'est désigner la matière, un matérialisme abstraction, une localisation de la matière dans un espace précis. L'on constate que cette notion de l'abstraction présente le mérite d'avoir inspiré l'imagination des formes spatiales (comme l'hypergéométrie de l'espace-temps, par exemple). Bachelard nommera par ailleurs une telle abstraction, une dématérialisation du matériel. Et les sciences connaissent, dans leur progrès, une confrontation de cette double dimension, à la fois subjective (la curiosité, le désir de connaître, etc.) et objective (par exemple le cas des nouveaux objets de connaissance, les nouveaux problèmes ou questions soulevés, autrement dit « les événements jalonnant la vie et que nous cherchons à comprendre ») [13], dimensions rationaliste et réaliste. C'est dans leur confrontation permanente que jaillit une nouvelle façon de faire la science.

Cette dimension a été évoquée par Derrida en parlant du concept de la science et de la scientificité de la science. La question soulevée ici est de savoir ce qui fait qu'une science le soit vraiment. Et Derrida y répond en disant que c'est le

³ Il faut voir sur la personne de Derrida que certaines significations ont été révélées grâce à ses réflexions pendant qu'il ne les avait pas prévues. Cela rencontrerait plus ou moins l'heuristique de la déconstruction, parce qu'il s'agit d'un mot valise.

logos, le système allocutoire dont malheureusement la science a toujours méconnu le pouvoir dans tout son projet [14]. Il faut dire que la science est allée au-delà de ce patrimoine de l'écriture, et Derrida le reconnaît, mais il comprend cela comme une inadéquation qui prend en charge ou explique les nouveautés qui sont tributaires de la science, et c'est en termes de mutation, d'explicitation, d'accumulation ou de révolution qui deviennent comme des valeurs à l'intérieur d'une époque à partir d'un logos spécifique de la science [15].

En effet, justifiant le nouvel esprit scientifique, l'on remarque que lorsqu'une connaissance est acquise, elle constitue un dépassement par rapport à la connaissance antérieure qui, dans son effort, permet l'élaboration des concepts pour permettre l'accès au monde (c'est l'écriture, le langage). Les concepts élaborés ainsi que les nouveaux objets ou problèmes de connaissance présentent à leur tour le risque de non-évolution, car utilisés pour représenter provisoirement et non définitivement un état du problème. Cet état nommé d'immobilisme par Bachelard lui-même, constitue un obstacle à la connaissance avec lequel il faut une rupture épistémologique [16] et la somme d'obstacles à la connaissance constituent l'esprit non-scientifique.

Pour éviter ces obstacles, une attention particulière par rapport à l'objet d'étude, et aux résultats visés vaut la peine d'être entretenue. Car la science n'a besoin que de cette rigueur pour se constituer. Cette attention peut être comparée à celle de cet étudiant dont parle Bachelard, que nous citerons dans les lignes qui suivent, qui concentre toute sa volonté sur son objet d'étude. Il faut de l'imagination, c'est-à-dire une preuve scientifique qui s'affirme dans l'expérience aussi bien dans le raisonnement, à la fois dans un contact avec la réalité et dans une référence à la raison : « Seul, la nuit, avec un livre éclairé par une chandelle — livre et chandelle, double îlot de lumière, contre les doubles ténèbres de l'esprit et de la nuit. J'étudie ! Je ne suis que le sujet du verbe étudier. Penser je n'ose. Avant de penser, il faut étudier. Seuls les philosophes pensent avant d'étudier »[17].

La connaissance demeure certes, une préoccupation de tous les temps et dans ce cadre, la question de la vérité scientifique devient par ailleurs dominante grâce à cette activité qui sacralise d'orès et déjà la raison, ou disons-nous, la « mémoire rationnelle » au détriment de la « mémoire empirique » qui inaugure une démarche novatrice dans la recherche de la vérité dans toutes les sciences contemporaines. La mémoire rationnelle ne donne pas lieu de découvrir des vérités, mais plutôt de fonder une nouvelle possibilité de la vérité, c'est-à-dire assurer rationnellement la légitimité et la rationalité de la vérité.

Dans la philosophie de Derrida, on constate que les enjeux de la différance, de la trace soulèvent en même temps les enjeux de la connaissance scientifique. L'auteur emploie ces deux notions pour suggérer une nouvelle manière de comprendre le rapport des choses, faisant ainsi de la déconstruction le dévoilement d'un dynamisme entre les binômes. Il faut indiquer que par rapport à Derrida qui constate une trace entre deux binômes, ceci n'est pas le cas pour Bachelard qui pense que « l'esprit scientifique ne se constitue qu'en détruisant l'esprit non-scientifique »[18]. Pour cela l'expérience nouvelle dit *non* à l'expérience ancienne. Cette démarche, peut-on observer, fait que la déconstruction comme la rupture épistémologique, aient en commun leurs approches, pour la déconstruction nous avons le mouvement de différence, tandis que la rupture épistémologique constitue en soi un mouvement dialectique[19]. La dialectique Bachelardienne qui signe ainsi son envol revêt plusieurs sens qui sont à mon avis complémentaires : elle est un « mouvement d'animation », de « mutation », d'« élan de la pensée scientifique », « l'intention polémique », « un dédoublement », « une dissociation » ; bref un « mouvement consistant à détruire pour créer »[20]. Tout cet arsenal expliquant la dialectique est traduit par cet ouvrage de Bachelard, *La philosophie du Non*.

Au sujet des mutations des connaissances qui sont inductrices des changements progressifs dans la pensée scientifique, Bachelard trouve une raison de renouvellement presque inépuisable pour l'esprit scientifique, à travers un processus dynamique de correction, de révision, de rejet et de création de nouvelles théories. Existe-t-il une procédure à suivre au cours de ce changement progressif de la pensée scientifique? Contrairement à Derrida qui parle d'une recherche aventureuse, hasardeuse, Bachelard conserve une certaine méthodologie qui, en son sens, doit régir l'activité scientifique, d'autant plus que tout part d'un problème posé au préalable. Dans son aventure, par contre, Derrida qui ne connaît pas de règles précises, pense que « s'il y a une certaine errance dans le tracé de la différance, elle ne suit pas plus la ligne du discours philosophico-logique que celle de son envers symétrique et solidaire, le discours empirico-logique. Le concept de jeu se tient au-delà de cette opposition, il annonce, à la veille et au-delà de la philosophie, l'unité du hasard et de la nécessité dans un calcul sans fin » [21]. Et beaucoup plus clairement, la déconstruction procède de perte en perte, de dévaluation en dévaluation parce qu'il n'y a pas une logique qui construit ladite démarche : « Ces associations et ces collusions signifiantes se font presque au hasard, en pure extériorité, jouant sur les ressemblances fortuites, les parentés de pur simulacre, ces rencontres accidentelles produisant une sorte de mirage sémantique qui se fait et se défait dans un procès d'écriture où s'allient le hasard et la nécessité d'une manière chaque fois nouvelle et unique. Décomposé et recomposé par expropriation et réappropriation anagrammatique, le signifiant « perd jusqu'à un sens »[22]

Etant la mieux adaptée dans le processus d'élaboration de la connaissance, la dialectique bachelardienne alimente la rupture épistémologique dans le nouvel esprit scientifique. Elle permet une réorganisation qui, à partir d'un niveau élémentaire, elle envisage une forme nouvelle qui est autrement plus intéressante et plus complexe. Ainsi, la procédure sera de « remplacer le savoir fermé et statique par une connaissance ouverte et dynamique. Cette idée d'une '*dialectique féconde*' traverse tout le *nouvel esprit* scientifique de Bachelard qui « signifie primordialement le mouvement de réorganisation, par élargissement, des bases de la science ; mouvement qui conduit, en généralisant, à la 'négation', c'est-à-dire plus clairement, à la variation ou transformation des concepts scientifiques et, corrélativement, à la réélaboration élargissante du champ de première approximation des phénomènes auxquels les concepts s'appliquent » [23].

Cette dialectique féconde, appliquée à la connaissance, cette dernière devra donc être progressivement vérifiée, à chaque pas dans son acquisition. Cette vérification explique non seulement le dynamisme profond, comme déjà dit, mais aussi une approximation, c'est-à-dire une objectivation inachevée, prudente, féconde et rationnelle à la fois consciente de son insuffisance et de son progrès parce que chaque approximation constitue une avancée vers le progrès. Cependant, une pensée qui se comporterait en un tout fermé, appuyé sur elle-même, serait un cercle fragile en toutes dimensions.

Il faut sans cesse en faire une représentation et une rectification pour s'assurer d'une inlassable conquête du réel. Et c'est par cette rectification que se dessinent les pas vers l'objectivité. Et pour qu'il y ait objectivité, le chercheur devra éliminer toute perception utilitaire, affective qui va dans seul plaisir de la curiosité.

C'est alors une inauguration en science d'une nouvelle tentative, celle qui rend plus explicite les croyances d'une époque, afin d'en éliminer les idées préconçues. D'où un certain dépassement de la « *nouvelle-nouvelle* » cartésien, invitant tout chercheur à une investigation continue en quête de la vérité.

Dans ces conditions, et au fur et à mesure que des progrès scientifiques se font jour, ils augmentent en dépassant l'objectivité des résultats antérieurs pour que la science prenne sans cesse un nouveau départ, une nouvelle orientation. La philosophie aiderait de mieux en mieux à cette tâche de représentation et de prédiction, que Dominique Lecourt à la « philosophie ouverte et mobile » en vue des ouvertures toujours nouvelles et inattendues de la pensée scientifique[24].

Pour que la science réponde à son tour et de mieux en mieux à cette condition d'approchement, d'ouverture, certains niveaux d'expression peuvent être envisagés.

4.1 DE LA DIALECTIQUE SCIENTIFIQUE À L'INTÉRIEUR DU SAVOIR

La dialectique a joué un rôle considérable dans l'œuvre bachelardienne d'organisation du savoir. Pour parvenir à un ajustement de fait entre l'expérience et la raison, il faut procéder par un certain dépassement, une « incorporation » et une « exportation » des sens des mots, hors de leur région d'origine[25]. Cette exportation des concepts en appelle à une dialectique. Ainsi l'approche de Bachelard est plus profonde car elle met d'abord la pensée face à elle-même puis la raison face à l'expérience. En plus Bachelard opposera le jour et la nuit, la science et la poétique, le théorème et le poème, animus et anima, le masculin et le féminin, etc. N'est-ce pas une façon de réaliser une opposition contre laquelle l'auteur s'insurge lui-même ? Dominique Lecourt parle d'illusion épistémologique pour désigner l'idéal bachelardien de découverte par contradiction qui met en procès la pratique scientifique [26].

L'on pourrait dire aussi que pour Bachelard, la dialectique consiste en un dialogue entre les domaines spécialement la philosophie et les autres sciences comme la physique, les mathématiques, la chimie, afin de formuler des théories qui, à leur tour, deviendront instructrices d'expériences : « On ne peut donc préciser les choses qu'en éclaircissant la fonction du concept : elle se trouve, en définitive, inscrite dans le dialogue du mathématicien et du physicien (...) Dialogue qu'on ne peut saisir, nous l'avons vu qu'en se plaçant dans cette position centrale -si difficile à conquérir- que Bachelard assigne à l'épistémologie. Qu'entend-on au juste ? Un échange de renseignements qui a pour effet ultime d'ajuster la théorie et l'expérience. Mais étant donné qu'on se refuse le recours à un objet fixe, il faut penser cet ajustement non comme une adéquation formelle mais comme un processus historique »[27]. Cette dialectique est appelée par Bachelard, une « dialectique scientifique » qui ne résulte pas d'une construction, car l'esprit ne le peut pas en dehors de l'expérience, à la différence de la « dialectique philosophique » au modèle hégélien qui joue une fonction de séparation de la thèse à l'antithèse.

L'on a tôt compris que toutes les révolutions scientifiques ont ainsi dévoilé des connexions réelles entre les objets de connaissance et qu'elles ont fait apparaître une unité des phénomènes que les sciences antérieurement séparées ne permettaient pas d'apercevoir. Bachelard fait voir que l'importance est accordée plus à l'aboutissement architectonique

d'une révolution scientifique, car en séparant le résultat du processus critique, on sous-estime ce qu'il y a d'essentiellement révolutionnaire dans chaque synthèse scientifique, qui est toujours une « synthèse transformante » [28]. Il y a là un rapport avec la Derrida qui perçoit l'ouverture à des nouvelles perspectives par la différence, parce qu'elle résiste à toute clôture, elle est interprétation et créativité par excellence. Elle est inscrite en tout et en elle tout est inscrit. Elle maintient tout mouvement à la nouveauté ; et selon l'interprétation du nouvel esprit scientifique, la différence constitue une possibilité pour la science d'être renouvelée par jeu infini des possibilités. Ce qui nous fait revenir à l'utopie épistémologique de Bachelard.

Le chercheur a donc un devoir urgent et exigeant, sa tâche n'est pas le repos. Il a l'obligation de penser le réel, de lui donner sens afin de générer une dynamique nouvelle et une synergie capable de mobiliser le mieux-être auquel nous aspirons[29].

4.2 LE TEMPS COMME PHÉNOMÈNE ET RÉALISATION DE LA SCIENCE

En parlant du temps, nous ne voulons pas nous envaser dans le débat séculaire au tour des termes comme : la durée, l'instant, le moment, l'éternité, qui sont tout de même pour Bachelard des aspects qui se compénètrent. Car la durée et l'instant sont compris dans le temps, c'est-à-dire qu'ils ne peuvent pas être conçus en dehors du temps, et notre existence se trouve comprise, immergée dans le temps, qu'il s'agisse de la durée ou de l'instant selon Bachelard ou Bergson. Il convient de relever le fait que notre existence n'occupe qu'un instant dans la durée, c'est-à-dire une portion de la durée du temps. Bergson qui, d'après Bachelard comprend le temps dans son entendement matériel et subjectif, sépare le temps des choses du temps appliqué à l'existence humaine [30], deux notions qui traduisent une même référence qui s'écoule par les instants et qu'on peut représenter numériquement.

En effet, c'est dans la discontinuité que Bachelard perçoit le temps qui se subdivise en durée dont l'unité est l'instant. Ainsi le temps se rapproche du mouvement et en ce sens, il devient objet de la science, notamment la Physique. D'où l'introduction de la relativité quand Bachelard doit représenter des systèmes de mouvement pour devenir une donnée scientifique. On peut alors appliquer la notion du temps dans les expériences quotidiennes en l'estimant. Pour Einstein par exemple, la mécanique devrait décrire comment les corps changent des lieux avec le temps[31]. Bachelard trouvera mieux de faire intervenir la notion de la discontinuité pour traduire ces différents moments de temps, et donc la durée selon l'espace. Comment peut-on comprendre alors les différents instants ? En ce qui concerne ce cas d'espèce, l'instant demeure une réalité indépassable en termes quantitatifs, car il ne saurait y avoir de « durée » mais seulement des instants qui se succèdent et s'anéantissent [32] et non une continuité dans la réalisation de la science.

La déconstruction est aussi à comprendre par rapport à cette notion du temps. Edmond Biloa [33], commentateur de Derrida, voyait dans la déconstruction un effort de réinvention qui doit caractériser les chercheurs car, par le discours, le chercheur construit la science en la détruisant. Cette destruction n'est pas à confondre avec la critique, même si certains penseurs ont perçu en la déconstruction une pratique critique, en l'occurrence Charles Ramond. C'est donc une réinvention de la science consistant à démonter la dimension parfois romantique que Bachelard nomme « inconscient du savoir » c'est-à-dire, selon Jean Duvignaud, ce qui parle en nous, pour nous, mais sans nous [34].

Nous fondant sur l'argument de Charles Ramond, pouvons clairement relever que, par rapport à la 'critique', la 'déconstruction' touche mieux le fond parce qu'elle ne s'arrête pas à une simple opposition des faits, mais cherche à trancher en écartant ce qui convient moins. Cela paraît encore être le souci de la « philosophie du non » de Bachelard, qui veut maintenir en discussion permanente les résultats acquis par la science.

La déconstruction constitue en effet une nouvelle forme de rigueur scientifique comme le préconisait déjà le nouvel esprit scientifique parce qu'il entrevoit un changement de méthode et de concepts à l'intérieur d'une science, à travers une portion de temps qui se veut discontinu. Et les éléments qui connaissent ce changement mettent à jour un écart de signification et d'usage invitant à une réorganisation sans cesse des sciences. En effet, nous devons mettre à cœur cette interpellation formulée par Charles Ramond, selon laquelle, les conditions de possibilité de la connaissance sont le plus souvent et en même temps des conditions de son impossibilité. Il ne saurait y avoir de la science sans déconstruction.

5 DÉCONSTRUCTION OU RECONSTRUCTION DES SCIENCES ?

Pour mieux comprendre l'histoire des sciences, il est vrai qu'il faille se poser cette question aussi noble qu'on ne puisse l'imaginer : « quel serait l'état actuel de la science ? Que peut-on faire pour rompre avec cet état actuel » ? Ce labeur devrait constituer la préoccupation de tout chercheur, comme ce fut le cas de Gaston Bachelard qui ne désirait pas voir une science statique, mais plutôt un ensemble de connaissances qui s'alimentent d'un incessant besoin du neuf. Mais, ajoute Dominique

Lecourt, « quand on croit que le passé est dépassé, il nous tient »⁴ parce que là où les scientifiques proféraient des évidences, il convient de faire naître un questionnement des racines et des présupposés, pour garantir la nature mouvante de la connaissance.

Plus d'un scientifique s'intéressent au *nouvel esprit scientifique*, puisqu'il scande une nouvelle rationalité qui va au-delà du régionalisme dans la connaissance. Nous ne devons pas taire la langue devant questionnement en plus : Comment rendre compte de la rationalité pendant que d'aucuns chercheurs ne placent l'essentiel du progrès scientifique que dans une simple réfutation d'idées ? Peut-on défendre ces idées continues pendant qu'ailleurs le progrès se justifie par la discontinuité ? Gaston Bachelard, tirant les leçons de la relativité d'Einstein qui réfléchissait en images, se démarque de tous ses prédécesseurs en pensant la scientificité dans la psychanalyse et la théorie de l'imaginaire, les deux permettant de dessiner de nouveaux chemins du savoir. La démarcation de Bachelard scande une pertinence par rapport au relativisme de Thomas Kuhn qui reprenait à son compte cette thèse de discontinuité, considérant le paradigme scientifique.

La psychanalyse consiste dans la découverte des valeurs inconscientes qui sont inscrites dans le savoir, c'est l'inconscient épistémologique, une sorte d'antichambre de la raison. L'imaginaire devient un puissant foyer des interrogations sur l'ordre du monde auquel nous appartenons, le foyer au feu duquel s'alimente la pensée scientifique. Une exhortation à la psychanalyse est adressée aux scientifiques, car cette dernière peut seule prouver l'existence dans l'esprit des scientifiques de représentations inconscientes agissant sur les représentations scientifiques.

Nous devons vraiment indiquer l'effort qu'a révélé l'épistémologue de Bar-Sur-Aube dans la rationalisation du savoir, à travers une vision vraiment engagée, défendant cette valeur d'une science constamment prête à se réformer. Cette réformation est à placer à différents niveaux, tant il est vrai que la marge du savoir s'épanouit sans réserve en nous livrant l'épreuve d'une limite sans limite. A peine le statut de cette pratique scientifique eut cessé de soulever des questions, l'on se précipita à y reconnaître un nouveau style. Le travail de la déconstruction peut alors être interprété comme une remise en question perpétuelle du savoir, selon effectivement le travail rationnel proposé par Bachelard, dans son *Nouvel esprit scientifique*, énonçant l'intérêt d'une interrogation permanente pour une meilleure réappropriation de l'héritage du savoir, à travers une nouvelle pratique. Nous ne saurions pas affirmer à ce point une reconstruction scientifique, en ce sens qu'il ne s'agit pas d'une science bâtit sur des nouvelles assises. Il est plutôt des nouvelles approches à envisager pour reformer tant soit peu les résultats scientifiques.

6 CONCLUSION

Cette réflexion qui a conduit à une approche qui lie la coupure épistémologique et la déconstruction, a abouti à une nouvelle donne, celle de penser une déconstruction sans Derrida. Ayant choisi d'orienter notre investigation sur cette piste, nous avons compris dorénavant que la déconstruction avec Derrida est une offre limitée. Appliquée à la science bachelardienne, la déconstruction nous a permis de mieux comprendre les mutations infinies dont Bachelard est visionnaire. En effet, la déconstruction devient un effort de remise en question perpétuelle du savoir, un rejet de tout formalisme ouvrant à une aptitude critique des concepts, une considération que tout est langage, la science y compris parce que nous y réalisons une configuration structurale et conceptuelle du savoir. La déconstruction est aussi un puissant foyer de l'imagination par lequel le chercheur arrive à questionner et à faire des représentations sur l'ordre actuel des choses. C'est alors qu'une rupture est bien pensée à travers une dialectique scientifique.

REFERENCES

- [1] J. DERRIDA, *Psyché. Invention de l'autre*, Galilée, 1987, p.389.
- [2] C. RAMOND, « Présentation. Politique et déconstruction » dans *Cités*, n°30, t.2, Paris, PUF, DOI : 10.3917/cite.030.0011, 2007, p.11
- [3] R. POL DROIT, *Le Monde* 2004 cité par J. PASTIN, « Jacques Derrida, le philosophe de la déconstruction » dans *Conf. Univ. Dr.*, Universitatea Crestina, Vol.3, n°1, Mars 2011, p.44.

⁴ Dominique Lecourt est un philosophe au cœur des sciences qui n'a cessé de questionner les évidences dont la science est friande. Il agite les idées des sciences en vue d'une nouvelle élaboration, grâce à ce qu'il propose d'appeler la « nouvelle critique » [Voir D. LECOURT, *Bachelard ou le jour et la nuit. Un essai du matérialisme historique*, Paris, Editions Grasset & Fasquelle, 1974, p. 14.]

- [4] R. POL DROIT, *Le Monde* 2004 cité par J. PASTIN, « Jacques Derrida, le philosophe de la déconstruction » dans *Conf. Univ. Dr, Universitatea Crestina, Vol.3, n°1, Mars 2011*, p.47.
- [5] J. DERRIDA (*L'écriture et la différence*) cité par J. GRONDIN, *L'Herméneutique*, Paris, P.U.F, Collection Que-sais-je ?, 2008, p.102
- [6] RAMAN SELDEN & Cie, *A Reader's Guide to Contemporary Literary Theory*, Pearson, 5th Edition, 2005, p.165.
- [7] G. BACHELARD, *Le nouvel esprit scientifique*, Paris, Paris, PUF, 1968, Edition numérique de l'UQAM, 2012, p.15.
- [8] J. GRONDIN, *L'Herméneutique*, Paris, PUF, 2008, p.93.
- [9] J. GRONDIN, *L'Herméneutique*, Paris, PUF, 2008, p.115.
- [10] J. GRONDIN, *L'Herméneutique*, Paris, PUF, 2008, p.94
- [11] G. BACHELARD, *La Formation de l'esprit scientifique : contribution à une psychanalyse de la connaissance (3è édition)*. Paris, J. Vrin, 2004, p.7.
- [12] D. GIL, *Autour de Bachelard* [Préface de François Dagognet], Paris, Ed. Les Belles Lettres, 2010, p.241.
- [13] L. DE BRABANDERE & A. MIKOLAJCZAK, *Petite philosophie de nos erreurs quotidiennes. Comment nous trompons-nous ?* Ed. Groupe Eyrolles, 2009, p.15.
- [14] J. DERRIDA, *De la grammatologie*, Paris, Editions de Minuit, 1967, p.12.
- [15] J. DERRIDA, *De la grammatologie*, Paris, Editions de Minuit, 1967, p.13.
- [16] G. BACHELARD, *Formation de l'esprit scientifique: contribution à une psychanalyse de la connaissance (3è édition)*. Paris, J. Vrin, 2004, pp.13-14.
- [17] *La flamme d'une chandelle*, Paris, P.U.F., coll. « Quadrige », Paris, 1986, p. 55.
- [18] G. BACHELARD, *La philosophie du non. Essai d'une philosophie du nouvel esprit scientifique*, Paris, rééd. , PUF, 1994, p.14.
- [19] G. BACHELARD cité par D. LECOURT, *Bachelard ou le jour et la nuit. Un essai du matérialisme dialectique*, Paris, Ed. Grasset & Fasquelle, 1974, pp.82-84.
- [20] *La Terre et les rêveries de la volonté* [Edition numérique réalisée à partir de la parution de la Librairie José Corti, 1948], Québec, 22 Septembre 2012, p.25.
- [21] J. DERRIDA, « La différance » dans *Marges de la philosophie*, Paris, Minuit, 1272, p.7.
- [22] Claude LEVESQUE, « l'écriture (de) la copule », dans *Etudes Littéraires*, Vol.9, n°2, 1976, pp. 314-315.
- [23] D. GIL, *Autour de Bachelard* [Préface de F. Dagognet], Paris, Ed. Les Belles Lettres, Coll. encre marine, 2010, p.195.
- [24] D. LECOURT, *L'épistémologie historique de Gaston Bachelard*, (un extrait de l'introduction de cet ouvrage), Paris, Vrin, 2002, p.13.
- [25] G. CANGUILHEM, *Etudes d'histoire et de philosophie des sciences*, Paris, Vrin, 1989, p.206.
- [26] D. LECOURT, *Bachelard ou le jour et la nuit*, Paris, Grasset & Fasquelle, 1974, p.167.
- [27] *L'épistémologie historique de Gaston Bachelard*, Paris, Vrin, 2002, p.65.
- [28] D. GIL, *Op. Cit.*, p.255.
- [29] D. GIL, *Op. Cit.*, p.100.
- [30] E. BERGSON, H., *L'Evolution créatrice* (une édition électronique réalisée par M. Bertrand Gibier), Québec, UQAM, 2003 (86e édition), p. 16.
- [31] A. EINSTEIN, *La théorie de la relativité restreinte et générale* [Préface de Einstein], Paris, Dunod, SD, p.3.
- [32] S. PARTRICOT, « La notion du temps chez Bachelard » dans [http// : www.revue-polaire.com/spip.php?](http://www.revue-polaire.com/spip.php?) Consulté le 19 décembre 2014 à 13 h 05.
- [33] E. BILOA ? « Appropriation, déconstruction du français et insécurité linguistique dans la littérature africaine d'expression française » dans *SACO*, n°2, Université de Yaoundé, Cameroun, 2007 (109-126), p.113.
- [34] J. DUVIGNAUD cité par J. ZOUNGRANA, *Michel Foucault un parcours croisé : Lévi-Strauss, Heidegger*, Paris, Harmattan, 1998, p.183.

Effets des aliments à base des ingrédients locaux sur la survie et sur la croissance des larves de *Clarias gariepinus* dans la région de Kisangani, République Démocratique du Congo

Franco MONSENGO MABRUKI¹, Nathalie NGALYA BENGÉ¹, Isaac SHABANI EKYAMBA², Jean Fiston MIKWA NGAMBA³,
and Alidor KANKONDA BUSANGA²

¹Département de zootechnie, Institut Facultaire des Sciences Agronomiques (IFA), Yangambi, B.P. 28
Yangambi, B.P. 1232 Kisangani, RD Congo

²Département d'Hydrobiologie and Aquaculture, Université de Kisangani, B.P. 2012, Kisangani, RD Congo

³Faculté de Gestion des Ressources Naturelles Renouvelables, Université de Kisangani, B.P. 2012, Kisangani, RD Congo

Copyright © 2017 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 nutritional effect of two diets from local ingredients has been assessed in order to observe the survival and growth of larvae of *Clarias gariepinus* from artificial insemination. These two diets containing each one 40% of protein from animal (A) and vegetable (B) with 11.61 Kj.g⁻¹ and 12.71 Kj.g⁻¹ of energy respectively for diets A and B were used to feed the larvae during 21 days. The results showed that the food used from local products is acceptable for the growth of larvae from their first age. These two diets (A and B) show that there's no significant difference. Note that the area where this study has been conducted does not present an obstacle to any farmer anxious to produce larvae of *Clarias gariepinus*.

KEYWORDS: Fish farming, local ingredients, *Clarias gariepinus*, Kisangani.

RESUME: L'effet nutritionnel des deux aliments formés à base des ingrédients locaux a été testé au cours de cette étude en vue d'observer la survie et la croissance des larves de *Clarias gariepinus* issues de l'insémination artificielle. Ces deux aliments contenant chacun 40% des protéines brutes d'origine animale (Ration A) et végétale (Ration B) avec 11,61 Kj.g⁻¹ et 12,71 Kj.g⁻¹ d'énergie brute respectivement pour la Ration A (RA) et pour la Ration B(RB) ont été distribués pendant 21 jours aux larves. L'analyse des résultats de cette étude montre que l'aliment à base des produits locaux utilisé est acceptable pour la croissance des larves dès leur premier âge. Les deux rations n'ont pas donné des écarts significatifs bien que la ration A apparait comme meilleur par rapport à la ration B. Le milieu où cette étude s'est déroulée ne présente pas d'obstacle à tout pisciculteur soucieux de produire des larves de *Clarias gariepinus*.

MOTS-CLEFS: Pisciculture, Ingrédients locaux, *Clarias gariepinus*, Kisangani.

1 INTRODUCTION

En RD Congo, la pisciculture demeure encore une activité de substance caractérisée par une faible productivité, une absence des technologies appropriées et de diversification capable de créer une véritable dynamique entrepreneuriale dans le secteur [6]).

Néanmoins, des opportunités de génération des revenus et de création d'emplois existent dans le secteur piscicole. Pour traduire ces opportunités en réalité, il faut une réforme qui nécessite un changement radical aussi bien dans la manière de

gérer le secteur que dans les systèmes de production [9], [1], [16]. A Kisangani, la station piscicole où se déroule cette étude s'inscrit dans cette dynamique.

Le poisson chat africain est une espèce à grande valeur commerciale mais, l'indisponibilité des alevins constitue un frein majeur pour la relance de son élevage étant donné qu'en captivité la femelle de cette espèce ne se reproduit, à quelques exceptions près, pas spontanément. Le cycle de maturation se développe normalement jusqu'au stade dormant, mais la maturation finale, l'ovulation et la ponte ne se reproduisent pas [9].

Actuellement un système de production des alevins de *Clarias gariepinus* vient d'être mis en place au Centre de Recherche Agro-Piscicole de Kisangani en vue de disponibiliser les alevins aux pisciculteurs de cette ville et ses environs.

Pour ce qui est de l'alimentation, on sait également que les alevins sont beaucoup trop petits pour aller chercher leur nourriture, donc c'est à l'éleveur de leur fournir ce dont ils ont besoin [17]. Si on veut les voir grandir de façon correcte, il faut leur apporter une alimentation fréquente et proche d'eux, car, comme c'est dit ci-haut, les alevins ne chercheront pas leur nourriture, il faut qu'elle vienne à eux. Aussi les jeunes alevins n'ont pas besoin des jours de diète comme pour les adultes, mais ils ont besoin de deux repas par jour, voir plus [2].

L'alimentation reste le facteur le plus déterminant dans l'élevage des larves et juvéniles. Car les aliments de démarrage sont principalement constitués des proies vivantes : du plancton et les nauplii d'Artémia [9]. A ce niveau les principales difficultés ont longtemps été d'assurer la transition de l'aliment vivant à un aliment de synthèse [8], [4], [13].

Aujourd'hui avec l'évolution de la technologie, un bon nombre d'entreprises européennes et asiatiques produisent des aliments de haute qualité nutritionnelle tant du point de vue de la composition que de la granulométrie. Cependant, ces aliments commerciaux mis au point en Europe sont rares et coûteux dans les pays en voie de développement en général et en Afrique subsaharienne en particulier. Pour contourner cette difficulté, plusieurs auteurs ont tenté d'utiliser les aliments à base des ingrédients locaux. Hecht et al. ont obtenu une croissance et une survie acceptable des larves de *Clarias* dans les conditions où les aliments sont riches et présentent une granulométrie convenable.

En raison de leur valeur nutritionnelle élevée et leur disponibilité dans le milieu, cette étude cherche à voir l'effet de l'alimentation à base de la farine de poisson et celle de soja.

L'objectif de ce travail est de tester la performance de deux types de rations (l'une à base des protéines animales et l'autre à base des protéines végétales) sur la survie et la croissance des larves de *Clarias gariepinus* jusqu'au 21^e jour, âge auquel les poissons ont déjà acquis la morphologie de l'adulte.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MILIEU D'ETUDE

Kisangani, avec une superficie de 1910 km², est située dans la Cuvette centrale congolaise, à 0°31'N et 25°11'E. Son altitude moyenne est de 396 m [14]. L'ensemble des données éco-climatiques ainsi que la position de la ville de Kisangani à proximité de l'Equateur lui confèrent un climat équatorial. Ce type climatique est caractéristique par une température moyenne du mois le plus froid, supérieure à 18°C [10]. Sur le plan hydrographique, étymologiquement parlant, la ville de Kisangani est une presqu'île située "à la courbe du fleuve Congo", avec un réseau hydrographique dense dominé par le fleuve Congo et ses principaux affluents : la Lindi et la Tshopo. Ce sont ces trois grands cours d'eau qui recueillent à leur tour des eaux de nombreux tributaires coulant pour la plupart à travers la ville [10].

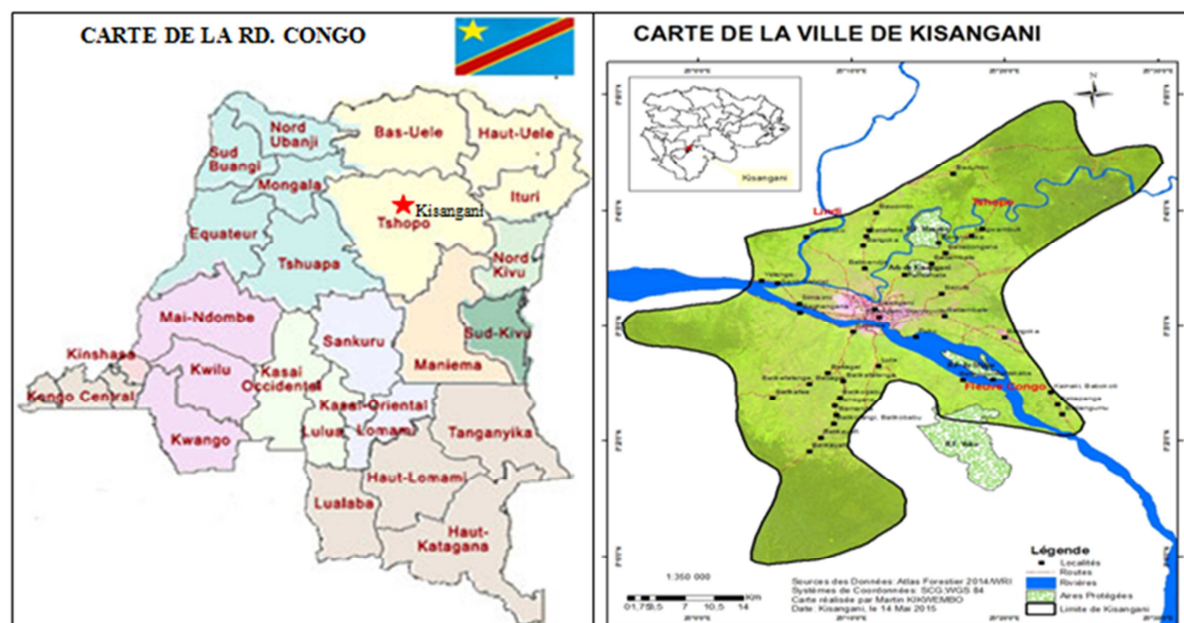


Fig. 1. Carte montrant la République Démocratique du Congo et Kisangani

2.2 METHODOLOGIE

Les principaux ingrédients utilisés pour fabriquer les aliments expérimentaux sont les produits et les sous- produits locaux achetés dans les différents points de vente de la ville de Kisangani. La seule source des protéines animale est la farine des poissons, qui provient principalement du traitement (usinage) des fretins achetés au marché central de Kisangani. La farine de Soja est utilisée comme source des protéines végétales. Les différents ingrédients : farine de sorgho, tourteaux palmistes, tourteaux d'arachides et cendre de coquille sont ajustés aux farines des poissons et de soja pour obtenir la valeur désirée (apport lipidique, hydrates de carbone et mélange minérale). Ces aliments expérimentaux ont été fabriqués en une fois, en quantité suffisante pour son utilisation pendant la durée totale de l'expérience.

Toutes les matières utilisées ont été usinées soit broyées de façon à ce que la farine ou les particules soient les plus fines possible. Pour chaque ration, les ingrédients ont été pesés puis mélangés et homogénéisés à la main dans une bassine en plastique. Les mélanges ont été conservés et stockés dans une salle bien aérée jusqu'à l'utilisation.

Deux formules alimentaires, dont la composition est présentée dans les tableaux 1a et 1b ont été utilisées. La formule A contient 40% des protéines d'origine animales (farine de poissons). La formule B titrant 40% des protéines d'origine végétale (farine de soja). Les deux formules renferment un même complexe glucidique, lipidique et minéral.

Ces deux rations fabriquées localement ont été conservées sous forme de poudre, sans injection de vapeur. Ces aliments sont appelées RA pour la ration contenant 40% des protéines animales et RB pour la ration contenant 40% des protéines végétale.

Tous les lots de poissons ont été nourris manuellement en deux repas quotidiens à 8heures et 18heures.

Tableau 1. Composition de l'aliment A (RA)

Ingrédients	Qtité (%)	E.M. (Kcal/g)	E.M. (Kj/g)	P.B. (%)
Farine des poissons	40,0	1,30	5,30	25,80
Farine de sorgho	20,0	0,80	2,80	2,00
Tourteaux palmistes	19,5	0,39	1,17	3,51
Tourteaux d'arachides	19,5	0,78	2,34	7,02
Cendre coquilles	1,0	0,00	0,00	0,00
Total	100	3,27	11,61	38,33

Légende: E.M. : Energie métabolisable

P.B. : Protéines brutes

Tableau 2. Composition de l'aliment B (RB)

Ingrédients	Qtité (%)	E.M. (Kcal/g)	E.M. (Kj/g)	P.B. (%)
Farine de soja	40,0	1,60	6,40	14,18
Farine de sorgho	20,0	0,80	2,80	2,00
Tourteau palmists	19,5	0,39	1,17	3,51
Tourteau d'arachides	19,5	0,78	2,34	7,02
Cendre coquilles	1,0	0,00	0,00	0,00
Total	100	3,57	12,71	26,71

3 RESULTATS

3.1 DONNÉES SUR LE GAIN DE POIDS POUR CHAQUE RATION

Les données sur le gain de poids sont illustrées au tableau 3.

Tableau 3. Gain des poids des larves pour chaque ration

Paramètre	RATION A		RATION B	
	Happas 1	Happas 2	Happas 1	Happas 2
Poids moyen initial (g)	0,05	0,05	0,05	0,05
Poids moyen final (g)	1,40	1,0	0,80	0,65
Gain de poids (g)	1,35	0,95	0,75	0,60

Il est illustré de ce tableau que le gain de poids le plus élevé est observé chez les larves nourries de la ration A contenues dans le premier happas (1,35g); suivi de celles du deuxième happas nourries de la même ration (0,95g). Les gains de poids les plus bas sont observés chez les larves nourries de la ration B, contenues aux happas1 et 2 respectivement (0,75g) et (0,60g). La moyenne du gain de poids pour chaque ration est respectivement 1,15g et 0,71g pour les rations A et B.

3.1.1 COEFFICIENT DE VARIATION DE GAIN DE POIDS DES LARVES

Les coefficients de variation de gain en poids des larves sont présentés dans le tableau 3.

Tableau 4. Coefficient de Variation selon le type d'aliment

	H1	H2	Total	Moyenne	CV (%)
RA	1,35	0,95	2,3	1,15	27,43
RB	0,75	0,67	1,42	0,71	27,88
Total	2,10	1,62	3,72	-	-
Moyenne	1,05	0,81	0,93	-	-

CV (RA) = 27,43 %

CV (RB) = 27,88 %

3.1.2 CROISSANCE JOURNALIÈRE (Cj)

Elle est obtenue en divisant par le poids moyen initial, la différence entre le poids moyen final et le poids moyen initial. Le poids moyen initial pour les rations A et B est de 0.05g. Les poids moyens finaux des larves est respectivement de 1,2 et 0,725g pour les rations A et B. Ainsi pour la ration A, on a: $C_j = (1,2-0,05)/0,05 = 0,23g$ et pour la ration B, on a: $C_j = (0,725-0,05)/0,05 = 0,135g$.

3.1.3 TAUX DE CROISSANCE SPÉCIFIQUE (Tcs EN % PAR JOUR)

Il est obtenu par la formule $(\ln (\text{Poids moyen final}) - \ln (\text{Poids moyen initial}))$ multiplié par 100 et divisé par le nombre des jours. On a :

(1) Tcs pour la ration A= $\ln(1,2) - \ln(0,05) \times 100/21 = 15,13\%$

(2) Tcs pour la ration B= $\ln(0,725) - \ln(0,05) \times 100/21 = 12,89\%$

3.1.4 COEFFICIENT DE CONDITIONNEMENT K

$K = (P_m \times 10^5)/L^3$ où P_m est le poids moyen vif en g et L égal la longueur totale en mm.

K pour la ration A= $(1,2 \times 100000)/(42,9)^3 = 1,5$

K pour la ration B= $(0,72 \times 100000)/(32,4)^3 = 2,1$

Ces valeurs de K obtenues dans cette étude qui rendent compte de l'état d'embonpoint caractéristique des poissons pendant l'élevage sont plus élevées comparées à celles de 0,77 à 0,80 obtenues par [5] chez *Clarias lazera* nourri au son de riz, à la farine de sang et aux déchets de cuisine, par [15] 0,79 à 0,83 chez le *Clarias geriepinus* élevé à différentes densités de mise en charge et nourri d'un aliment artificiel. Ces différences seraient dues au fait que ce paramètre varie en fonction des souches parentales d'une part et d'autre part de l'aliment utilisé.

3.2 PHASE DE L'ÉLEVAGE LARVAIRE

L'étude des caractéristiques de l'élevage larvaire a été abordée suivant les différents aspects de la croissance larvaire, à savoir : poids moyens et tailles moyennes des larves, taux de survie et taux de croissance spécifique.

Après deux jours post-éclosion (J2PE), 576 larves ont été réparties dans les 4 happas (144 larves/happas) où elles ont été nourries pendant 21 jours.

3.2.1 EVOLUTION DE TAILLE PAR RATION

Pour la ration A, la croissance en taille est graduelle du premier au dernier jour de contrôle (Figure 2).

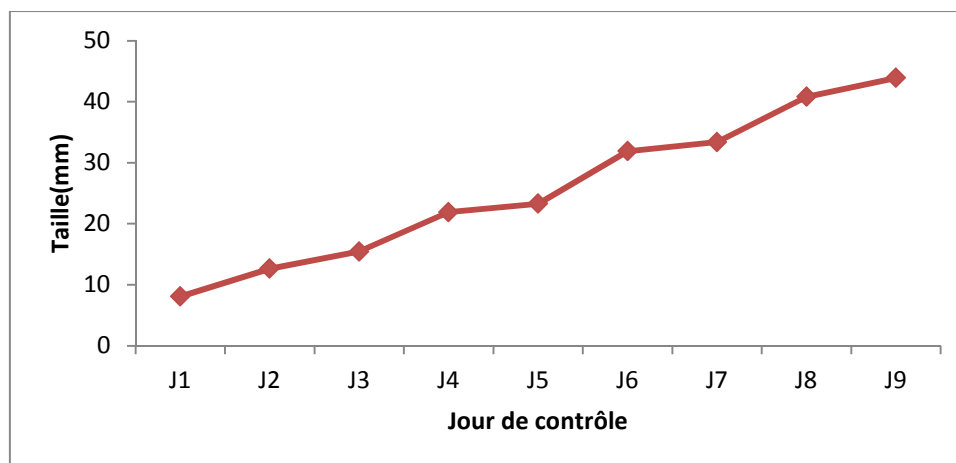


Fig. 2. Evolution en taille des larves nourries par la Ration à base des protéines d'origine animale

Cette figure montre que la croissance des larves nourries à la ration A est graduelle tout au long de l'expérimentation.

La figure 3 montre l'évolution en taille des larves nourries par la ration B.

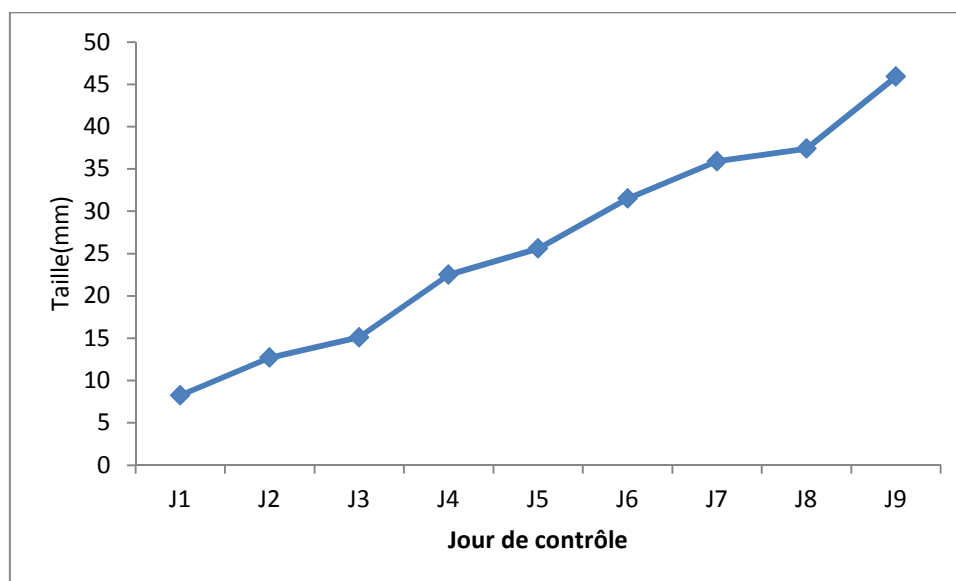


Fig. 3. Taille des larves nourries à la Ration à base des protéines d'origine végétale

La figure 3 présente une croissance en taille en paliers : durant les quatre premiers jours, la croissance est rapide, elle est presque nulle entre les quatrième et cinquième jours de contrôle et évolue lentement au-delà du cinquième jour de contrôle.

La ration A permet d'atteindre une taille moyenne beaucoup plus élevée que la ration B (Figure 4).

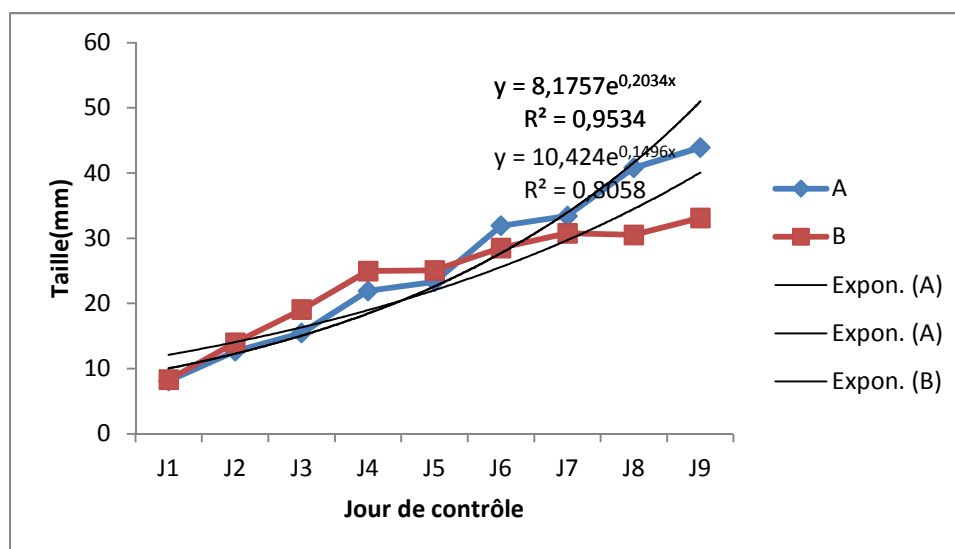


Fig. 4. Comparaison entre les deux types d'aliments

La figure 3 illustre qu'au départ la taille des larves nourries par les deux types d'aliments était presque la même. A partir du deuxième jour jusqu'au cinquième jour, les larves nourries par l'aliment B ont manifesté une bonne croissance par rapport à celles soumises à l'aliment A. Du sixième jour jusqu'à la fin, les larves nourries par la ration A ont eu une croissance supérieure à celle des larves nourries avec la ration B.

3.2.2 TAUX DE SURVIE ET TAUX DE MORTALITÉ

Les figures 5 et 6 montrent le taux de survie et de mortalité par happas par ration.

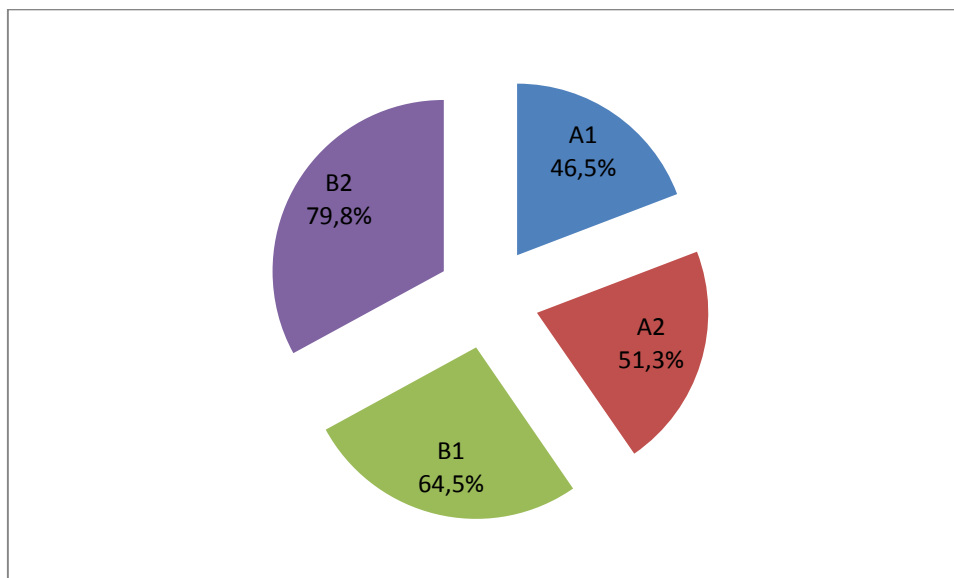


Fig. 5. Taux de survie par happa

La figure 5 montre que le taux de survie est plus faible chez les larves du premier et deuxième happe (41,5% et 51,3%) alimentés par la ration A. Il est plus élevé chez les larves des premier et deuxième happe (64,5% et 79,8%) alimentés par la ration B.

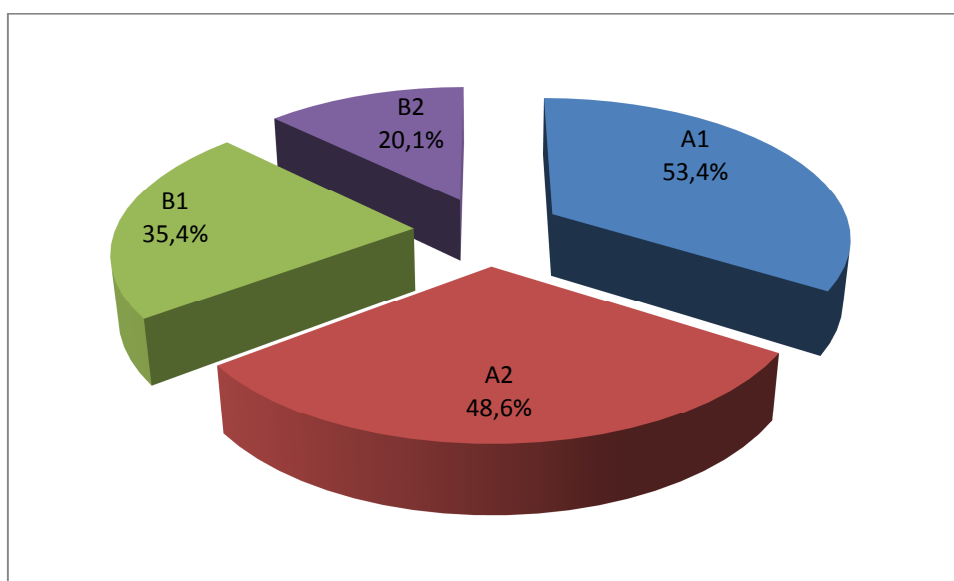


Fig. 6. Taux de mortalité par happe

La figure montre que le taux de mortalité est faible chez les larves des happe B1 et B2 (35,4% et 20,1%).

4 DISCUSSION

4.1 PHASE DE REPRODUCTION ARTIFICIELLE

Cette étude était initiée vers la vision d'un système de production des larves de *Clarias gariepinus* adapté aux étangs piscicoles (milieu local). L'étude des caractéristiques de l'élevage larvaire a été abordée en comparant les deux types d'aliments pour le nourrissage des larves.

Après stimulation des poissons femelles par injection des extraits hypophysaires fraîchement recueillis de poissons mâles, les larves récoltées sont réparties dans les différents happas et ont été nourries sous deux types de ration.

4.2 PHASE DE L'ÉLEVAGE LARVAIRE

Après la résorption de la vésicule vitelline au deuxième jour post-éclosion (J2PE), les larves ont été distribuées dans les happas placés en étangs où elles recevaient la nourriture pendant 21 jours. L'étude des caractéristiques de l'élevage larvaire a été abordée en comparant les deux types d'aliments utilisés pour le nourrissage des larves. Les aspects suivants sur la croissance des larves ont été suivis :

4.3 TAILLES MOYENNES

Les tailles moyennes des larves sont passées du premier au dernier jour de l'expérimentation de 7 mm à 48,8 mm pour les larves contenues dans le premier happa alimenté par la ration A, de 7 mm à 40 mm pour les larves contenues dans le deuxième happa alimenté par la même ration. Pour les larves nourries par la ration B, elles sont passées de 7mm à 35 mm au premier happa et de 7mm à 34 mm pour le deuxième happa.

Ces résultats sont satisfaisants par rapport à ceux obtenus par [12] où la plus grande taille était de 32,2 mm à la fin de l'expérimentation.

4.4 POIDS MOYEN

Les poids moyens des larves obtenus dans cette étude étaient de 1,2g et de 0,725g respectivement pour les larves nourries par la ration A et la ration B au 21^e jour post-éclosion (J21PE). Ces valeurs sont intéressantes par rapport à celle de [12] dont le poids moyen d'une larve était de 406±253 mg après 45 jours d'élevage.

On a constaté, en comparant la ration formée à base des protéines d'origine animale (ration A) et celle formée à base des protéines d'origine végétale (ration B), que pour les deux premières observations la croissance avec la ration B était relativement élevée par rapport à la ration A. Cependant à partir du quatrième jusqu'au sixième jour, les larves nourries avec la ration A ont marqué une croissance élevée. Ensuite de la septième observation jusqu'à la fin de l'expérimentation, la ration A a enregistré des bonnes performances des larves en taille et poids.

4.5 COEFFICIENT DE VARIATION

Au cours de cette étude nous n'avons pas observé les coefficients de variation variés. En effet, le coefficient de variation est légèrement élevé pour la ration B : 27,88 % contre 27,43 % pour la ration A.

4.6 LE COEFFICIENT DE CONDITION K

Les valeurs de K obtenues sont plus élevées comparées à celles de 0,77 à 0,80 obtenues par [5] chez *Clarias lazera* nourri au son de riz, à la farine de sang et aux déchets de cuisine, par [15] 0,79 à 0,83 chez le *Clarias gariepinus* élevé à différentes densités de mise en charge et nourri d'un aliment artificiel.

4.7 LE TAUX DE SURVIE

Le taux de survie observé à la fin de cette expérience a varié globalement entre 46,4% pour la ration A (moyenne de deux happas alimentés par la ration A) et 72,15% pour la ration B (moyenne de deux happas alimentés par la ration B). Ces taux de survie sont supérieurs à celui obtenu par Djoko dans les marais aménagés (0,27%), par [15] dans les étangs simulés (21,47 à 39,3%) et (21,67 à 31,77%) pour les bassins en polyester, et celui observé par [11] (entre 55 et 63%) dans les bacs en renouvellement d'eau non permanente.

Les résultats obtenus à partir de ces deux rations nous poussent à dire que la ration formée à base des protéines d'origine animale (ration A) et celle formée à base des protéines d'origine végétale (ration B) ont été bien digérées par des larves de *Clarias gariepinus*. On a enregistré une taille moyenne finale de 42,9 mm pour la ration A contre 32,4 mm pour la ration B.

Les résultats issus de cette étude montrent que dans nos conditions, les deux rations n'ont pas donné des écarts significatifs bien que la ration A apparait comme la meilleure.

Donc, les aliments à base des produits locaux utilisés pour cette étude sont indispensables pour la croissance des larves dès leur premier âge. Cette affirmation reste fondée par rapport aux croissances observées par [12] qui varient de 15 à 23,9mm ; 15 à 32,2 mm et 15 à 28,3 mm pour ses différents traitements au cours de la période située entre le quinzième jour post-éclosion (J15PE) aux quarante cinquième jours post-éclosion (J45PE).

5 CONCLUSION

Le souci majeur de tout pisciculteur est celui de produire massivement et régulièrement les alevins de bonne qualité, capable de s'adapter à des variations des conditions de l'environnement. Par conséquent, les manipulations, l'alimentation, la reproduction artificielle, l'élevage larvaire sont fréquemment utilisés dans le souci de l'émergence d'élevage.

A la fin de cette expérience, les résultats révèlent que le taux de survie, la croissance journalière et le taux de croissance spécifique ont été évoqués. Le taux de survie observé à la fin de cette étude a varié globalement entre 46,4% pour la ration A et 72,15% pour la ration B. La croissance journalière était de 0,23g pour les larves nourries par la ration A et de 0,135g pour les larves nourries par la ration B. Les taux des croissances spécifiques ont été enregistrés respectivement de 15,13% et 12,89% pour la ration A et B.

Dans l'ensemble on constate que l'évolution de poids est proportionnelle à celle de la taille où le coefficient de corrélation $R=0,953$ pour la ration A et de $R= 0,805$ pour la ration B entre le quatrième et le cinquième jour.

Au regard des résultats issus de cette expérience ; pour une amélioration de croissance, de la survie et donc de la production d'alevins de *Clarias gariepinus* aux conditions rurales, nous proposons ce qui suit :

- La mise au point d'un aliment riche en protéines et en énergie et des dimensions adéquates (très fin au démarrage, puis de plus en plus grand au fur et à mesure que les larves s'augmentent en taille et poids), localement disponible et à un prix économiquement abordable ;
- Pratiquer régulièrement les inséminations artificielles en vue de mettre à la disposition des pisciculteurs les alevins de *Clarias gariepinus* à chaque fois que le besoin se présente ;
- Effectuer des tris hebdomadaire limitant ainsi le cannibalisme ;
- Stockage régulier des géniteurs mâles pour les multiples extractions de leurs hypophyses ;
- Bonne sélection des géniteurs mâles que femelles.

REFERENCES

- [1] Awaïss A. et Kestemont P. (1998). Feeding sequences (rotifer and dry diet), survival, growth et biochimical composition of Africa catfish, *Clarias gariepinus*, larvae. *Aquaculture Research*, 29, 731-741
- [2] Cahu C., 2004. Domestication et fonction nutrition chez les poissons. *INERA Prod. Anim.*, 17, 205 – 210.
- [3] Djoko Fataki M. 2006. Essais de production d'alevin de *Clarias gariepinus* en happas dans les marais aménagés de la Tshangu inédit, Mémoire de DEA, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa. 37p
- [4] Ducarme Ch. Et J.-C. Micha, (2003). Technique de production intensive du poisson chat-africain, *Clarias gariepinus*. *Tropicultura*, 21, 4, 189-198
- [5] El Bolock A.R. (1975). Studies on the biology and culture of *Clarias lazera* in Egyptian ponds. Status of Aquaculture in the ARAB Republic of Egypt. Symposium on Aquaculture in Africa. CIFA Tech.Pap., (4) Suppl. 1, 5-15
- [6] FAO. 2006. Rapport de « la situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2006 », aux délégués d'une cinquantaine des pays participants à la réunion biennale du sous-comité FAO de l'aquaculture (New Delhi, 4 – 8 Septembre Rome/ New Delhi 2006)
- [7] Hecht, T., Oellennann, L & Verheust, L (1996). Perspectives on clariid catfish culture in Africa. *Aquatic living Ressource*, 9 Hors series ;197-206
- [8] Hecht T., Uys W. & Britz P.J., 1 988. The culture of sharptooth catfish, *Clarias gariepinus* in Southern Africa. *S.Af. Nat. Sc. Progr. Rep.*, 153, 133p
- [9] Janssen J., 1985. Elevage du poisson chat Africain *Clarias lazera* (Cuv. & Val., 1840) en République Centre Africaine. FAO. Document technique n°20, FAO Rome : 37p.

- [10] Kahindo, J., 2011. Potentiel en produits forestiers autres que le bois d'œuvres dans les formations forestières de la région de Kisangani. Cas des rotins *Eresmopathahaulle villeana* De Wild et *Laccosperma secundiflorum* (P. Beauv) Kuntze de la Réserve Forestière de Yoko (Province Orientale, RD Congo). Thèse de doctorat, Faculté des Sciences, Université de Kisangani, 269 p
- [11] Kambashi, M., 2006 : Effet de la densité sur la croissance des larves de *Clarias gariepinus* élevées dans le bac avec renouvellement de l'eau. Mém. D.E.A. inédit. Fac. Sc. UNIKIS, 46p
- [12] Lwamba, B. 2006. Effet des différents taux d'ingrédients d'origine animale dans la ration sur la croissance des larves de (Burchell, 1 822). Mémoire de DEA inédit, Fac. Sc. UNIKIN, 45p
- [13] Micha, - J.C. 2001. Les méthodes de production intensive du Poisson chat africain (*Clarias gariepinus*)
- [14] Nshimba, H. (2008). Etude floristique, écologique et phytosociologique des forêts de l'île Mbiye à Kisangani, RD Congo. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences, Université de Kisangani, 271 p.
- [15] Rukera T.S., Micha J.C., Ducarme C. (2005). Essais d'adaptation de production massive de juvéniles de *Clarias gariepinus* en conditions rurales. *Tropicultura*, 23, 4, 231-244
- [16] Uys W. & Hecth T (1995). Evaluation and preparation of an optimal dry feed for the primary nursing of *Clarias gariepinus* larvea (Pisces: clariidae). *Aquaculture*, 47, 173-183
- [17] Viveen, W.J.A.R., Richter, C. J. J., Vanoordt, P. G. W.J, Janseene. J. A. L et Hisman, E. A, 1 985. Manuel pratique de pisciculture de poisson-chat Africain, *Clarias gariepinus*, Département de zoologie de l'Université d' Utrecht, Pays-Bas et UN-FAO BANGUI, RCA, 195p

EVALUATION DU DEGRE DE POLLUTION DE LA RIVIERE KINTAMA PAR L'UTILISATION DES MACROINVERTEBRES BENTHIQUES

[EVALUATION OF THE DEGREE OF POLLUTION OF THE RIVER FROM USE KINTAMA MACROINVERTEBRATES BENTHIC]

Marcellin AMULI BISIMWA

Institut Supérieur Pédagogique d'Idjwi, RD Congo

Copyright © 2017 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: Assessing the degree of pollution of the river Kintama by the use of benthic macroinvertebrates is the theme of this work. It was made from samples taken between July and August 2016 Idjwi island territory to characterize this said river from possible pollution. The levy was followed by sorting at the bank, identification and preservation of specimens to the laboratory for teaching and research unit in Hydrobiology applied PSI / Bukavu. Wildlife identified in this work consists of 1834 individuals corresponding to 16 families belonging to 3 main faunal groups (annelids, mollusks, arthropods). The number of benthic settlement showed that Trichoptera, Diptera, Oligochaeta, Odonata, the are dominant. Decapod crustaceans, beetles and molluscs constitute only a small fraction of the total fauna. Values of Standardized Global Biological Index ranked the water upstream and downstream of Kintama in the category of medium and bad ecological quality for those intermediate stations. On the whole, the waters of this river are medium ecological quality. Furthermore, analysis of stand structure through Shannon Weaver index and equitability showed that Kintama river is characterized by macrobenthic fauna less diverse and generally unbalanced. The index of Margalef proved that Kabati station (1,596) followed by the mouth of Lake Kivu (1,411) and Lugano (1,368 are richer compared to resorts Institute Ziwa Kivu (0.882) and Deck Kintama (0.752) poorest taxa. note that all these values were lower than 2 which means that taxonomic richness is low everywhere. the results obtained in this study, conducted in a river crossing a rural area, have seen a situation that tends to a calamity of the water quality of the Kintama and especially in its middle section.

The results of this study can also be used to conserve biodiversity and restoring these ecosystems continually impacted.

KEYWORDS: Evaluation, Kintama, macroinvertebrates, benthic, pollution, Quality.

RESUME: L'évaluation du degré de pollution de la rivière Kintama par l'utilisation des macroinvertébrés benthiques est le thème de ce travail. Il a été réalisé à partir des prélèvements réalisés entre juillet et août 2016 en territoire insulaire d'Idjwi afin de caractériser cette dite rivière par rapport à une éventuelle pollution. Le prélèvement était suivi de tri à la berge, de l'identification et de la conservation des spécimens au laboratoire de l'unité d'enseignement et de recherche en hydrobiologie appliquée de l'ISP/ Bukavu. La faune recensée dans ce travail se compose de 1834 individus correspondant à 16 Familles appartenant à 3 groupes faunistiques principaux (Annélides, Mollusques, arthropodes). L'effectif du peuplement benthique a montré que les Trichoptères, les Diptères, les Oligochètes, les Odonates, les sont dominants. Les Décapodes, les Coléoptères et les Mollusques ne constituent qu'une faible fraction de la faune totale. Les valeurs de l'Indice Biologique Global Normalisé ont classé les eaux en amont et en aval de Kintama dans la catégorie des eaux de qualité écologique moyenne et mauvaises pour celles des stations intermédiaires. D'une manière globale, les eaux de cette rivière sont de qualité écologique moyenne. Par ailleurs, l'analyse de la structure des peuplements grâce aux indices de Shannon Weaver et d'équitabilité a montré que la rivière Kintama se caractérise par une faune macrobenthique moins diversifiée et globalement peu équilibrée. L'indice de Margalef a prouvé que la station Kabati(1,596) suivie de l'embouchure du lac Kivu(1,411) puis de Lugano (1,368 sont les plus riches par rapport aux stations Institut Ziwa Kivu(0,882) et Pont Kintama(0,752) plus pauvres en

taxons. A noter que toutes ces valeurs se sont révélées inférieures à 2 ce qui signifie que la richesse taxonomique est faible partout. Les résultats obtenus dans cette étude, réalisée dans une rivière traversant un milieu rural, font constater une situation qui tend vers une calamité de la qualité des eaux de la Kintama et surtout dans son tronçon intermédiaire. Les résultats de cette étude peuvent par ailleurs être utilisés pour conserver la biodiversité et la restauration de ces écosystèmes continuellement impactés.

MOTS-CLEFS: Evaluation, Kintama, Macro-invertébrés, benthiques, pollution, Qualité.

1 INTRODUCTION

Depuis le début du siècle dernier, la qualité biologique des cours d'eau est de plus en plus étudiée dans la recherche d'indicateurs permettant de mettre en relation perturbation des écosystèmes et structures benthiques, problématique actuellement en plein essor notamment sous l'impulsion de la Directive Cadre Eau (DCE) (Grall, J., Coïc, N., 2006.).

Dans la mesure où ces écosystèmes accumulent des nutriments provenant de diverses sources, cela provoque des problèmes écologiques, les plus répandus étant la pollution et l'eutrophisation de l'eau douce à l'échelle mondiale (CAMARGO et al. 2004 cité par Daphné, 2008).

La pollution limitée il y a encore quelques dizaines d'années aux régions fortement industrialisées, devient un problème mondial et nous concerne davantage (Micha et Noiset, 1982; Vicente, 2011).

Ces pollutions sont importantes et causent un grand problème régional et local de santé publique, car elles provoquent certaines maladies épidémiques véhiculées par les eaux continentales telles que le choléra, la fièvre typhoïde, le paludisme, la schistosomiase et la paratyphoïde (Labbo et al. 2003; Alhou, 2007 cités par D. ZIRIRANE et al, 2014)

Etant donné que chaque espèce a ses exigences écologiques (O_2 dissous, température, pH...), confrontés à l'eutrophisation, certaines vont disparaître tandis que d'autres, appelés bio-indicateurs vont proliférer. Ainsi faudra-t-il disposer constamment des informations sur l'état des écosystèmes aquatiques. Pour caractériser l'état des écosystèmes aquatiques, une rivière par exemple, des indicateurs chimiques et biologiques sont sollicités. Ces bio-indicateurs permettent de mettre en évidence les modifications naturelles ou provoquées intervenues dans une rivière donnée (BEAUX, 1997 cité par GISELE, 2007). Dans le cadre de cette étude, les macro-invertébrés sont utilisés comme bio-indicateurs.

La rivière, considérée comme un milieu vivant, est sans cesse agressée par des pollutions humaines ; urbaines, agricoles et industrielles. Ces pollutions mettent en danger la faune et la flore mais aussi les eaux des nappes phréatiques et de surface, utilisées pour diverses fins. Les déchets entraînés par les érosions, l'exploitation du sable et les détergents issus de lavage des vaisselles, lessivage, la baignade, etc. apportent un lot des risques en matière d'hygiène et de santé publique dans la chefferie NTAMBUKA. Ainsi, la rivière KINTAMA qui se déverse au lac Kivu ferait actuellement face à une menace de grande ampleur. Il est donc très important et plus qu'urgent de connaître l'état de la qualité des eaux de cette rivière. Cela permettra de proposer aux décideurs des stratégies de lutte contre la pollution dans cette rivière qui, par la suite, atténueraient les menaces qui pèsent sur la biodiversité de cette dernière et celles du lac Kivu et surtout sur la population qui l'utilise pour la lessive et la baignade.

De ce qui précède, quelques questions ont été formulées :

- Quels sont les macroinvertébrés qui colonisent la rivière Kintama de l'amont jusqu'à l'aval?
- Cette biocénose est-elle bien diversifiée et équilibrée ?
- Où serait classée la rivière Kintama sur l'échelle de pollution des eaux ?

A l'instar d'autres rivières qui traversent la chefferie NTAMBUKA, la rivière KINTAMA, est soumise aux activités anthropiques qui affecteraient la qualité de ses eaux.

Nous avons préféré travailler durant la période sèche pour pouvoir inventorier les macroinvertébrés constants habitant naturellement les différentes stations de la rivière Kintama afin d'avoir une idée plus ou moins claire sur les impacts des activités humaines sur la composition faunique à l'abri des familles accidentelles et/ou accessoires.

L'intérêt de ce travail est double :

- Sur le plan didactique les résultats de cette étude, relatifs à l'inventaire faunistique pourront inspirer l'enseignant de Zoologie de la Chefferie NTAMBUKA en particulier et du Territoire d'Idjwi en général quant à l'illustration de ses leçons.

- Sur le plan pratique, pour lutter contre la pollution des eaux et la dégradation de notre environnement, nos gouvernants pourront se servir de nos données afin de renforcer la lutte.

Bahati et Amuli (2015) ont pu travailler sur les rivières du Territoire d'Idjwi dans le but d'inventorier les divers macroinvertébrés peuplant ces cours d'eau. Ils avaient inventorié 2203 spécimens, 31 familles regroupées en 12 ordres. Selon leur ordre de classement, c'est la rivière KINTAMA qui renfermait trop peu d'individus (374 soit 17%). Ce sont en somme de rivières de faible biocénose.

L'objectif essentiel de cette étude réalisée durant 2 mois consiste à inventorier les macroinvertébrés de la rivière KINTAMA d'une part et d'évaluer la qualité biologique de ses eaux à l'aide de l'indice biologique global normalisé.

Pour y parvenir, nous allons procéder par le prélèvement des macroinvertébrés benthiques, leur identification suivie de leur conservation. Cet inventaire faunistique nous permettra de calculer les indices de Shannon-Weaver, d'équitabilité, de Margalef et l'Indice biologique global normalisé traduisant la qualité des eaux.

2 MATERIEL ET METHODE D'ETUDE

2.1 PRÉSENTATION DU MILIEU D'ÉTUDE

La rivière Kintama est située en Territoire insulaire d'Idjwi (île qui se situe entre 1°56 et 2°8 de latitude Ouest et entre 28°56' et 29°5' de longitude Est.). Par manque d'un Geographic position satellite(GPS), certaines données importantes n'ont pas été réunies. Toutefois, la documentation a permis d'estimer ces valeurs de latitude et longitude citées ci-haut. Elle prend sa source à partir de marais de Lugano et se joint à son premier grand affluent à Kabati dans un relief montagneux. Cet affluent prend sa source à environ 8km à Kajororo à l'Est de l'île. La rivière Kintama reçoit les eaux d'autres affluents notamment Kashherhe, kabongo, Nyalurhale et nyakenji. A son aval, il se jette dans le bassin versant de Kintama du lac Kivu a Kintama.

Son cours s'étend en grande partie dans la zone agricole et forestière.

Cette rivière a une longueur d'environ 15 km. La Kintama se trouve dans une zone dont le climat est de type tempéré doux et humide avec l'intermittence de deux saison à savoir : la saison de pluie qui s'étend sur neuf mois environ (de septembre à mai) et la saison sèche qui prend pratiquement 4 mois (de mai jusqu'en août). Les températures moyennes annuelles oscillent autour de 17 °C pendant la période la plus froide en saison de pluie et 30° au moment le plus chaud en saison.

Les stations d'étude retenues sont situées au niveau de Lugano (en amont vers la source), à Kabati, à l'Institut Ziwa Kivu dans le cours moyen de la rivière, au pont Kintama (environs 100m du lac) et l'embouchure du lac Kivu. Les substrats sont partout argilo-sableux dominant et argilo-sableux-pierreux sauf à l'embouchure où c'est exclusivement argileux. C'est un cours d'eau à faible débit (moins de 3m³/sec). (<https://fr.wikipedia.org/wiki>)

Les macroinvertébrés ont été échantillonnés à l'aide d'un filet troubleau d'une ouverture de 30cm de diamètre sur une profondeur d'environ 8cm à 110cm selon la station et sur une épaisseur de substrat d'environ 15cm. Les stations présentant des macrophytes ont été échantillonnées avec ses plantes immergées à l'aide du même filet troubleau pendant environ 35 secondes.

Après chaque prélèvement, les spécimens étaient débarrassés des débris organiques (parties des plantes, des macroinvertébrés...) et inorganiques (boue, sable, cailloux...) à la berge et conservé dans des bocaux contenant de l'éthanol à 80%. Il n'a pas été cessé d'indiquer le nom de la station et le faciès pour chaque prélèvement des individus.

2.2.2 LE TRI, L'IDENTIFICATION ET LA CONSERVATION DES INDIVIDUS RÉCOLTÉS

Les organismes ont été triés et identifiés jusqu'au niveau des familles par fraction successive dans des boîtes de Pétri à fond quadrillé au laboratoire d'unité d'enseignement et de recherche en hydrobiologie appliquée de l'ISP-Bukavu). La détermination jusqu'à l'espèce des larves d'insectes aquatiques est impossible pour beaucoup d'espèces sans un suivi pendant au moins une année (Zougghaghe et al. 2014). C'est pourquoi l'identification a été limitée au niveau familial comme le propose aussi Moisan et Pelletier (2008) qui estiment que la structuration de communautés des macro-invertébrés benthiques des cours, regroupant les variables métriques et des indices tel l'indice de diversité de Shannon peuvent être définis au niveau taxonomique qu'est la famille. Des pinces métalliques (entomologiques), un bac à tri, une loupe binoculaire de marque F. MASSON BRUXELLES-BRUSSEL et les clés de détermination proposées par Micha et Noiset (1982) et Tachet et al. (1980) ont été indispensables à cet effet. Ensuite, les spécimens ont été comptés avant de les conserver dans des bocaux contenant de l'alcool à 80%.

2.2.3 ANALYSE DES MACROINVERTÉBRÉS BENTHIQUES

- La richesse taxonomique a été affinée sous forme d'indice de Margalef (Hammer, 2010). Cette richesse est le nombre de taxons dans un échantillon qui reflète la diversité du peuplement. Les valeurs <2 indique une zone de faible diversité et >5 prouve une bonne richesse taxonomique (Nihoreye, 2012)
- L'abondance relative, exprimée sous forme de pourcentage par rapport à l'ensemble de l'échantillon.
- Les indices de structure tels que la diversité taxonomique a été déterminée grâce à l'indice de Shannon-Weaver (biodiversité) et l'équitabilité faunistique par l'indice de Pielou ou indice d'équitabilité (équilibre de peuplements) (Firmignac et al., 2008, Hammer, 2010).

Les valeurs de l'indice de Shannon-Weaver varient entre 0 et 5. Lorsqu'il est ≥ 3 , la faune est très diversifiée. L'indice de diversité biologique de Shannon (Shannon et Weaver, 1949) est donné par la formule :

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

$$p_i = N_i / N$$

N_i : nombre d'individus d'un taxon donné, i allant de 1 à S (nombre total de taxons).

N : nombre total d'individus.

H' est minimal (=0) si tous les individus du peuplement appartiennent à un seul et même taxon, H' est également minimal si, dans un peuplement chaque espèce est représentée par un seul individu, excepté un taxon qui est représenté par tous les autres individus du peuplement.

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

Avec H' = Indice de Shannon-Weaver

$H'_{\max} = \log 2S$ = valeur maximale de H' en cas d'équidistribution des individus

- L'indice est maximal quand tous les individus sont répartis d'une façon équitable sur tous les taxons.
- Le peuplement est en équilibre si les valeurs d'indice d'équitabilité est maximal (=1). Il tend vers 0 lorsque le peuplement faunistique est concentré sur un taxon. L'équitabilité est utilisée pour comparer les diversités entre des échantillons ayant des richesses différentes.

L'indice biologique global normalisé (IBGN) et son interprétation écologique ont été envisagés afin de déterminer la note caractérisant chacune de stations en particulier et l'état écologique de la qualité des eaux de la Kintama en général.

Tableau 1 : Limites de classes de la grille de la qualité de l'IBGN

La note IBGN a été obtenue en croisant la classe de variété avec le numéro du groupe faunistique indicateur, soit, selon la formule : « IBGN = N° du groupe faunistique indicateur + (N° de classe de variété — 1) avec IBGN ≤20 ».

En l'absence significative de taxons indicateurs (n < 3 ou 10 individus), la note I.B.G.N. est égale à 0. (ETUDES DES AGENCES DE L'EAU N°00(EAE), 2000.)

TRES-BON	BON	MOYEN	MAUVAIS	TRES MAUVAIS
BLEU	VERT	JAUNE	ORANGE	ROUGE
20-17	16-13	12-9	8-5	4-1

Enfin, hormis l'IBGN, tous ces indices ci-haut cités ont été exécutés grâce au logiciel PAST Ver. 2.00 (Hammer, 2010)

3 PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS

3.1 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

3.1.1 PARAMÈTRES PHYSIQUE DE LA RIVIÈRE KINTAMA

Dans cette partie, nous allons présenter certains paramètres physiques tels que la température, la vitesse, la profondeur, la largeur, le couvert des berges et l'ensoleillement.

Tableau 2. Caractéristiques physiques de la rivière Kintama

Légende : S1 : Station I (Lugano); S2 : Station II (Kabati); S3 : Station III (Institut Ziwa Kivu); S4 : Station IV (Pont kintama); S5: Station V (embouchure du lac Kivu).

Paramètres physiques	S1	S2	S3	S4	S5
Température moyenne en °C	20	23	25	22	25
Vitesse du courant en m/s	20	32,3	23,8	45,5	8,1
Profondeur en cm	8	24	66	20	110
Largeur mouillée en cm	40	107	180	180	180
Largeur non mouillée en cm	80	220	220	260	500
Couverture/berges et support végétal dominant	Herbacés : patate douce. ±Macrophytes	Herbacé : fausses cannes et Lantana kamara/ Macrophytes	Herbacé/berge droite. Nu/ berge gauche/ Macrophytes	Herbacé : fausses cannes/débris végétaux	Herbacé : diverses feuilles
Ensoleillement	Moyen	Fort	Fort	Faible	Fort

Ce tableau 3 fait voir clairement que la température la plus élevée se situe au niveau des stations S3 et S5 dont chacune a la valeur de 25°C tandis que la plus faible température est à la station S1.

Il est à remarquer aussi que la vitesse du courant la plus grande est à la station S4 avec une valeur de 45,5 cm/s pendant qu'à la station S5, cette vitesse n'est que de 8,1m/s. En effet, outre les stations S2 et S4 qui ont une vitesse moyenne car se situant dans la classe de vitesse 75-25, les autres stations (S1, S3 et S5) ont une vitesse moyenne en référence à leur classe de vitesse entre 25-5. La station S4 (45,5cm/s) et la station S2 (32,3cm/s) sont des stations à vitesse du courant rapide (>30cm/s) par rapport à toutes les autres. La station la plus profonde est la S5 avec 110cm suivie de la S3 avec 66cm. Vient en dernier

lieu la S1 avec une profondeur de 8cm. Hormis les stations S5 (110cm) et S3 (66cm), toutes les autres sont moins profondes (<50cm).

La largeur varie de 40 à 180 et la couverture végétale des berges est dominée par les herbacées.

Des macrophytes poussent bien dans les tronçons de cours d'eau ensoleillés alors que, dans les tronçons de cours d'eau faiblement ensoleillés, on trouve une abondante accumulation de débris végétaux tels des feuilles mortes, les morceaux des tiges submergés, les épiluchures de cannes à sucre, etc.

3.1.2 PEUPLEMENT DES MACROINVERTÉBRÉS

Tableau 3. Composition des Macroinvertébrés

Un total de 12 taxons appartenant aux Insectes, 2 aux Mollusques 1 aux Crustacés et 1 aux Oligochètes ont été identifiés (Tableau I).

FAUNES	STATIONS					Effectif total
	S1	S2	S3	S4	S5	
TAXONS	Total	Total	Total	Total	Total	
TRICHOPTÈRES						
Philopotamidae	84	84	2	1	8	179
Hydropsychidae	230	168	9	0	0	407
EPHEMEROPTERES						
Baetidae	3	126	0	45	0	174
Caenidae	172	26	15	0	100	313
Heptageniidae	0	3	0	0	0	3
DIPTÈRES						
Chironomidae	167	13	19	131	82	412
Anthomyidae	0	2	0	0	0	2
Athericidae	0	12	0	0	0	12
Ceratopogonidae	22	16	0	1	0	39
COLÉOPTÈRES						
Dytiscidae	0	0	0	0	1	1
ODONATES						
Coenagrionidae	32	74	48	26	20	200
Libellulidae	6	0	0	0	16	22
CRUSTACÉS						
Potamonidae	2	0	0	0	0	2
MOLLUSQUES						
Limnaeidae	0	0	0	0	6	6
Planorbidae	0	0	0	0	20	20
OLIGOCHÈTES(tubificidae)	3	2	0	0	37	42
Effectif total	721	526	93	204	290	1834
Nombre de taxons	10	11	5	5	8	16

Au total, 16 taxons (familles) d'invertébrés aquatiques ont été recensés sur l'ensemble de la rivière Kintama tout au long de cette étude. Ces taxons se répartissent dans les groupes zoologiques cités ci-haut.

Parmi les 16 taxons identifiés, seuls les insectes occupent une place de choix (12 taxons). La station qui présente le plus grand nombre de spécimens est la S1 (721) suivie de la S2 (526) tandis que la plus pauvre de toutes est la S3 (93). Les deux premières stations sont bordées de couverts végétaux naturels et les perturbations anthropogéniques y sont très négligeables contrairement à la station S3 qui subit une exploitation abondante de sable.

Les taxons représentés à chaque station sont les Chironomidae, les coenagrionidae et les Philopotamidae. Les Caenidae sont présents également partout sauf à la station S4. Il est donc à constater que la rivière Kintama est moins diversifiée.

3.1.3 ABONDANCE QUANTITATIVE GLOBALE DES GROUPES FAUNISTIQUES

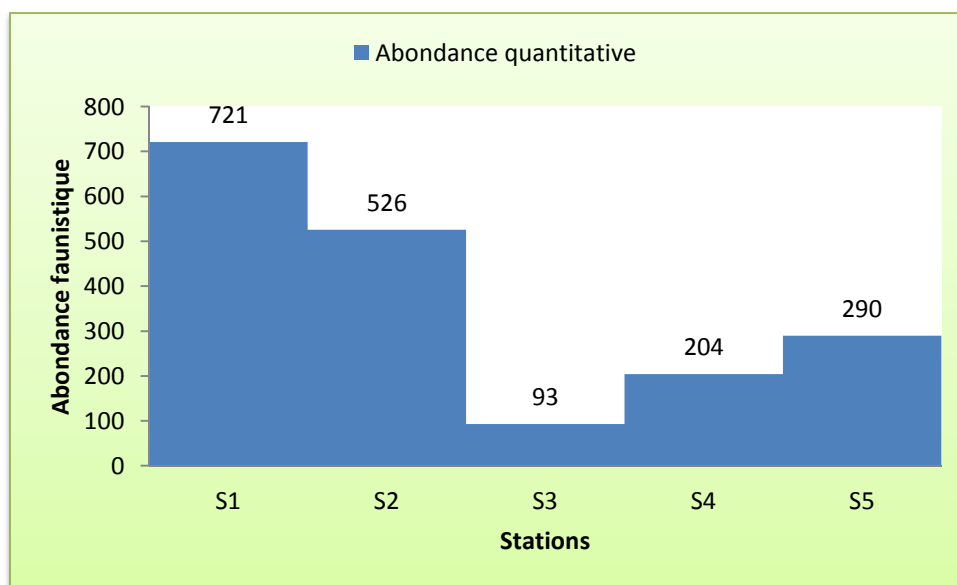


Figure 2 : Abondance faunistique de la rivière Kintama

3.1.4 ABONDANCES RELATIVES DES PRINCIPAUX GROUPES TAXONOMIQUES

La figure ci-dessous présente l'abondance relative des macroinvertébrés à travers différentes stations.

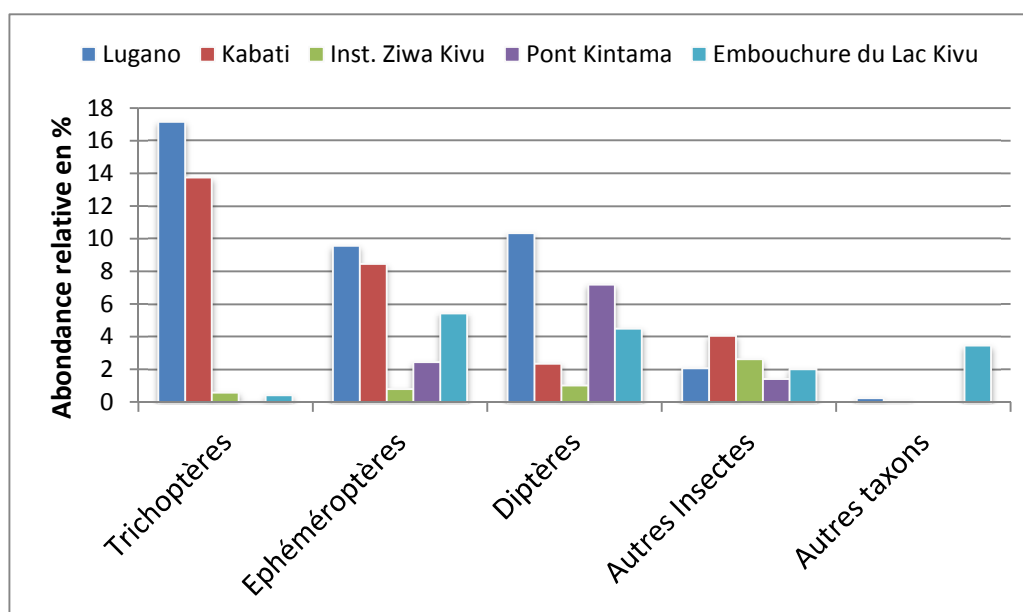


Figure 3 : Abondance relative des groupes faunistiques de la Kintama

Les figures ci-dessus, présentent une configuration qui fait voir directement une différence nette entre les différentes stations quant à l'abondance quantitative et relative. Les deux premières stations vers la source(en amont) présentent une abondance beaucoup plus élevée que l'intermédiaire dont d'ailleurs l'abondance relative est faible. Les valeurs de l'abondance quantitative varie entre 721 et 93 ce qui implique également une variation de l'abondance relative qui se situe dans la fourchette de 0,00% et 0,17%. Les Insectes à eux seuls représentent 1764 individus de l'effectif total soit 96,18%. Ils

sont regroupés en 5 ordres dont les Trichoptères, les Ephéméroptères, les Diptères, les Coléoptères et les Odonates. Les Crustacés, les Mollusques et les Oligochètes n'y sont représentés que minoritairement.

3.1.5 INDICE DE DIVERSITÉ

Le tableau ci-après reprend les différentes caractéristiques indicielles de la rivière étudiée.

Tableau 4 : Indices de diversité de différentes stations de la rivière Kintama

Stations	Lugano	Kabati	Institut Ziwa Kivu	Pont Kintama	Embouchure du Lac Kivu
Margalef	1,368	1,596	0,882	0,752	1,411
Shannon	1,642	1,78	1,269	0,9325	1,715
Equitabilité	0,7132	0,742	0,7883	0,5794	0,7803

La figure ci-dessous indique les valeurs de l'indice de Margalef.

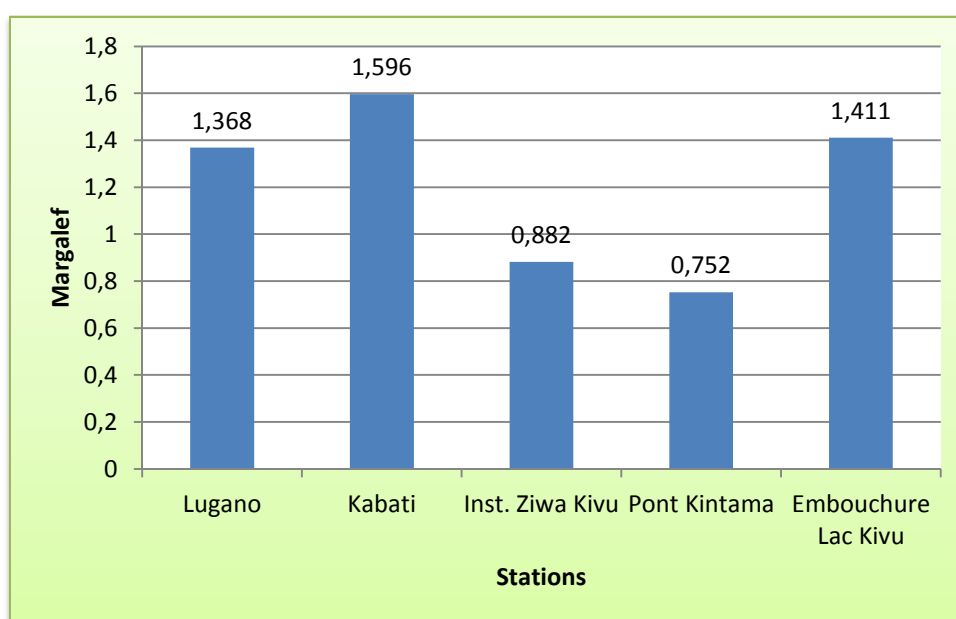


Figure 4 : Expression de la richesse taxonomique par l'indice de Margalef

Comme signalé un peu plus haut, les insectes sont les plus dominants de tous les taxons qui ont été inventoriés (96,18%). L'ordre le plus représenté est celui des Trichoptères (31,95%) suivi des Ephéméroptères (26,7%), des Diptères (25,35%), des Odonates (1,19%) et enfin les Coléoptères (0,05%). Le seul Coléoptère trouvé témoigne une présence accidentelle dans cette station Pont Kintama (S4). Les spécimens les plus représentés sont les Chironomidae (22,46) et les Hydropsychidae (22,19%). Les Caenidae et les Coenagrionidae sont également abondants car représentés respectivement par 17,06% et 10,90%. Les Chironomidae et les Coenagrionidae sont présentes dans toutes les stations tandis que les Hydropsychidae ne sont que dans les stations en amont (S1 et S2), Lugano et Kabati.

Aussi faudra-il constater que, la répartition biogéographique selon l'indice de Margalef montre que la station S1 de l'amont, S2 intermédiaire qui ne connaissent pas trop de perturbations humaines et ayant une diversité des habitats présentent une meilleure richesse spécifique par rapport aux autres. La station S5 en aval est bordée des macrophytes et présente une bonne richesse également. C'est probablement à cause de son homogénéité de substrat. Les 2 autres stations (S3 et S4) intermédiaires sont visiblement pauvres en termes de richesse spécifique.

3.1.6 VARIATION DES INDICES DE SHANNON-WEAVER ET D'ÉQUITABILITÉ DANS LA RIVIÈRE KINTAMA

La figure ci-après montre l'allure des indices de Shannon-Weaver et d'équitabilité.

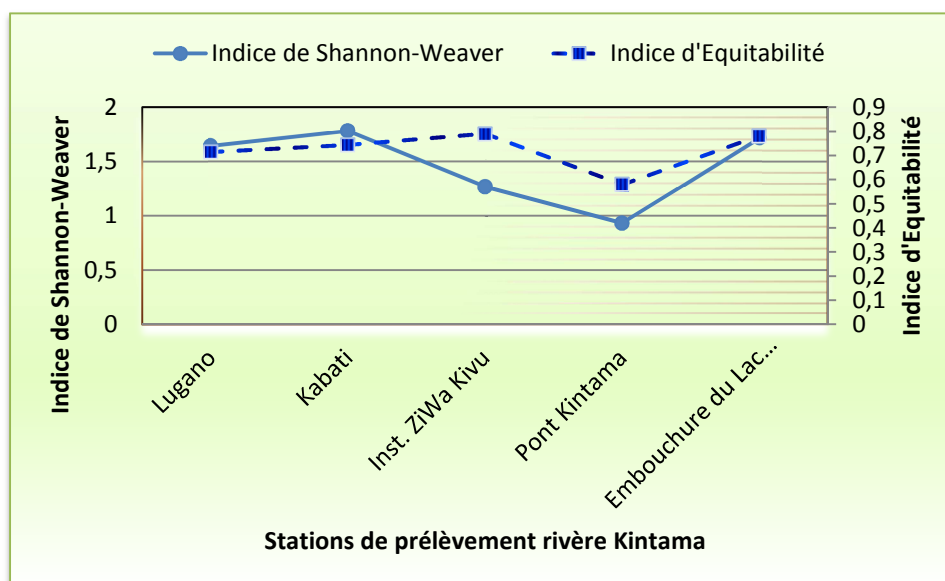


Figure 5: Variation des indices de Shannon et d'Équitabilité

Les indices de Shannon les plus élevés par rapport aux autres sont signalés aux stations S2(1,78), S5(1,72) et à la S1(1,64). Les S3 et S4 présentent des indices voisins respectivement (1,25 et 0,93). Ces 2 dernières stations sont relativement moins diversifiées par rapport aux stations restantes. D'une manière globale, cette rivière Kintama se caractérise par une faible diversité (Indice de Shannon inférieur à 3 partout) par suite de quelques espèces largement dominantes par rapport aux autres.

En termes d'équitabilité, les valeurs varient entre 0,58 et 0,78. La station S4 semble s'écarter un peu des autres avec une valeur de 0,58. Ce qui revient à dire qu'il y a un taxon qui domine les autres à l'instar des Coenagrionidae. Cette station se trouve juste avant le pont de Kintama où les activités humaines sont multiples (puisage de l'eau, lessive, baignade, vente des cannes à sucre, jet des déchets surtout organiques par les passants...).

Par ailleurs, l'allure de la figure 5 ci-haut, laisse voir une corrélation positive entre les indices de Shannon et d'équitabilité.

3.1.7 INDICE BIOLOGIQUE GLOBAL NORMALISE (IBGN)

Il sera question de déterminer la valeur de l'IBGN pour chaque station afin de rendre plus aisée l'interprétation.

Le tableau 6 donne des renseignements sur les valeurs des IBGN pour les stations.

Tableau 5: Calcul de l'IBGN pour les 4 stations

FAUNES	STATIONS					Effectif total
	S1	S2	S3	S4	S5	
TAXONS	Total	Total	Total	Total	Total	
TRICHOPTÈRES						
Philopotamidae	84	84	2	1	8	179
Hydropsychidae	230	168	9			407
EPHEMEROPTERES						
Baetidae	3	126		45		174
Caenidae	172	26	15		100	313
Heptageniidae		3				3
DIPTÈRES						
Chironomidae	167	13	19	131	82	412
Anthomyidae		2				2
Athericidae		12				12
Ceratopogonidae	22	16		1		39
COLÉOPTÈRES						
Dytiscidae					1	1
ODONATES						
Coenagrionidae	32	74	48	26	20	200
Libellulidae	6				16	22
CRUSTACÉS						
Potamonidae	2					2
MOLLUSQUES						
Limnaeidae					6	6
Planorbidae					20	20
OLIGOCHÈTES(Tubificidae)	3	2			37	42
Effectif total	721	526	93	204	290	1834
Variété totale	10	12	6	6	10	16
Classe de variété	4	4	2	2	4	5
Groupe indicateur	8	8	3	2	8	8
IBGN	11	11	4	3	11	12

L'IBGN permet de traiter l'échantillon afin de répondre favorablement à la préoccupation majeure, savoir la détermination du degré atteint par la population de cette rivière Kintama. En observant cet écosystème Kintama, il se fait remarquer qu'il n'y a pas des déchets domestiques jetés tout au long de la rivière à part la station S4 (pont Kintama). Toutefois quelques activités anthropologiques sont applicables comme le lessivage, l'utilisation des eaux, la baignade, les excréments des animaux domestiques et l'exploitation du sable. Selon VERNEAU et COLL, 1982 (cités par GAY, 1994), l'IBGN constitue une information synthétique exprimant l'aptitude d'un site d'eau courante au développement des invertébrés benthiques toutes causes confondues.

3.1.8 VARIATION D'IBGN EN FONCTION DES STATIONS

L'évolution d'amont en aval de la qualité de la rivière Kintama durant les 3 campagnes de prélèvement est consignée sur la figure ci-après.

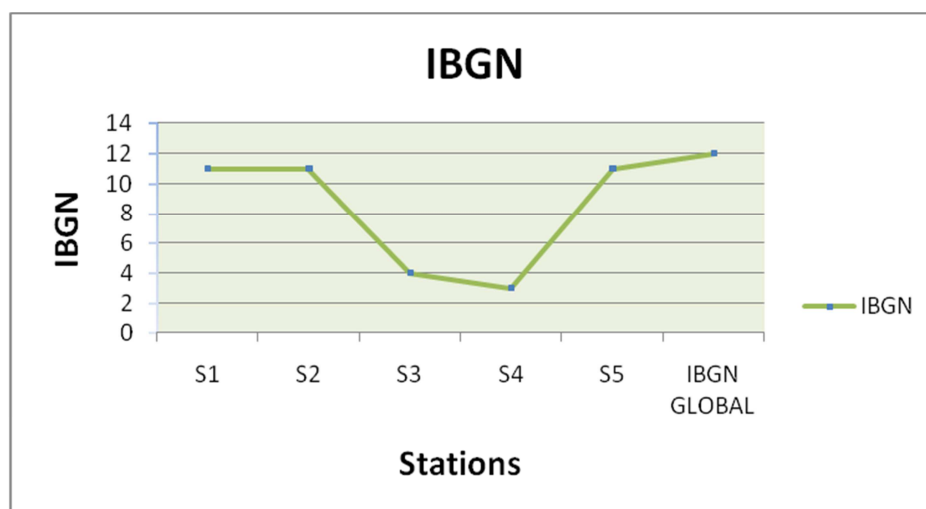


Figure 6 : variation d'IBGN dans la rivière Kintama

De part les différentes valeurs des indices biologiques globaux normalisés, il se révèle à partir d la figure 6 que, d'une manière globale, la rivière Kintama est moyennement polluée (IBGN=12).

Trois stations présentent des IBGN=11. Ces stations Lugano(S1), Kabati(S2) vers l'amont et Embouchure du Lac Kivu(S5) en aval traversent les marais. Les valeurs d'IBGN de ces deux dernières stations indiquent des eaux de très mauvaises qualités. Cela traduit une qualité douteuse des eaux de ces dites stations.

Aussi est-il que l'idée de la pollution organique sévère est envisageable dans ces deux stations partant de ce constat. Les Chironomidae ayant un niveau de tolérance 8, sont bien abondants résistants à cette pollution moyenne dans cette rivière.

3.2 DISCUSSION

Plusieurs facteurs abiotiques peuvent influencer la distribution des macroinvertébrés benthiques dans une rivière, notamment la température, la vitesse du courant, la nature de substrat, l'abondance des macrophytes, la largeur de la rivière, etc. (Pelletier, 2002 cité par FERGANI H. & ARAB A.,2013). Les peuplements de la rivière Kintama sont donc thermophiles compte tenu de leurs températures élevées.

La température est un paramètre écologique significatif connu comme influençant la structure des communautés aquatiques (Giller and Malmqvist, 1998 cité par Ngodhe,S. O. et al, 2014) surtout dans les distributions des espèces (Rostgaard and Jacobsen, 2005).

Il est à remarquer aussi que la vitesse du courant la plus grande est à la station S4 avec une valeur de 45,5 cm/s pendant qu'à la station S5, cette vitesse n'est que de 8,1m/s. en effet, outre les stations S2 et S4 qui une vitesse moyenne car se situant dans la classe de 75-25, les autres stations(S1,S3 et S5) ont une vitesse moyenne en référence à leur classe de vitesse entre 25-5 (AFNOR, 2009). La station la plus profonde est la S5 avec 110cm suivie de la S3 avec 66cm. Vient en dernier lieu la S1 avec une profondeur de 8cm. Outre les stations S5 (110cm) et S3 (66cm), toutes les autres sont moins profondes (<50cm) d'après Moisan et al. (2013). Quant à la vitesse, selon le même auteur, la station S4 (45,5cm/s) et la station S2 (32,3cm/s) sont des stations à vitesse du courant rapides (>30cm/s) par rapport à toutes les autres.

La largeur et la couverture végétale des berges est aussi un paramètre important d'autant plus que la bande végétale exerce un pouvoir tampon sur les polluants provenant du ruissellement. Elle contrôle l'érosion et fournit des habitats et un apport nutritif lié à la chute des feuilles. La dégradation de cette bande est souvent causée par le développement urbain et ses infrastructures (routes, stationnement, bâtiments et golf). Pour notre cas, elle peut aussi être causée par la présence de cultures, de pâturages, de gazon, de roches ou de sol nu (MDDEFP, 2013).

La rivière Kintama est un petit cours d'eau selon ses largeurs (variant entre 40cm et 180cm) et ses profondeurs <50cm à travers les stations (excepté la station Institut Ziwa Kivu et la station embouchure du Lac Kivu où les valeurs excèdent 50cm) comme celles de Bukavu (Nihoreye, 2012).

ABONDANCE QUANTITATIVE ET RELATIVE

La rivière kintama renferme en majorité des Insectes (97%). Cette même abondance relative avait déjà été signalée par Nihoreye (2012) dans les 7 cours d'eau de Bukavu (97,5%), par Ngera et al (2009) dans 3 cours d'eaux de Lwiro (97,5%), Bahati et Amuli (2015) dans les cours d'eau d'Idjwi, par Sanogo et Kabre (2014) dans un continuum lac de barrage-effluent-fleuve au Burkina (75%). la dominance des insectes est une caractéristique de zones lotiques en général où les insectes aquatiques représentent près de 95% (Lee et al, 2006 in Touzin et Roy, 2008 cité par Nihoreye, 2012) et des eaux douces africaines en particulier (Diomande et al, 2008).

En comparaison avec les résultats familiaux des chercheurs prédécesseurs sur cette rivière, le nombre de familles trouvé dans le présent travail (16) diffère significativement de celui obtenu par Bahati et Amuli(2015) qui n'en ont inventorié que 6. Il doit peut-être y avoir eu une forte perturbation (variation saisonnière, surexploitation de sable) qui aurait eu des retombées néfastes sur les communautés benthiques.

Cependant, un fait frappant est qu'en 2015, aucun Chironomidae n'a été inventorié (0%) contrairement à 2016 où ils sont représentés par 22,5% dans la même rivière. De l'amont jusqu'à l'aval, nous n'avons pu noter aucun renseignement qui nous permettrait d'expliquer ce constat. Ce contraste nécessite une révisitation du site afin de mieux fournir des éléments explicites.

En somme, le nombre de familles inventorié dans cette étude comme ceux inventoriés par beaucoup de chercheurs congolais (Ngera, 2009), Nihoreye (2012), Bahati et Amuli (2015), etc. sont en deçà des 59 familles obtenues par Foto et al. (2010 cité par Sanogo, S., 2014) lors de la caractérisation d'un site de référence au niveau d'un cours d'eau. Ceci revient à supposer que, dans l'ensemble, nos rivières sont peu diversifiées

Des inventaires réalisés dans plusieurs rivières de hautes altitudes au Kenya, ont donné des résultats sur la richesse faunistique qui se rapprochent aux nôtres (MIKE et al., 2002 cité par Ngera M.F, 2009). Les auteurs ont identifié 9 ordres dans la classe des insectes dont les Ephéméroptères, les Trichoptères, les coléoptères, les Diptères, et les Plécoptères. Seul le dernier ordre n'a pas été identifié dans ce travail.

La pratique de rejets domestiques, industriels, etc. couramment rencontrée dans les milieux urbanisés (Zirirane, D, 2012) presque inexistante le long de la kintama explique la présence des Ephéméroptères(26,71%), groupe polluo-sensible. En effet, cette présence confirme que la richesse taxonomique des Ephéméroptères baisse avec l'urbanisation (Carlisle et al, 2007 cité par Diomande et al, 2009). Toutefois, l'abondance relative des Chironomidae inventoriés (22,5%) laisserait croire que cette rivière est polluée puisque c'est un taxon dominant dans les eaux polluées selon Zwart et al (1995 cité par Nihoreye, F., 2012). Face à cette idée apparemment acceptable, Zougaghe(2010 cité par Zougghaghe., 2014) rappelle qu'une abondance relative serait aussi due à la concentration de la faune du fait d'un espace de colonisation réduit en période de basses eaux, mais peut être aussi aux conditions défavorables de la période d'étiage qui est une période de concentration maximale des pollutions organiques, de températures plus élevées et de faibles débits qui favorisent le développement ou bien l'explosion de quelques taxons préférant ces conditions.

L'absence des Plécoptères dans Kintama à ce jour, reste mystérieuse. Ce même constat a été soulevé en 2015 par Bahati et Amuli dans les cours d'eau d'Idjwi. Sachant que cet ordre affectionne les cours d'eau froids de montagne avec une concentration en oxygène dissous (Consiglio, 1980 cité par V. Ferrito, 1994 ; Aubert, J., 1959), il sied de rappeler que la température élevée en saison sèche serait en corrélation positive avec la faible diversité observée ici. Cet avis est aussi partagé par Ngodhe et al. (2013) dans son étude sur le lac Victoria. Dans la kintama, les températures sont supérieures à celles observées sur de nombreux milieux peu perturbés d'après le diagnostic piscicole réalisé par le C.S.P direction régionale d Dijon (Firmignac, F. et al, 2008).

Tous les relevés thermiques des stations ont donné des valeurs supérieures à 15°C. Cela suppose que seuls les thermophiles résisteraient dans Kintama au détriment des psychrophiles que sont les Plécoptères durant la saison sèche. Il revient de vérifier en saison pluvieuse, ce que l'analyse fournirait quant à ce.

Les espèces largement dominantes par rapport aux autres, font que les indices de diversité de margalef, de Shanon et d'équitabilité soient faibles. Il a été remarqué qu'à l'embouchure, à Lugano et à Kabati les indices de Shannon et d'équitabilité sont bien élevés. Cette situation se traduit par les impacts négligeables des activités humaines. La diversité potentielle des macroinvertébrés benthiques est réduite dans les stations S3 et S4 par suite des plusieurs raisons notamment les apports exogènes réduits en comparaison à d'autres stations vers l'amont fertilisées par des affluents (Kasherhe, kabongo et nyakenji). Aussi, l'absence de végétations à la berge gauche de la S3 en regardant l'amont, diminue les apports en éléments nutritifs endogènes (Ngera, M.F et al, 2009). Il s'y ajoute une forte perturbation de ces deux sites dus aux activités humaines (exploitation massive du sable qui dénature les habitats). La note élogieuse de Strachan, S. (2009)

inspire que le déséquilibre entre les taxons ou la dominance de quelques taxons dans une communauté peuvent indiquer l'exposition à un stress environnemental.

Toute cause confondue, Les macro-invertébrés benthiques constituent la ressource première en nourriture pour les poissons d'intérêts récréatifs et commerciaux (Barbour, T.M., 1999), il est donc impérieux de rectifier le tir afin de conserver cet écosystème de peur que notre nature ne vienne à se dégrader davantage. De ce qui précède, il se révèle que les communautés benthiques de la rivière Kintama sont peu équilibrées par rapport à la valeur 1 pour une communauté équilibrée. Il y a donc lieu de penser que la majorité des faunes benthique de la rivière Kintama se concentrent sur une minorité des taxons tel qu'il en est le cas des Hydropsychidae et des Chironomidae dans ce travail. Ainsi donc le peuplement est moins structuré et moins stable.

Par rapport à l'IBGN, contrairement à ce qu'avait observé Ngera M.F. en 2013 dans la rivière Kalengo qui avait des eaux d'une bonne qualité biologique, la rivière Kintama est moyennement polluée durant la saison sèche de 2016. Ceci rejoint les résultats de DUNIA M. F(2015) qui avait observé une pollution moyenne dans la rivière Zira en Chefferie Rubenga. Les stations S3 et S4 indiquent un IBGN bas à cause possiblement de l'exploitation massive du sable conduisant à une forte perturbation de l'écosystème. Cette situation avait déjà été prédite par Bahati et Amuli B.(2015). Il y a été observé de part et d'autre, quelques déchets organiques jetés par les cultivateurs dans cette rivière et aussi par les passants.

Certaines de nos stations traversent les marais. En effet, le marais est un véritable filtrant des eaux des rivières (Bagalwa, 2006 in Zirirane, D. et al., 2014). Trois stations présentent des IBGN=11. Ces stations Lugano(S1), Kabati(S2) vers l'amont et Embouchure du Lac Kivu(S5) en aval traversent les marais qui exerce une auto-épuration des ces sites. Ceci diminuerait les matières en suspension nuisibles aux macro-invertébrés (Zirirane, D. et al, 2014) en bloquant les branchies et entraînant la mort des macroinvertébrés (Lenat et Crawford, 1994) et par ricochet, expliquerait leurs valeurs d'IBGN élevés par rapport aux 2 autres stations, Inst. Ziwa Kivu(S3) et Pont Kintama(S4) qui ne traversent pas les marais et qui subissent diverses activités anthropogéniques.

Les valeurs d'IBGN de ces deux dernières stations indiquent des eaux de très mauvaises qualités (ETUDES DES AGENCES DE L'EAU N°00(EAE), 2000) comme les eaux de l'aval de l'Oued Khoumane (Moussa B et al, 2014), celles de Kahuwa (Zirirane, D., 2013),. Cela traduit une qualité douteuse des eaux de ces dites stations et qui présentent, par conséquent, un danger aux utilisateurs.

Ce problème se marie avec la conclusion de Fergani, H et Arab A(2013) sur la qualité biologique des eaux d'oued El Harrach qui n'était pas satisfaisante car elle variait également de moyenne à médiocre pour l'ensemble des stations excepté en amont au plus haut.

4 CONCLUSION

Cette étude qui se veut évaluer le degré de pollution de la rivière Kintama par l'utilisation des macroinvertébrés benthiques a voulu caractériser les eaux de cette dite rivière quant à la pollution. Cette étude utilise deux méthodes relativement simples pour analyser la pression des activités anthropogéniques sur la qualité des eaux de la rivière Kintama tributaire du Lac Kivu (rivière dans le territoire insulaire d'Idjwi, une zone rurale) durant la période de juillet à août 2016. L'utilisation des analyses des paramètres physiques des eaux et la détermination des indices biotiques ont été suffisantes pour caractériser l'état de pollution de cette rivière. La rivière Kintama traversant la zone rurale moins peuplée, est moyennement polluée. Les activités anthropogéniques dans les stations le long de cette rivière sont à la base de cette pollution moyenne observée (l'exploitation du sable, les activités humaines et les déchets organiques agricoles au niveau de certains sites de la rivière Kintama...). Des mesures de lutte contre la surexploitation de sable dans les stations de l'institut Ziwa Kivu et pont Kintama devrait être envisagées afin de diminuer les perturbations qui nuisent à cet écosystème. Ceux qui voudront bien nous emboîter le pas, essaieraient de travailler en saison de pluie afin de vérifier l'impact.

REFERENCES

- [1] AFNOR, 2009, *Qualité de l'eau : prélèvement des macroinvertébrés aquatiques en rivières peu profondes*. XP T 90-333. Association française de normalisation (AFNOR), Paris
- [2] Bahati et Amuli, M., 2015, *Diversité des macroinvertébrés benthiques des cours d'eau d'Idjwi/Est de la RDC.*, Cahiers du CERUKI, Numéro 49, pp. 295-306
- [3] Barbour, T.M., Gerritsen, J., Snyder, B. D. & J. B. Stribling. (1999) *Rapid Bioassessment Protocols for use in streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and fish*, Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of water; Washington, D. C.
www.epa.gov/OWOW/monitoring/techmon.html.
- [4] Daphne, T., 2008. *Utilisation des macroinvertébrés benthiques pour évaluer la dégradation de la qualité de l'eau des rivières au Québec*. Université Laval. Faculté des Sciences de l'agriculture. Mémoire online. 41p
- [5] Dieudonné Zirirane, Jean Jacques Bagalwa, M. Isumbisho, M. Mulengezi, I. Mukumba, M. Bora, J.M. Mucheso, A. Lukamba, G. Iragi, B. Irengi, F. Kibangu et R. Kamangala, « *Évaluation comparée de la pollution des rivières Kahuwa et Mpungwe par l'utilisation des macroinvertébrés benthiques* », *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne]*, Volume 14 Numéro 3 | Décembre 2014, mis en ligne le 27 décembre 2014, consulté le 27 février 2016. URL : <http://vertigo.revues.org/15365> ; DOI : 10.4000/vertigo.15365
- [6] Diomande, D., Bony, Y. K., Edia, E.O., Konan, F.K., et Gourène, G., 2009. *Diversité des macroinvertébrés benthiques de la Rivière Agnèby (côte d'Ivoire ; Afrique de l'Ouest)*. European journal of Scientific Research. Vol. 35, N° 3, pp. 368-377
- [7] Dunia, M. F., 2015. Contribution à l'évaluation de la qualité biologique de la rivière Zira par les macroinvertébrés benthiques, inédit, ISP-IDJWI, RDC
- [8] Aubert, J., 1959. Plecoptera, La concorde, Lausanne
- [9] ETUDES DES AGENCES DE L'EAU N°00(EAE), 2000, *indice biologique global normalisé I.B.G.N. NF-T90-350.: Guide technique*. Agence de l'eau (2^{ème} édition), 1, Biologie Animale et Ecologie et Association Française de Limnologie (notice Inist-CNRS)
- [10] FERGANI H. & ARAB A., 2013, *Utilisation des macroinvertébrés benthiques comme bioindicateurs de pollution d'Oued El-Harrach.*, (Dynamique et biodiversité facultés de sciences biologiques ; université des sciences et de la technologie Houari Boumediene) – ALGERIA
- [11] Ferrito, V., 1994. *Les macroinvertébrés benthiques de la rivière Simeto (Sicile) et de quelques-uns de ses affluents*, *Annls Limnologie*. 30(1) (33-56)
- [12] Firmignac, F., Lascaux, J.M. et Vandewalle, F., 2008, *Analyse des peuplements de macroinvertébrés sur les stations à Moules perlières (Margaritifera margaritifera) du Cousin. Ruisseaux de têtes de bassins et faune patrimoniale associée*. Action A8-2007-1-7 du programme LIFE04NAT/FR/000082. E.CO.G.E.A.s.l, 68p. + 4 annexes.
- [13] Gay, C., 1994. *Indice biologique global normalisé (IBGN)*, *Cahier technique*, 78 rue d'Alembert, 69 p.
- [14] Gisèle, B., 2007. *Pollution des eaux et des rivières et son impact sur les populations riveraines. Cas de la rivière Mgoua dans la zone industrielle de Douala-Bassa*. Mémoire online. Option de l'environnement. Université de Dchang-FASA.
- [15] Hamid, M., 2008. *Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'embouchure de l'Ouest de Bénin Messous*.
- [16] Hammer, Ø., 2010, *Past – paleontological statistics version 2.00. Reference manual*. Natural History Museum. University of Oslo. 195p.
- [17] <http://www.petitfute.com/v58775-ile-d-idjwi/> le 29 août 2016
- [18] https://fr.wikipedia.org/wiki/Généralités_sur_l'île_d'Idjwi consulté le 15 août 2016
- [19] Lenat, D.R. et Crawford, J.K, 1994, *Effects of land use on water quality and aquatic biota of three North Carolina Piedmont streams*, *Hydrobiologia*, 294, 3, pp. 185-199.
DOI :10.1007/BF00021291
- [20] LOUNACI A. (2005). *Recherche sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des macro-invertébrés des cours d'eau de Kabylie (Tizi- Ouzou, Algerie)*. Thèse de doctorat d'état en biologie. Université Mouloud Mammeri de Tizi-ouzou (Algérie).
- [21] Micha, J.C. et Noiset, J.L., 1982. *Evaluation biologique de la pollution des ruisseaux et rivières par les invertébrés aquatiques*, *Probio-Revue*, Vol. 5, n°1, Belgique, 142p.
- [22] MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MDDEFP), 2013. *Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec – Cours d'eau peu profonds à substrat grossier*, 2013. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-69169-3 (PDF), 2^e édition : 88 p. (incluant 6 ann.).

- [23] Moisan J et Pelletier L, 2008. *Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec – Cours d'eau peu profonds à substrat grossier*. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, Canada. 86 p.
- [24] Moussa, B.A. et al, 2014, *Diversité taxonomique et structure de la macrofaune benthique des eaux superficielles de l'Oued Khoumane.*, Moulay Idriss zerhoum, Maroc
- [25] Ngera, M. F., Baluku, B., Cammaerts, D., et Bisimwa, M., 2009. *Evaluation biologique de la pollution de la Rivière Kalengo par les macroinvertébrés aquatiques*, Cahiers du CERUKI, Numéro spécial CRSN-Lwiro, pp. 89-94
- [26] Ngera, M.F., Cammaerts, D., Bisimwa, M., et Baluku, B., 2009, *Etude comparative des macroinvertébrés benthiques de trois cours d'eau du bassin versant de lac Kivu en R.D. Congo*, Cahiers du CERUKI, Numéro spécial CRNS Lwiro, pp. 95-107
- [27] Ngodhe, O.M., Okoth, P.R., Achieng, A., 2013. *The impact of water quality on species diversity and richness of macroinvertebrates in small water bodies in Lake Victoria Basin, Kenya*, academic journals. Vol. 6 (1). Pp. 32-41
- [28] Nihoreye, F. J., 2012, *Diversité de la faune de macroinvertébrés benthiques des cours d'eaux de la ville de Bukavu, R.D Congo*, Cahiers du CERUKI, Numéro 42, pp. 125-139
- [29] Perry, J. B., 2005. *Biotic indices of stream macroinvertebrates for fun and (educational) profit. Pages 281-294, in Tested Studies for Laboratory Teaching, Volume 26 (M.A. O'Donnell, Editor). Proceedings of the 26th Workshop/Conference of the Association for Biology Laboratory Education (ABLE), 452 pages*
- [30] Sanogo et Kabre. J. Appl. Biosci. 2014. *Dynamique de structuration spatio-temporelle des populations de familles de macroinvertébrés dans un continuum lac de barrage –effluent-fleuve*, Volta Burkina Faso.
- [31] Strachan, S., Ryan, A., McDermott, H., Manckinlay, C., 2009, *Evaluation des communautés d'invertébrés benthiques et de la qualité de l'eau du bassin hydrographique de la rivière Quinsam en Colombie britannique 2001-2006. Rapport du plan d'action du bassin de Georgia (PABG) N° EC/GB/07/85*, Division de la surveillance de la qualité de l'eau, ISBN 978-1-100-96512-3
- [32] Tachet, Bournaud et Richoux, 1980 - *Introduction à l'étude des macro-invertébrés des eaux douces - Université de Lyon I, Biologie Animale et Écologie*, 69622 Villeurbanne Cedex.
- [33] Tachet, H., Bournaud, M. et Richoux, P.(1980), *Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces (Systématique élémentaire et aperçu écologiques)*. T1 à T7, C.R.D.E, Paris. 587p
- [34] Tachet, H., Bournaud, M., & Richoux, P. (1987). *Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces (systématique élémentaire et aperçu écologique)*. Ministère de l'Environnement, Université de Lyon
- [35] Vicente, J., M. F. Colmenarejo, E.Sánchez, A. Rubio, M. G. García, R. Borja et A. M. Jimenez, 2011, *Evaluation of the water quality in the Guadarrama river at the section of Las Rozas-Madrid, Spain*, Water and Environment Journal, 25, pp. 55–66.
DOI : 10.1111/j.1747-6593.2009.00188.x
- [36] Zougaghe F. et Moali A., 2009. *Variabilité structurelle de peuplement de macroinvertébrés benthiques dans le bassin versant de la Soummam (Algérie, Afrique du Nord)*. Rev. Ecol. (Terre Vie). Vol 64. 305-321.
- [37] Zougghaghe, F. et al., 2014, *Qualité biologique du réseau hydrographique du bassin versant de la Soummam (Nord de l'Algérie)*, Larhys journal, ISSN 1112-36 80, N° 17, Algérie, pp. 21-33
- [38] Zwart, D. de, Trivedi, R.C et Kruijff, H.A.M. de, 1995, *Manual of integrated water quality evaluation. Ntherlands Ministry of Foreign Affairs*. RVIM Report 802023003. 417p
- [39] Grall, J., Coïc, N., 2006. *Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier*, Ifremer DYNECO/VIGIES/06-13/REBENT, Bretagne Occidentale.

Une approche pour améliorer l'évaluation des consommations alimentaires dans la province du Sud-Kivu, République Démocratique du Congo, par la conversion des mesures alimentaires usuelles locales en unités du système international

[An approach to improve food consumption assessment in South-Kivu province, Democratic Republic of the Congo: conversion of household food measures into international system units]

V. Buhendwa Mirindi¹, J.M. Mbaka Kavuvu², G. Wabatinga Kyalemaninwa², Witumbula Katambwe², A. Bashamuka Sifa³, and J.P. Baneya⁴

¹Professeur associé, Département de nutrition, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Bukavu, Province du Sud-Kivu, RD Congo

²Chef de Travaux, Département de nutrition, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Bukavu, Province du Sud-Kivu, RD Congo

³Finaliste en nutrition, Département de nutrition, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Bukavu, Province du Sud-Kivu, RD Congo

⁴Professeur, Département de nutrition, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Kinshasa, Directeur du Programme National Nutrition, RD Congo

Copyright © 2017 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:* Household or individual food consumption measurement is an issue in the South-Kivu province, DRC. Nutrition professionals and researchers are struggling to perform a 24h recall or any other assessment method due to lack of information regarding how to estimate the food intake of their respondents in a context where the local food contents as used in the markets are not labeled and their weight and/or volume are not known. Moreover, many housekeepers are illiterate, they can't use weighing scales for the foods consumed, and therefore they can't provide information about the consumed food amounts.

Objective: In this study, we suggest an original approach for improving the food consumption assessment by converting the local food containers in international system units such as grams. This would facilitate the nutrition consultation and prescription and better understand the nutrition situation at clinical and community levels.

Design: In this three step approach, the food containers used in local markets for specific foods were measured full (bombed) of the related foods. 3 repeated measures were obtained for each container on the spot in the market, and the average weight was calculated and reported in a table. We describe how to use the collected data in a three step procedure, including 1) How to conduct the interview 2) How to use the local food container measurement data in estimating the food consumption of the respondents in grams and 3) How to use a food composition table to estimate energy and nutrients intakes.

Conclusion and recommendations: The proposed approach is to be understood as a first step in the resolution of the challenge of food consumption assessment. The next step would be the production of a brochure listing all the food container measures and their conversion in international unit system, to be utilized by the nutrition professionals,

researchers and students. This approach might be extended to other regions of DRC and other African countries as they all face same problem.

KEYWORDS: Approach, food consumption, household measures, conversion table, food composition table, nutritional consultation.

1 INTRODUCTION

Qu'il s'agisse des pathologies de carence ou de pléthore, la prise en charge nutritionnelle suppose au préalable une consultation nutritionnelle adéquate [1]. Celle-ci intègre plusieurs types d'investigations, comprenant souvent une évaluation de la consommation alimentaire, permettant de déterminer les quantités d'énergie et de nutriments consommées, en marge des recommandations nutritionnelles [2]. En clinique, l'évaluation des apports alimentaires fait, entre autres, partie de la prise en charge des maladies « liées à la nutrition » mises en évidence par l'épidémiologie nutritionnelle [2].

Nombreuses méthodes peuvent être utilisées en vue d'une évaluation nutritionnelle complète [3], incluant le rappel de 24 heures, le journal alimentaire, le questionnaire de fréquence et l'histoire diététique; le rappel de 24 heures est considéré comme la meilleure méthode notamment parce que moins cher, moins contraignant pour les répondants et les enquêteurs, et peut être utilisé tant en clinique qu'au niveau des communautés [6]. Cependant, comme pour la plupart des autres méthodes, le rappel de 24h nécessite l'utilisation du système international d'unités (Poids en gramme/mg/μg) tel que d'usage en nutrition [2], et permettre des estimations des aussi proches que possible des consommations alimentaires réelles.

Les techniques de recueil des données alimentaires fournissent généralement des données auto-déclarées dont la validité de la mesure est souvent remise en question, aussi bien pour l'énergie que pour les autres nutriments [5]. Même des diététistes participant dans de telles études pourraient ne pas fournir des données valides [6], ce qui aurait des implications sur l'interprétation des études portant sur l'alimentation et la santé [7], en obscurcissant ou atténuant les relations entre les apports alimentaires et les maladies liées à l'alimentation [5,8].

Or, dans nombreux pays en développement, en particulier en RDC, il est difficile pour le professionnel ou le chercheur nutritionniste de mesurer et de quantifier les consommations déclarées par les répondants. En effet, contrairement aux pays industrialisés où les ménagères s'approvisionnent généralement dans des supermarchés dans lesquels les contenants alimentaires sont étiquetés et les mesures domestiques usuelles (cuillère, tasse, verre...) exprimées en unités du SI, les pays en développement se contentent de rares supermarchés et les ménagères s'approvisionnent généralement dans des marchés à ciel ouvert n'utilisant que des mesures locales (bols, verres, sceaux, gobelets...), de poids et/ou de volumes inconnus. L'estimation des quantités d'aliments achetés et consommés pose ainsi un réel problème pour les professionnels, les chercheurs et les étudiants en nutrition.

C'est le cas dans la province du Sud-Kivu, qui regorge pourtant d'institutions d'enseignement de nutrition et où les professionnels de santé sont fortement sollicités pour des interventions nutritionnelles car la malnutrition y constitue un réel problème de santé publique (Enquête démographique et de santé en RDC, 2013-2016). La situation se complique davantage si on considère le fait que, comme dans nombreux espaces africains, les membres des familles mangent souvent dans la même assiette et il n'est pas évident de déterminer les quantités d'aliments consommées individuellement.

Une telle situation crée de l'inquiétude concernant le diagnostic et l'adéquation des prescriptions de régimes tel que réalisés par les professionnels; en effet, en l'absence d'une évaluation des consommations alimentaires, les prescriptions ne sont basées que sur des aspects qualitatifs (type de nutriments contenus dans les aliments), rarement quantitatifs (quantités de nutriments à consommer, en fonction des besoins énergétiques calculés tout en intégrant le niveau d'activité physique des patients consultés [9]). De tels régimes ne peuvent pas être efficaces, et de telles données ne peuvent permettre des décisions éclairées.

D'où la nécessité d'encourager la production d'outils locaux permettant de contourner ce problème et ainsi faciliter la prise en charge nutritionnelle. C'est dans cette optique que se situe la présente recherche.

Nous nous proposons de mettre à disposition des professionnels et chercheurs, une table de conversion des mesures utilisées pour la préparation des aliments et leur vente dans les marchés locaux, en mesures du système international d'unités. Ainsi par exemple, au cours du rappel de 24 heures, le répondant déclarerait juste les mesures d'aliments achetés,

préparés et consommés pendant une période de 24h, et le professionnel ou le chercheur se chargerait d'estimer grâce à cet outil, les quantités correspondantes 1) disponibles pour l'ensemble du ménage et 2) consommées par chacun des membres de la famille.

L'objectif général de cette recherche est de contribuer à améliorer la santé de la population de la province du Sud-Kivu grâce à une prise en charge nutritionnelle adéquate, à travers une meilleure conduite de la consultation nutritionnelle. Secondairement, de fournir aux professionnels, aux chercheurs et aux étudiants en nutrition dans cette province et éventuellement ailleurs, un outil didactique et de recherche permettant au moins une ébauche de solution pour l'évaluation de la consommation alimentaire, aux niveaux clinique et communautaire.

2 MATERIELS ET METHODES

La première partie de cette étude a consisté en une descente sur les marchés locaux, pour peser les denrées alimentaires parmi les plus consommées, sous la forme dans laquelle elles étaient vendues, c'est-à-dire en tas, en unités ou dans des contenants variés (bols, bouteilles, cannettes, verres, gobelets...). Les pesées étaient réalisées avec la contribution des étudiants pré-finalistes du département de nutrition de l'ISTM-Bukavu, sous la supervision des enseignants, dans le cadre du cours de diététique approfondie.

D'autres auteurs ont suggéré l'utilisation des mesures ménagères dans les enquêtes faisant appel à la mémoire [10], mais dans le cas de cette étude, il s'agit plus de contourner la difficulté d'obtenir des mesures exprimées en grammes.

Pendant 3 jours (du 6 au 8 mai 2016), trois grands marchés de la ville de Bukavu, chef-lieu de la province du Sud-Kivu, ont été visités pour la collecte des données, après obtention préalable d'une autorisation écrite émise par le bourgmestre de la commune abritant le marché considéré. Sur le terrain, les enquêteurs devaient expliquer aux vendeurs/vendeuses les raisons de l'enquête pour éviter toute susceptibilité et obtenir leur coopération, en précisant qu'il s'agissait strictement d'une activité académique/didactique, sans but lucratif ou autre.

2.1 MATÉRIELS UTILISÉS

Balances électroniques, carnets, crayons.

2.2 DÉROULEMENT DE L'ACTIVITÉ

Les tâches suivantes étaient accomplies:

2.2.1 AVANT LA DESCENTE SUR LES MARCHÉS

- Inventorier les aliments les plus consommés dans le milieu pour chaque groupe alimentaire concerné
- Lister ces aliments dans un tableau à 4 colonnes successives dont titres suivants: noms des aliments, noms des mesures locales utilisées avec traduction en français si applicable, poids en gramme ou volume en millilitre des aliments mesurés, prix unitaire en dollars US.

2.2.2 SUR LE TERRAIN, AU MARCHÉ

- Peser séparément 3 échantillons de chaque aliment pour chacune des mesures de vente utilisées spécifiquement pour cet aliment, en soustrayant chaque fois le poids du contenant si applicable. Calculer le poids moyen et le reporter dans le tableau prévu à cet effet.
- Pour les aliments vendus en tas (ex. petits poissons, pommes de terre, patate douce,...), peser 3 tas différents. Calculer le poids moyen et le reporter dans le tableau.
- Quant aux légumes feuilles, les enquêteurs étaient obligés de les acheter afin de peser seulement les parties comestibles, après avoir éliminé le superflu. Comme pour les aliments précédents, trois tas différents étaient pesés et le poids reporté dans le tableau.

- Concernant les aliments vendus par unité (ex. œufs, bananes et autres fruits), trois unités différentes étaient pesées et le poids moyen reporté dans le tableau. Certaines de ces mesures ont été confrontées à celles trouvées dans la littérature [11] pour en observer la vraisemblance.

3 RÉSULTATS

3.1 PROJET DE TABLE DE CONVERSION DES MESURES MÉNAGÈRES LOCALES EN UNITÉS DU SI (GRAMME)

Les données de pesée obtenues sont reprises dans les colonnes des tableaux (1 à 3) ci-après. Étant donné que ce travail se situe encore à un stade démonstratif, seuls les aliments parmi les plus consommés ont été repris dans ces tableaux. Un travail plus exhaustif pourrait être réalisé ultérieurement. Les prix des aliments mesurés en dollars américains sont mentionnés à titre strictement indicatif. Les tableaux diffèrent selon le groupe d'aliments considéré- Fruits et légumes, viandes et substituts, laits et produits laitiers, produits céréaliers [12] - mais le raisonnement reste le même pour chacun d'eux.

Tableau 1: Conversion des mesures ménagères / de vente en grammes: fruits et légumes, laits et produits laitiers

Produits alimentaires	Mesures de vente	Poids estimé (gr)	Prix en USD
Légumes			
Feuilles d'haricots	Tas	302	0,1
Feuilles de Courge	Tas	736	0,2
Amarantes	Tas	1035	0,2
Feuilles de manioc	Tas	1244	0,2
Tomates (moyennes)	Tas (environ 4 tomates)	300	0,2
Aubergines (grand format)	Tas	510	0,2
Fruits			
Mandarine	Tas	220	0,5
Orange	Unité	160	0,1
Prunes	Tas (environ 3 prunes)	170	0,2
Citrons	Tas (environ 4 citrons)	410	0,5
Goyaves	Tas (environ 4 goyaves)	332	0,05
Avocat	Unité	390	0,3
Banane Gros Michel	Tas (environ 3 bananes)	413	0,2
Banane naine (kamera)	Une main de 7 à 10 bananes	271	0,5
Piment frais	Tas (environ 5 piments)	50	0,05
Carottes	Tas	254	0,1
Lait et produits laitiers			
Lait caillé (Mashanza)	Petit verre	150	0,3
Lait liquide frais	Petit gobelet	252	0,3
Lait en poudre	Verre rasé	100	0,5
Fromage (de Lushebere)	Unité	1000	5,0

Tableau 2: Conversion des mesures ménagères / de vente en grammes: fruits et légumes, laits et produits laitiers: viandes, poissons, légumineuses

Produit alimentaire	Mesures de vente	Poids (g)	Prix en USD
Viande de bœuf	Balance	1000	4,0
	Morceau	1000	4,0
	Morceau	785	3,0
	Morceau	645	2,0
Poissons			
Poisson frais (Tilapia)	Unité	214	0,6
Poisson fumé (njombo)	Unité	300	2,5
Frétin frais (Sambaza)	Tas	1000	0,4
	Balance	1000	0,5
Œuf de poule	Œuf	60	0,25
Légumineuses			
Farine de soja	Verre	123	0,2
Haricots	Balance	1000	1,0
	Nnamaha (bol)	1742	1,2
	Guigoz	687	0,6
	Guigoz rasé	634	0,5
Arachides (graines)	Balance	1000	
	Verre	47	0,3
Petit pois sec	Nnamaha	1696	1,6

Tableau 3: Conversion des mesures ménagères / de vente en grammes: fruits et légumes, laits et produits laitiers: céréales, racines et tubercules, huiles, sucre, sel de cuisine

Produit alimentaire	Mesures de vente	Poids (g)	Prix en USD
Céréales			
Riz	Balance	1000	0,5
	Guigoz	704	0,7
	Verre	250	0,25
	Verre métallique	195	0,2
Farine de Manioc	Balance	1000	0,1
	Nnamaha	660	0,6
Farine de maïs	Guigoz	504	0,3
	Nnamaha	623	0,5
Farine de sorgho	Guigoz	333	0,5
	Verre	109	0,2
	Koroboyi	53	0,1
Féculents			
Pomme de terre	Balance	1000	0,5
	Un seau de 10 litres	10000	5,0
	Un seau de 1 litre	625,5	0,5
Patate douce	Tas	1387	0,5
	Unité (une patate douce moyenne cuite)	146	0,15
Banane plantain	Tas (Environ 3 grandes bananes)	800	2,0
	Tas (Environ 5 petites bananes)	861	0,2
	Unité	238	0,1
Banane à cuire	1 main (Approx 12 bananes moyennes)	1548	0,5
Colocase	Unité (1 colocase moyen cuit)	541	0,2
Igname	Unité (1igname moyen cuit)	550	0,2

Autres (huiles, sucre, sel de cuisine)			
Sucre de table	Balance	1000	0,5
	Verre	400	0,2
Huile raffinée	koroboyi	65	0,1
	Bouteille 1litre	970g	1,5
Huile de palme	koroboyi	65	0,1
	Bouteille de 72 cl	800	1,0
Sel de Cuisine	Balance	1000	0,4
	Petit verre	124	0,1
	Sachet de 500g	500	0,2

3.2 PRESENTATION DE L'APPROCHE D'ÉVALUATION PROPOSÉE : COMMENT UTILISER LA TABLE DE CONVERSION

Dans cette partie de la recherche, nous expliquons comment utiliser la table de conversion que nous proposons pour évaluer la consommation alimentaire des individus dans un ménage. Cette approche comprend trois étapes, que nous proposons de découvrir à partir de l'exemple ci-dessous.

3.2.1 PRÉAMBULE

Pour des raisons de présentation, nous considérons comme exemple, une famille ou un ménage de 7 membres, dont deux parents et 5 enfants, l'un d'eux étant âgé de moins d'un an, c'est-à-dire sous allaitement exclusif ou en période de sevrage. Aussi, nous considérons un menu unique, obtenu à l'issue d'un rappel de 24h auprès d'une ménagère.

Dans le contexte du Sud-Kivu, notre milieu d'étude, les quantités seront exprimées par les répondants en mesures du système international (Kg, litre) pour certains aliments (ex. sucre de table, viande, farines diverses...); cependant, pour la plupart ou pour nombreux d'entre-eux, les mesures ménagères locales utilisées à l'achat, à la préparation et à la consommation des aliments seront les plus mentionnées par les répondants, d'où la nécessité de les convertir en unités du système international (gramme), tel que recommandé en nutrition [2].

Parmi ces mesures on pourrait citer, avec entre parenthèses, la traduction en langue locale:

- Bols (Nnamaha), dont photo ci-dessous
- Boite de conserve de lait « Guigoz » pour bébé (Guigoz)
- Cannette de conserve des tomates (Koroboyi)
- Verres (Kirauli)
- Gobelets (Kopo)
- Tas (Fundo)
- Sceaux (Mbeketi)
- Bouteilles (Chupa)

3.2.2 LES ÉTAPES À SUIVRE DANS L'UTILISATION DE LA TABLE DE CONVERSION

3.2.2.1 PREMIÈRE ÉTAPE : L'ENTREVUE AUPRÈS DE LA MÉNAGÈRE

La personne de choix à interviewer sera la ménagère, qui est en charge non seulement de la préparation, mais aussi de l'achat et de la distribution des aliments au sein de la famille. Elle est donc la personne la mieux indiquée pour informer des quantités d'aliments préparées, et de la répartition des repas, et du modèle de distribution des aliments dans le ménage.

L'entrevue consistera à utiliser un rappel de 24h pour déterminer les types et quantités d'aliments achetés, préparés et servis au repas pendant les dernières 24heures [13,14,15,16]. La méthode à passes multiples à trois étapes sera appliquée afin d'obtenir des données exactes et détaillées [17,18]. Selon Basiotis et al. [19], des données colligées sur base d'un rappel unique de 24h constitueraient une mesure fiable de la consommation alimentaire usuelle au niveau des groupes ou des populations.

La ménagère répondra entre autres, aux questions suivantes:

- Quels aliments, incluant les condiments et les boissons, avez-vous préparé hier (préciser l'intervalle de temps à examiner) pour nourrir votre ménage?
- Quelles quantités (mesures) de chacun des aliments cités avez-vous achetés/reçu/produit et préparés?

Pendant cette première étape, les informations sur la composition d'un ménage devront être collectées en même temps que celles sur la consommation et la distribution des aliments au sein de ce ménage.

Afin de minimiser le risque d'erreur déjà si élevé, la ménagère interviewée exprimera les quantités dans les mesures d'achat utilisées sur le marché, que ce soit des mesures locales ou du système international (Voir tableaux 1 à 3), en mentionnant clairement le nombre de mesures préparées et les fractions approximatives servies. Les résultats de l'entrevue seraient comme dans l'exemple ci-dessous :

Exemple de menu pour les 24heures en examen, pour le ménage de six bénéficiaires

- 1kg de viande de bœuf
- 2 Nnamaha de farine de manioc raffinée (jamais vendue entière)
- 1 Guigoz de farine de maïs entière
- 1 petits Nnamaha de farine de sorgho entière
- 1 tas de tomates fraîches
- 2 tas de carottes
- 2 tas de piment
- 2 tas de feuilles de manioc
- 1 koroboyi d'huile de palme
- 0,5 litre d'huile de canola
- 1 Nnamaha de haricots

3.2.2.2 DEUXIÈME ÉTAPE : CONVERSION DES MESURES MÉNAGÈRES LOCALES EN GRAMMES

Cette partie se déroulera plus facilement en absence des personnes enquêtées, par exemple au bureau du nutritionniste. Ceci permettra non seulement de gagner du temps sur le terrain, mais aussi de minimiser les erreurs de calcul en travaillant dans un endroit plus approprié. Les données seront regroupées dans un tableau, selon l'exemple ci-après:

Tableau 4 : Conversion des mesures locales d'aliments inscrits au menu en grammes d'aliments disponibles pour le ménage et pour le répondant

Aliments relevés	Mesures utilisées	Capacité (gr d'aliments)	Nb de mesures préparées et consommées	Quantités d'aliments consommées (en gr)	
				Pour ménage	Pour individu
Viande de bœuf	Kilogramme	1000	1	1000	166
Farine de manioc raffinée	Nnamaha	660	2	1320	220
Farine de maïs entière	Guigoz	504	1	504	84
Farine de sorgho entière	Guigoz	333	1	333	56
Tomates fraîches	Tas	300	1	300	50
Carottes	Tas	254	2	508	85
Piment	Tas	50	2	100	17
Feuilles de manioc	Tas	1244	2	2488	415
Huile de palme	Koroboyi	65	1	65	11
Huile de canola	Bouteille 1L	975	0,5	975	81
Haricots	Nnamaha	1742	1	1742	290
Totaux				7593	1475

Le tableau 4 ci-dessus nous permet d'estimer de manière assez brute les quantités en grammes de nourriture disponibles et consommées par l'ensemble des 6 bénéficiaires du ménage, soit 7593 grammes d'aliments. Afin de déterminer /estimer la consommation alimentaire individuelle, pour chaque aliment relevé, la quantité disponible calculée pour le

ménage (voir cinquième colonne du tableau 4) a été divisée par le nombre de membres bénéficiaires du ménage, soit un total arrondi à 1475 grammes d'aliments par individu (voir dernière colonne du tableau 4), ce qui correspondrait approximativement à la quantité consommée par la ménagère, répondante de l'étude.

3.2.2.3 TROISIÈME ÉTAPE : UTILISATION DE LA TABLE DE COMPOSITION ALIMENTAIRE POUR DÉRIVER LES QUANTITÉS D'ÉNERGIE ET DE NUTRIMENTS

La table de composition des aliments donne le contenu des aliments en énergie et nutriments pour 100gr d'aliment [20], d'où l'intérêt d'exprimer les quantités d'aliments ingérés en grammes. Les résultats seraient présentés dans un tableau comme suit :

Tableau 5 : Modèle de tableau servant à l'estimation des quantités d'aliments, énergie et macronutriments consommés par le répondant, en grammes, en utilisant la table de composition alimentaire

Nom de l'aliment relevé	Quantités d'aliments en gr	Energie (Kcal)	Glucides (gr)	Lipides (gr)	Protéines (gr)
Viande de bœuf	166				
Farine de manioc raffinée	220				
Farine de maïs entière	84				
Farine de sorgho entière	56				
Tomates fraîches	50				
Carottes	85				
Piment	17				
Feuilles de manioc	415				
Huile de palme	11				
Huile de canola	81				
Haricots	290				

NB : Le même raisonnement pourrait être suivi pour déterminer les apports alimentaires en micronutriments divers.

Cette étape est importante car elle fournit en quelque sorte une évidence permettant d'approcher au mieux qu'on peut pour l'instant, la décision concernant l'adéquation du régime et des habitudes alimentaires du client, la pertinence d'une éventuelle prescription de régime alimentaire, l'adaptation éventuelle des conseils nutritionnels à prodiguer, et par conséquent, une gestion plus efficace des éventuelles pathologies nutritionnelles diagnostiquées. Le tout, en considérant bien entendu le niveau d'activité physique du patient ainsi que son état nutritionnel [9].

4 DISCUSSION

En épidémiologie nutritionnelle, l'évaluation de la qualité de l'alimentation et de ses relations avec les maladies constituent un défi majeur [21,22]; des estimations précises des apports énergétiques et en nutriments sont indispensables [16]. Des erreurs peuvent apparaître [23], notamment dues à la sous ou sur-déclaration des apports alimentaires [24], elles devraient être prises en compte dans l'analyse pour une meilleure interprétation des relations entre la qualité de l'alimentation et les maladies.

Comme déjà mentionné, la collecte des données sur les consommations alimentaires au sein des ménages se ferait par le rappel de 24h. Celui-ci suppose une possibilité de déterminer et exprimer les consommations alimentaires en grammes pour pouvoir dégager les quantités de nutriments, en se basant sur les tables de composition alimentaire (2,20).

Dans la province congolaise du Sud-Kivu, et même ailleurs dans le pays, la mesure de la consommation alimentaire constitue un réel problème pour les professionnels, les chercheurs et étudiants en nutrition car la plupart des mesures utilisées localement pour la vente et la préparation des denrées alimentaires ne sont pas converties en unités du système international. De même, vu le taux d'analphabétisme relativement élevé, nombreuses ménagères ne seraient pas capables de peser leurs aliments.

Pour déterminer ou estimer les quantités d'aliments consommées par les membres d'un ménage, plusieurs scénarios peuvent être imaginés concernant la distribution des aliments dans le ménage, notamment:

- Scénario 1 : Tous les membres de la famille se partagent les différents repas, des petites quantités sont gardées de côté pour les collations des enfants, ce qui pourrait plus ou moins égaliser les quantités consommées par les différentes catégories d'âge.
- Scénario 2 : Les repas sont distribués en deux groupes, celui des hommes et celui des femmes, ce dernier incluant les enfants. Des petites quantités sont également gardées de côté pour les collations des enfants, ce qui pourrait plus ou moins égaliser les quantités consommées par les différentes catégories d'âge.
- Scénario 3, moins envisageable : Les repas sont distribués entre deux groupes : les hommes, les femmes, et les enfants

Dans un premier temps, considérons que quel que soit le scénario retenu, ils ont tous un point commun, c'est que les adultes et les enfants partagent le plat familial. En effet il n'existe pas de standards quant aux quantités consommées par les enfants, certaines familles serviraient plus d'aliments aux enfants tandis que d'autres en serviraient moins ou assez équivalentes à celles des parents [25]. Des facteurs indépendants de l'enfant peuvent y contribuer, notamment, et de manière importante, les consommations des parents; en effet, une étude réalisée au Texas des populations d'origines différentes dont africaine, a conclu qu'il y aurait une forte relation entre les portions d'aliments consommées par les enfants au repas familial et celles consommées par les parents, suggérant que les quantités d'aliments que se servent les parents aux repas seraient prédictrices des consommations de leurs enfants [25].

Forts de ces arguments, pour déterminer la consommation individuelle, notre approche propose d'uniformiser les consommations de tous les membres du ménage, de diviser les quantités préparées par le nombre de membres du ménage. Seuls seront exclus les enfants sous allaitement exclusif et ceux en dessous d'un an de vie car, non seulement ils consomment des aliments spéciaux de sevrage mais en plus, c'est vers cet âge d'un an que les enfants rejoignent la table familiale.

La meilleure approche de mesure serait donc celle permettant aux répondants de fournir des informations directement ou indirectement quantifiables en grammes d'aliments consommés aux différents repas, ce qui n'est pas possible actuellement pour les raisons évoquées plus haut.

Dans un contexte tel que celui de la province du Sud-Kivu où il est difficile d'obtenir des données de consommations alimentaires suite à l'usage des mesures ménagères ou de vente locales, il devient impératif de trouver une solution à ce problème: l'approche que nous proposons constituerait une première étape de réflexion dans cette optique.

Il est certain que cette approche ne permet d'obtenir que des données assez approximatives, et ne tient pas compte des différences inter et intra-individuelles, difficiles à appréhender vu nos moyens. Cependant, elle comprend une certaine rationalité, conférée par des mesures et des calculs assez logiques et pertinents, d'où elle pourrait aider à orienter la prise de décision concernant la prise en charge des problèmes de santé liés à la qualité de l'alimentation. Elle constituerait donc une ébauche de solution, évitant aux professionnels de 'deviner' quant à la qualité de l'alimentation des patients et de prescrire des régimes sur des bases non rationnelles et strictement qualitatives, offrant aux enseignants un outil didactique pour les travaux pratiques de leurs étudiants, et aux chercheurs un outil de terrain et en même temps une première mouture pour des recherches futures.

Dans un deuxième temps, plutôt que d'uniformiser les quantités consommées par les bénéficiaires du ménage, il reste possible de considérer les spécificités liées à chaque ménage, en considérant les différents scénarios de distribution des aliments évoqués plus haut. La ménagère serait la seule référence pour décider du scénario à adopter car c'est elle qui s'occupe de la distribution des repas au sein du ménage. Ainsi par exemple:

- Dans le scénario 1 mentionné plus haut, les calculs se feraient exactement comme dans l'exemple illustratif présenté.
- Dans le scénario 2, aussi les calculs se feraient aussi comme dans l'exemple illustratif présenté plus haut
- Dans le scénario 3 par contre, les repas sont distribués entre les groupes d'hommes, de femmes, et celui des enfants. Si la ménagère déclarait que les enfants consomment par exemple 40% de la ration, laissant les 60% restants aux adultes, un ajustement serait nécessaire; on appliquerait les coefficients 0,4 selon le cas, aux quantités disponibles pour chaque aliment (colonne 5 du tableau 5) pour dégager les fractions supposément consommées par les enfants ou les adultes, selon le besoin de la recherche ou consultation effectuée.

A titre exemplatif, dans un ménage de 6 bénéficiaires dont 4 adultes et deux jeunes enfants âgés de plus d'un an, les enfants se partageraient 400 gr de viande de bœuf, 528 gr de farine de manioc raffinée, 202gr de farine de maïs entière... contre respectivement 600gr, 792gr, 302gr... pour les adultes. Pour trouver les consommations individuelles (colonne 6 du tableau 5), les valeurs calculées seraient divisées par le nombre d'enfants (deux) ou par le nombre d'adultes (quatre), selon le statut du répondant. Ceci donnerait respectivement pour la viande de bœuf, la farine de manioc raffinée et la farine de maïs entière, 200gr, 264gr et 101gr dans le cas d'un enfant... contre 200gr, 198gr et 75gr... dans le cas d'un adulte. Ces chiffres seraient alors inscrits dans la deuxième colonne du tableau 6 et utilisés pour dégager les quantités d'énergie et de nutriments absorbées, en utilisant la table de composition alimentaire.

Finalement, selon l'indicateur nutritionnel choisi (ex. équilibre alimentaire), il serait alors possible de conclure sur une base plus rationnelle même si assez imprécise, de la qualité de l'alimentation des répondants.

5 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Sans avoir la prétention de résoudre définitivement le problème d'évaluation des consommations alimentaires dans cette région, l'approche proposée dans cette étude prend toute sa valeur car elle permet de contourner tant soit peu, le problème posé aux professionnels et aux chercheurs pour l'estimation des apports alimentaires de leurs patients ou répondants. Un tel travail aiderait les professionnels et les chercheurs à estimer plutôt que «deviner» les consommations de leurs patients et d'autres personnes concernées, afin de s'approcher au mieux possible de la réalité et de prendre des décisions plus réalistes et plus bénéfiques au niveau clinique ou communautaire.

D'autres recherches sont recommandées pour affiner cet outil et le rendre moins approximatif. Elles incluraient des aspects concernant l'intégration dans la pratique, des consommations alimentaires en dehors du ménage; en effet, on sait que les données collectées à ce sujet sont souvent de faible qualité [26].

Nous recommanderions que dans un travail complémentaire ultérieur, toutes les mesures ménagères et de vente de denrées alimentaires utilisées localement soient inventoriées, converties en mesures du système international (grammes ou litres selon le cas) et regroupées dans une brochure d'usage facile pour les chercheurs. Ce travail pourrait s'élargir à l'ensemble des provinces de la RDC et autres régions connaissant le même problème.

REMERCIEMENTS

Aux étudiants pré-finalistes (1^{ère} Licence) en Nutrition, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Bukavu (2015-2016) pour leur participation à la collecte des données sur les marchés locaux.

REFERENCES

- [1] Bauer, K.D., D Liou, CA Sokolik. *Nutrition counseling and education skill development*, 2ème édition. Cengage Learning, 2011.
- [2] Bélanger M., LeBlanc, M.J., et Dubost, M., *La nutrition*, 4^e édition, Chenelière Education, Montréal, Québec, 2015.
- [3] Thompson, J.J., Manore, M., L Vaughan, L., *The science of nutrition*. 2ème éd. Benjamin Cummings, 2010.
- [4] Biro, G., Hulshof, K., Ovesen, L., et Amorim Cruz, JA. for the EFCOSUM Group. Selection of methodology to assess food intake. *European Journal of Clinical Nutrition*, 56 Suppl 2, S25 – S32, 2002.
- [5] Black, A. E., Critical evaluation of energy intake using the Goldberg cut-off for energy intake: Basal metabolic rate. A practical guide to its calculation, use and limitations. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders*, 24(9), 1119-1130, 2000a.
- [6] Black, A. E., Goldberg, G. R., Jebb, S. A., Livingstone, M. B., Cole, T. J., et Prentice, A. M., Critical evaluation of energy intake data using fundamental principles of energy physiology: 2. Evaluating the results of published surveys, *European Journal of Clinical Nutrition*, 45(12), 583-599, 1991.
- [7] Livingstone, M. B., et Black, A. E., Markers of the validity of reported energy intake. *Journal of Nutrition*, 133 Suppl 3, 895S-920S, 2003.
- [8] Poslusna, K., Ruprich, J., de Vries, J. H., Jakubikova, M., et van't Veer, P., Misreporting of energy and micronutrient intake estimated by food records and 24 hour recalls, control and adjustment methods in practice. *British Journal of Nutrition*, 101 Suppl 2, S73-85, 2009.

- [9] Duval, K., Strychar, I., Cyr, M. J., Prud'homme, D., Rabasa-Lhoret, R., et Doucet, E., Physical activity is a confounding factor of the relation between eating frequency and body composition. *American Journal of Clinical Nutrition*, 88(5), 1200-1205, 2008.
- [10] Cubeau, J. et Péquignot, F., Utilisation des mesures ménagères dans les enquêtes faisant appel à la mémoire, *Cahiers de nutrition et de diététique*, vol. 26, n°4, pp. 258-260, 1991
- [11] Pamplona-Roger, G., MalaxetXebarria, E., 250 *Recettes pour Prévenir et Guérir*, Référence SAF101039, Editeur : Safeliz. Paris, 2012.
- [12] Shatenstein, B., Nadon, S., Godin, C., et Ferland, G., Diet quality of Montreal-area adults needs improvement: Estimates from a self-administered food frequency questionnaire furnishing a dietary indicator score. *Journal of the American Dietetic Association*, 105(8), 1251-1260, 2005.
- [13] Guo, X., Warden, B. A., Paeratakul, S., et Bray, G. A., Healthy Eating Index and obesity. *European Journal of Clinical Nutrition*, 58(12), 1580-1586, 2004.
- [14] Rose, D., et Oliveira, V., Nutrient intakes of individuals from food-insufficient households in the United States. *American Journal of Public Health*, 87(12), 1956-1961, 1997.
- [15] Tarasuk, V. S., Household food insecurity with hunger is associated with women's food intakes, health and household circumstances, *Journal of Nutrition*, 131(10), 2670-2676, 2001.
- [16] Zizza, C. A., Duffy, P. A., et Gerrior, S. A., Food insecurity is not associated with lower energy intakes, *Obesity (Silver Spring)*, 16(8), 1908-1913, 2008.
- [17] Blanton, C. A., Moshfegh, A. J., Baer, D. J., et Kretsch, M. J., The USDA Automated Multiple-Pass Method accurately estimates group total energy and nutrient intake, *Journal of Nutrition*, 136(10), 2594-2599, 2006.
- [18] Chan, J. M., Rimm, E. B., Colditz, G. A., Stampfer, M. J., et Willett, W. C., Obesity, fat distribution, and weight gain as risk factors for clinical diabetes in men, *Diabetes Care*, 17(9), 961-969, 1994.
- [19] Basiotis, P. P., Welsh, S. O., Cronin, F. J., Kelsay, J. L., et Mertz, W., Number of days of food intake records required to estimate individual and group nutrient intakes with defined confidence, *Journal of Nutrition*, 117(9), 1638-1641, 1987.
- [20] FAO., West African Food Composition Table, Table de composition des aliments d'Afrique de l'Ouest, 2012.
- [21] Nelson, M., Évaluation de l'apport alimentaire en épidémiologie nutritionnelle: mise au point de méthodes de mesure cohérentes: Comportement alimentaire, *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 34(5), 291-299, 1999.
- [22] Tooze, J. A., Midthune, D., Dodd, K. W., Freedman, L. S., Krebs-Smith, S. M., Subar, A. F., et al. Kipnis, V., A New Statistical Method for Estimating the Usual Intake of Episodically Consumed Foods with Application to Their Distribution, *Journal of the American Dietetic Association*, 106(10), 1575-1587, 2006.
- [23] Dodd, K. W., Guenther, P. M., Freedman, L. S., Subar, A. F., Kipnis, V., Midthune, D., et al. Krebs-Smith, S. M., Statistical methods for estimating usual intake of nutrients and foods: A review of the theory, *Journal of the American Dietetic Association*, 106(10), 1640-1650, 2006.
- [24] Braam, L. A., Ocke, M. C., Bueno-de-Mesquita, H. B., et Seidell, J. C., Determinants of obesity-related underreporting of energy intake. *American Journal of Epidemiology*, 147(11), 1081-1086, 1998.
- [25] Susan L Johnson, Sheryl O Hughes, Xiangqin Cui, Xuelin Li, David B Allison, Yan Liu, L Suzanne Goodell, Theresa Nicklas, Thomas G Power, and Kirstin Vollrath. Portion sizes for children are predicted by parental characteristics and the amounts parents serve themselves, *Am J Clin Nutr* 2014;99:763, 2014
- [26] Smith Lisa, C., Dupriez, O. et Trouba N., Assessment of the Reliability and Relevance of the Food Data Collected in National Household Consumption and Expenditure Surveys. *International Household Survey Network (IHSN) Working Paper* No. 008, 2014.

Suivi par télédétection de la déforestation due à la croissance urbaine de la ville de Ouessou dans la période de 2000-2016, République du Congo

[Follow-up by remote sensing of deforestation due to the urban growth of the town of Ouessou during the period of 2000-2016, Republic of Congo]

Stoffenne Binsangou¹, Suspense Averti Ifo¹, Félix Koubouana², Lisa Louvouandou¹, Stevanche Nzingoula¹, and Lucien Mansisse¹

¹Ecole Normale Supérieure, Laboratoire de Géomatique et d'Ecologie
Tropicale Appliquée,
Université Marien N'GOUABI, BP 69,
Brazzaville, Republic of the Congo

²ENSAF, Laboratoire de Géomatique et d'Ecologie Tropicale Appliquée,
Université Marien N'GOUABI, BP 69,
Brazzaville, Republic of the Congo

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: A study on the urban growth during the time between 2000 to 2016 was undertaken in a forest locality of the republic of Congo, the town of Ouessou. Landsat images covering this period had been selected and treated thanks to the software ENVI 4.6.1 and ArcGis 10.2. Supervised classification was used and applied to the zone of study. The results of this study indicate that the surface of the city passed from 608.375 ha in 2000 to 1527 ha in 2016. The losses of the forests due to the urban growth passed from 261.63 ha during the time of 2000-2014 to 657.03 ha during the time of 2014 to 2016. The demographic growth, poverty, agriculture, residential spreading out and the accelerated municipalization which took place in this locality would explain the losses of the forest surfaces observed in this locality. The anarchistic urban growth in wet tropical zone could be the source of significant flows of GES following the changes of use of the grounds.

KEYWORDS: Forest, Deforestation, remote sensing, urban Growth, Ouessou.

RESUME: Une étude sur la croissance urbaine dans la période entre 2000 à 2016 a été menée dans une localité forestière de la République du Congo, la ville de Ouessou. Des images Landsat couvrant cette période avaient été sélectionnées et traitées grâce au logiciel ENVI 4.6.1 et ArcGis 10.2. La classification supervisée a été utilisée et appliquée à la zone d'étude. Les résultats de cette étude indiquent que la superficie de la ville est passée de 608,375 ha en 2000 à 1527 ha en 2016. Les pertes des forêts dues à la croissance urbaine sont passées de 261,63 ha dans la période de 2000-2014 à 657,03 ha dans la période de 2014 à 2016. La croissance démographique, l'aménagement du territoire, l'étalement résidentiel et la municipalisation accélérée expliqueraient la croissance urbaine observée dans cette localité. Cette croissance urbaine anarchique en zone tropicale humide pourrait être la source d'importants flux de GES suite aux changements d'utilisation des terres.

MOTS-CLEFS: Forêts, Déforestation, télédétection, Croissance urbaine, Ouessou, République du Congo.

1 INTRODUCTION

La situation du couvert forestier en République du Congo n'est pas uniforme sur l'ensemble du territoire national et varie en fonction de la densité de la population, de la qualité des infrastructures de base, du transport, de la richesse des forêts, de l'historique de leur exploitation enfin de l'existence de zones urbaines (NERF, 2016).

Ces forêts subissent plusieurs changements et conversions de terres. Ces conversions peuvent avoir des impacts importants non seulement sur les flux et les stocks de carbone, mais aussi sur la biocénose ainsi que sur les services écosystémiques de la forêt. Elles entraînent des émissions et absorptions des GES (GIEC, 2006).

A l'échelle mondiale, les émissions de GES liées au secteur de l'utilisation de terres, du changement d'utilisation de terres et de la foresterie représentent 17,4% des émissions globales. C'est le troisième secteur contributeur après le secteur de l'énergie et de l'industrie (Chenost *et al.*, 2010). Le GIEC estime que 1,7 milliards de tonnes de CO₂ sont rejetées dans l'atmosphère chaque année, du fait des changements du couvert terrestre, et en grande partie de la déforestation tropicale (Nasi *et al.*, 2008). Cette grande quantité des émissions a poussé la CCNUCC à déclencher un processus qui permet d'étudier les problèmes liés à la réduction des émissions occasionnées par la déforestation dans les pays en voie de développement.

C'est dans ce contexte que le processus REDD+ a été mis en place au niveau mondiale par la banque mondiale et l'ONU REDD, et la république du Congo s'est lancée dans ce processus REDD+ depuis 2010 (NERF, 2016).

Le changement d'utilisation de terre a contribué aux émissions anthropiques globale de CO₂ (Denman *et al.*, 2007), celles résultant de la déforestation étaient la plus élevée (Nabuurs *et al.*, 2007).

Parmi les causes qui expliqueraient cette déforestation nous pouvons citer : l'agriculture ; l'exploitation forestière ; le développement des infrastructures ; la croissance urbaine, etc.

La croissance urbaine est un phénomène universel qui a connu une accélération particulière en Afrique ces dernières décennies. Cette croissance est le fait de divers paramètres : l'augmentation de la superficie des terres urbaines, la densité de l'habitat urbain, la densité de la population urbaine et la perte de terres naturelles (Zhang *et al.*, 2012). Elle affecte l'écosystème de productivité par la perte d'habitat et de biomasse ; menace la biodiversité et conduit au changement environnemental (Seto *et al.*, 2012).

Considérée comme une sous-catégorie des Etablissements suivant les types des conversions des terres définis par les lignes directrices du GIEC, la croissance urbaine est une source importante des émissions des GES (GIEC, 2003). De ce fait, elle contribue ainsi au changement climatique à l'échelle globale (Ojima *et al.*, 2005 ; Labin *et al.*, 2006).

Tchatchou *et al.*, (2015) affirment que " l'expansion urbaine est essentiellement motivée par l'explosion démographique dans les grandes cités". En république du Congo le rapport taux de croissance démographique est de 3,6% (RPP Congo, 2010) alors que le taux annuel de croissance urbaine est passé de 6,6% dans la période de 1960 - 1974 à 6,8% dans celle de 1974-1984, soit une hausse de près de 3% (Tati, 1987).

A la limite de notre connaissance, aucune donnée disponible ne permet de suivre la croissance urbaine en général et dans les zones forestières en particulier et d'en évaluer les impacts sur les écosystèmes forestiers. Aussi en République du Congo, aucune donnée d'activité de la croissance urbaine n'existe pour calculer les émissions dues par la conversion des terres forestières vers les terres non forestières, ici la croissance urbaine.

Le présent travail se propose d'une manière générale de créer une base de données nationale sur la croissance urbaine des principales villes forestières et leur impact sur la durabilité des écosystèmes. De manière spécifique elle se propose de : Déterminer les pertes des superficies forestières de la ville de Ouessou ; Vérifier le lien qu'il y a entre la croissance urbaine et la croissance démographique ; Identifier les causes de l'élargissement de cette ville.

2 MATERIELS ET METHODES

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Ouessou est une ville du nord de la République du Congo, chef-lieu du département de la Sangha (figure 1). Elle est située entre 1° 37' 03" N et 16° 03' 04" E Elle est située sur la rive droite de la rivière Sangha, un affluent du Fleuve Congo et entourée par la forêt équatoriale. La zone est influencée par un climat équatorial congolais caractérisé par une pluviométrie, une température et une humidité peu variable (Samba-Kimbata, 1991). Il tombe plus de 50 mm de pluie tous les mois avec deux minima en janvier-décembre et juillet (57 à 64 mm) et deux maxima en mai et septembre-octobre (200 à 240 mm). La température moyenne annuelle oscille faiblement avec un minimum en juillet-août (22°) et maximum en avril (24°).

PRESENTATION DES FORMATIONS FORESTIERES

Autour de la ville de Ouessou, on trouve des formations forestières denses pluri strates avec la strate supérieure généralement composée des grands arbres aux cimes jointives formant une couverture continue. Les arbres dominants de ces formations appartiennent à la famille des Fabaceae (*Millettia laurentii* ou Wengé, *Erythrophloeum ivorense*, ou Tali, *Pterocarpus soyauxii* ou Padouk, *Swartzia fistuloides* ou Pao rosa, *Pericopsis elata* ou Afrormosia, etc.) des Sapotaceae (*Baillonella toxisperma* ou Moabi, *Chrysophyllum spp* ou Longhi, *Autranella congolense* ou Mukulungu), Moraceae (*Antiaristoxi caria* ou Ako, *Milicia excelsa* ou Iroko) des Meliaceae (*Entandrophragma cylindricum* ou Sapelli, *Entandrophragma utile* ou Sipo et *Guarea cedrata* ou Bossé), etc.

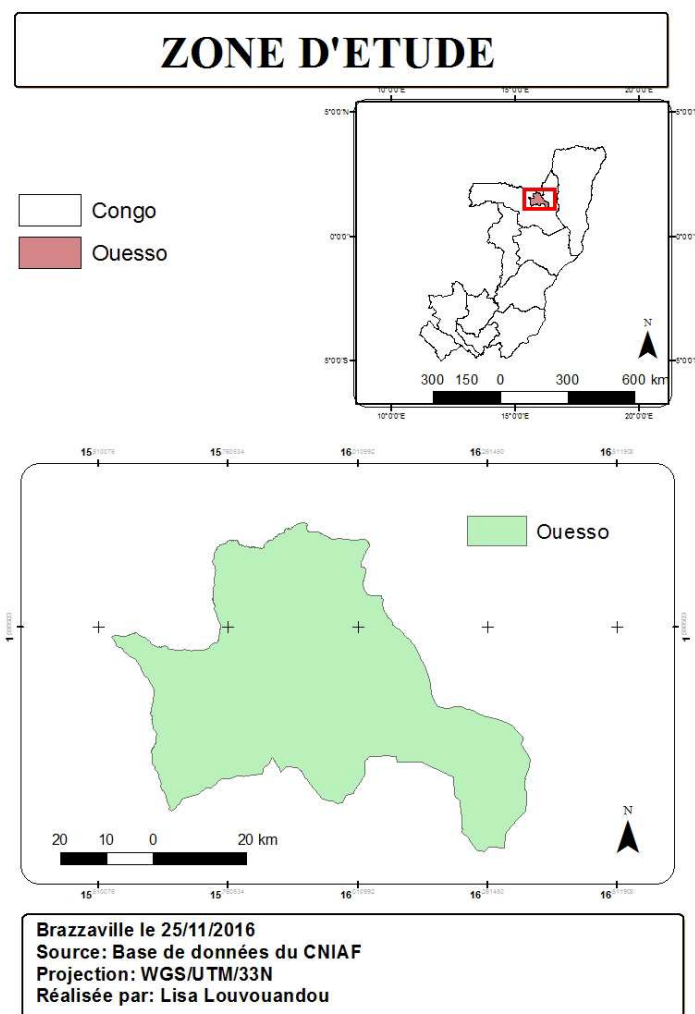


Figure 1 : Localisation du site d'étude

METHODE

Les différentes images Landsat utilisées dans le cadre de cette étude ont été obtenues d'une part par téléchargement sur le site USGS (Earth explorer) et d'autre part à l'OSFAC. Le tableau 1 présente les différentes caractéristiques de ces images, la résolution, les dates de capture de ces images ainsi que les différentes compositions colorées utilisées.

Tableau 1 : Logiciel de télédétection et type d'image utilisée pour ce travail

Localités	Types d'images	N° de la scène	Date de capture	Résolution
Ouessou	Landsat7	182-059	18/09/2000	30m
	Landsat8	182-059	Avril 2014	30m
	Landsat8	182-059	Aout 2016	30m

Avant de passer à la classification des images, et avant toutes autres choses, nous avons procédé au layer stack qui consiste à superposer les différentes bandes des images, suivi du subset qui nous a permis de découper la zone d'intérêt et d'extraire les informations utiles au suivi de la croissance urbaine. Ici les bandes qui mettent en valeur le sol, les bâtis qui sont preuves de l'étalement urbain. Toutes les images ci-dessus présentées ont suivi toutes les étapes de prétraitement des images : La correction géométrique, la correction radiométrique, la correction atmosphérique. Après quoi nous avons appliqué différentes compositions colorées. Cette composition est très efficace pour analyser les éléments sur l'image selon les études. A partir de l'examen de la composition colorée de la zone d'étude, nous avons identifié le nombre de signature spectrale possible correspondant à chaque élément de la légende. Nous avons par la suite défini des zones d'entraînement (Rois) correspondant à différents type d'occupation du sol.

LA CLASSIFICATION SUPERVISEE

La classification supervisée a été utilisée pour faire cette étude sur la croissance urbaine et la déforestation. Pour ce faire, les étapes ci-après ont été suivies : Définir et renseigner les ROI c'est-à-dire la région d'intérêt, sélectionner des échantillons représentatifs de chaque classe de la région d'intérêt, Renseigner les différentes classes. Nous avons appliqué l'algorithme "Maximum Likelihood" (maximum de vraisemblance) qui a été choisi afin de regrouper en une seule couleur les pixels de même nature pour la localité de Ouesso. Cette carte d'occupation du sol obtenue a fait l'objet d'une descente sur le terrain afin dans le but d'améliorer la précision de la carte finale, voir si les classes identifiées au laboratoire correspondent aux différentes occupations du sol sur le terrain.

La classification actualisée de la ville de Ouesso a porté sur la dernière image Landsat de 2016.

RECLASSIFICATION, VALIDATION DES CARTES, EVALUATION DE LA PRECISION

Partant des informations collectées sur le terrain, une reclassification a été faite tout en tenant compte des différentes classes d'occupation du sol rencontrées sur le terrain.

Ces superficies déterminées grâce à cette méthodologie de télédétection contiennent des erreurs commises et omises qui doivent normalement être recalculées afin d'obtenir les vraies superficies.

Pour évaluer la précision de notre carte, une matrice de confusion a été construite, suivi du calcul de la précision totale ainsi que du coefficient de Kappa. Il permet d'évaluer le degré d'efficacité d'une classification dans sa façon de classer un ensemble d'objet dans un certain nombre de classes définissant les modalités d'une variable nominale. C'est un indice statistique variant entre 0 et 1.

3 RESULTATS

CARTE D'OCCUPATION DU SOL AVANT LA VERITE TERRAIN DE LA VILLE DE OUESSO EN 2000 ET 2016

Les figures 2 et 3 présentent les cartes d'occupation du sol de la localité de Ouesso pour les années 2000 et 2016. Ces cartes présentent de grandes différences qui soulignent de la conversion des terres forestières vers les terres non forestières, surtout autour de la zone de l'aéroport de Ouesso.

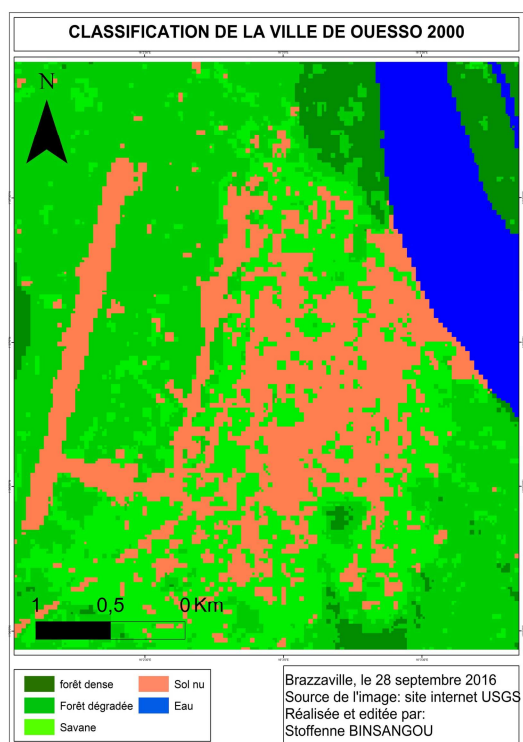


Figure 2 : Occupation du sol de Ouessou en 2000

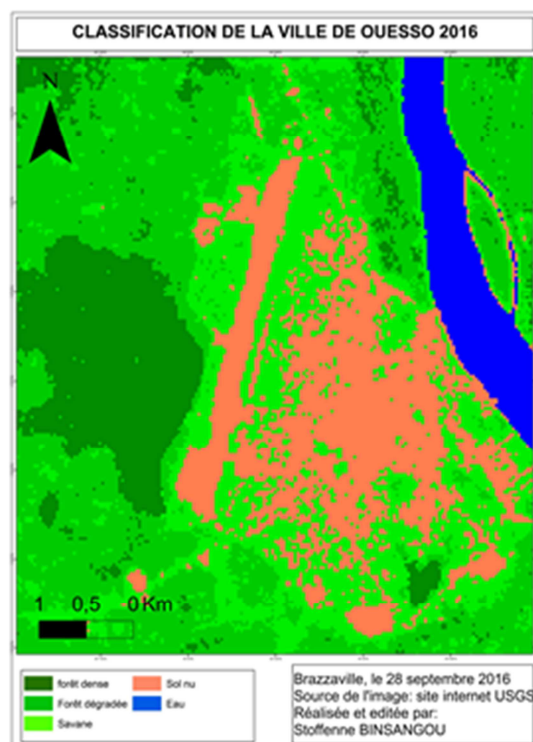


Figure 3 : Occupation du sol de Ouessou en 2016

CARTE D'OCCUPATION DU SOL APRES LA VALIDATION TERRAIN DE LA VILLE DE OUESSO EN 2000 ET 2016

Tout produit cartographique nécessite une validation du point de vue qualitative et quantitative (matrice de confusion, coefficient de kappa, etc...). La validation des cartes est importante car toute carte produite à l'aide des méthodes de télédétection contient des erreurs.

Un total de 289 points repartis en quatre classes d'occupation du sol ont été choisis au laboratoire en vue de la validation terrain soit 51 points qui représentaient la classe forêt dégradée ; 15 points représentaient la classe forêt dense ; 123 points représentaient la classe savane et 100 points représentaient le sol nu (tableau 2). La validation terrain nous a permis de repartir ces 289 points dans 7 classes comme suit : 23 points de la classe champ de culture ; 35 points de la classe forêt dégradée ; 11 points de la classe forêt inondée ; 4 points de la classe forêt marécageuse ; 33 points de la classe jachère ; 83 points de la classe savane et 100 points de la classe sol nu (tableau 3).

Tableau 2 : Points de vérification

Types d'occupation de sols	Nombre de points
Forêt dégradée	51
Forêt dense	15
Savane	123
sol nu	100
Total	289

Tableau 3 : Points de validation

Types d'occupation de sols	Nombre de points
champ de culture	23
Forêt dégradée	35
Forêt inondée	11
Forêt marécageuse	4
Jachère	33
Savane	83
Sol nu	100
Total	289

Nous avons procédé à une reclassification supervisée partant de la connaissance du terrain. La figure 4 présente la carte d'occupation spatiale du sol de la ville de Ouesso et de ces environs.

PRECISION DE LA CARTE ISSUE DE LA RECLASSIFICATION DE 2016

LE COEFFICIENT DE KAPPA

D'après Pontus (2000), dans une étude d'occupation de sols, si l'indice de Kappa évaluer pour les classifications est compris entre 50 et 75%, la classification adoptée est valable et les résultats peuvent être judicieusement utilisés. Dans le cas de notre étude, le coefficient de Kappa est égal à 0,81 soit 81%.

PRECISION GLOBALE

Nous remarquons que 83,65% de pixels ont été correctement classés. Les résultats de chaque classe se répercutent dans les tableaux 4, 5, et 6 qui suivent.

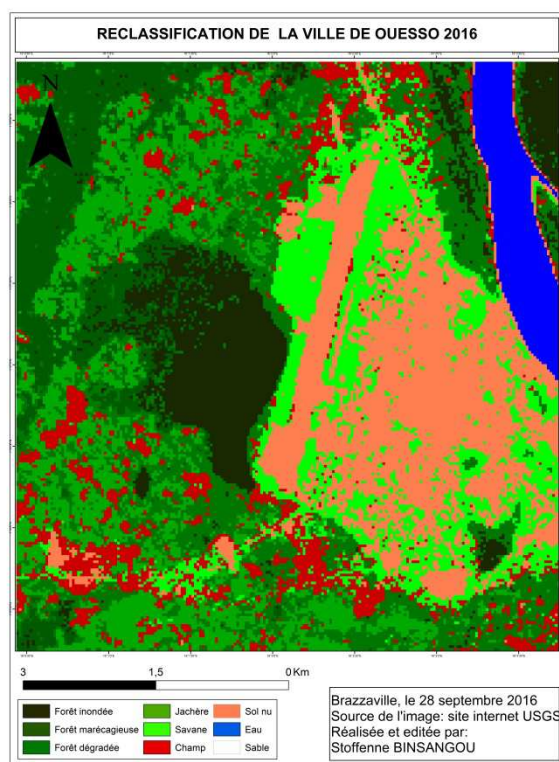


Figure 4 : Occupation de sol de la ville de Ouesso en 2016

Le **tableau 4** nous présente la matrice de confusion de certaines classes définies lors de ce travail. Il ressort de ce tableau qu'un total général de 7502 pixels a été classifié pour l'ensemble de ces 4 classes définies. Sur un total de 1683 pixels considéré comme pixels de la classe sol nu, 1676 appartiennent réellement à la classe sol nu, 3 pixels appartiennent à la classe savane, et 4 appartiennent à la classe champ. pour ce qui est de la classe savane, sur un total de 744 pixels classifiés, 684 appartiennent réellement a la classe savane, 30 appartiennent à la classe sol nu, 8 à la classe champ, 13 à la classe forêt dégradée et 9 à la classe jachère. Sur un total de 1758 pixels classifiés comme classe forêt inondée, 1618 appartiennent réellement a la classe forêt inondée, 106 à la classe forêt marécageuse, 8 à la classe champ, 25 à la classe forêt dégradée et 1 à la classe jachère. En ce qui concerne la classe eau, sur un total de 1641 pixels classifiés, 1639 pixels sont réellement de la classe eau et 2 sont de la classe sol nu. Enfin sur un total de 1676 pixels classifiés comme classe forêt marécageuse, 1544 appartiennent réellement à la classe forêt marécageuse, 53 appartiennent à la classe forêt inondée, 17 à la classe champ, 47 à la classe forêt dégradée et 15 à la classe jachère.

Tableau 4 : Matrice de confusion

Class	Sol nu	Savane	Forêt inondée	Eau	Forêt marécageuse	Total
Sol nu	1676	30	0	2	0	1708
Savane	3	684	0	0	0	687
Forêt inondée	0	0	1618	0	53	1671
Eau	0	0	0	1639	0	1639
Forêt marécageuse	0	0	106	0	1544	1650
Champ	4	8	8	0	17	37
Forêt dégradé	0	13	25	0	47	85
Jachère	0	9	1	0	15	25
Total	1683	744	1758	1641	1676	7502

ERREURS OMISES ET COMMISES

Le **tableau 5** montre les erreurs omises et commises lors de cette classification pour les différentes classes définies dans ce travail. Ce dernier nous permet de dire que sur 1720 pixels de la classe sol nu, 44 pixels sont considérés comme erreurs commises soit 2,56% et sur 1683 pixels, 7 sont considérés comme erreurs omises. Sur 766 pixel de la classe savane, 82 pixels sont des erreurs commises soit 10,70% et sur 744 pixels, 60 sont des erreurs omises soit 8,06%. Pour ce qui est de la classe forêt inondée, sur 1695 pixels, 77 sont des erreurs commises soit 4,54% et sur 1758 pixels, 140 sont des erreurs omises soit 7,96%. Pour la classe eau sur 1639 pixels, tous les pixels sont bien classifiés, il n'y a pas d'erreurs commises ; cette classe n'a subi aucune erreur d'excédent ; mais sur 1641 pixels, 2 sont des erreurs omises soit 0,12%. En ce qui concerne la classe forêt marécageuse, sur 1969 pixels, 425 pixels sont des erreurs commises soit 21,58% et sur 1676 pixels, 132 sont des erreurs omises soit 7,88%. Pour la classe champ, sur 825 pixels 280 sont des erreurs commises soit 33,94% et sur 601 pixels, 56 sont des erreurs omises soit 9,32%. Pour la classe forêt dégradée, sur 1743 pixels, 714 pixels sont des erreurs commises soit 40,96% et sur 1642 pixels, 613 pixels sont des erreurs omises soit 37,33%. Enfin pour la classe jachère, sur 1846 pixels, 372 sont des erreurs commises soit 20,15% et sur 2458 pixels, 984 sont des erreurs omises soit 40,03%.

Tableau 5 : Erreurs d'omission et de commission

Class	Commission (Percent)	Omission (Percent)	Commission (Pixels)	Omission (Pixels)
Sol nu	2.56	0.42	44/1720	7/1683
Savane	10.70	8.06	82/766	60/744
Forêt inondée	4.54	7.96	77/1695	140/1758
Eau	0.00	0.12	0/1639	2/1641
Forêt marécageuse	21.58	7.88	425/1969	132/1676
Champ	33.94	9.32	280/825	56/601
Forêt dégradée	40.96	37.33	714/1743	613/1642
Jachère	20.15	40.03	372/1846	984/2458

PRECISION D'UTILISATION ET DE PRODUCTION

Le tableau 6 nous présente la précision de production et d'utilisation de chacune des classes définies. Pour la classe sol nu, la précision de production est de 1676 pixels sur 1720 soit 99,58%. Par contre la précision de l'utilisateur est de 1676 sur 1720 pixels soit 97,44%. Pour la classe savane la précision de production est de 684 sur 744 pixels soit 91,94% et la précision de l'utilisateur est de 684 sur 766 pixels soit 89,30%. En ce qui concerne la forêt inondée, la précision de production est de 1618 sur 1758 soit 96,12% et la précision d'utilisation est de 1618 sur 1695 pixels soit 95,46%. S'agissant de la classe Eau, la précision de production est de 1639 sur 1641 pixels soit 99,88% et la précision de l'utilisateur est de 1639 sur 1639 pixels soit 100%. Pour ce qui est de la classe forêt marécageuse, la précision de production est de 1544 sur 1676 pixels soit 92,12% et la précision de l'utilisateur est de 1544 sur 1969 pixels soit 78,42%. Pour la classe champ, la précision de production est de 545 sur 601 pixels soit 90,68% et la précision de l'utilisateur est de 545 sur 825 pixels soit 66,06%. Pour la forêt dégradée, la précision de production est de 1029 sur 1642 pixels soit 62,67% et la précision de l'utilisateur est de 1029 sur 1743 pixels soit 59,04%. Enfin pour la classe jachère, la précision de production est de 1474 sur 2458 pixels soit 59,97% et la précision de l'utilisateur est de 1474 sur 1846 pixels soit 79,85%.

Tableau 6 : précision d'utilisation et de production

Class	prod. Acc.	User Acc.	Prod. Acc.	User Acc.
	(Percent)	(Percent)	(Pixels)	(Pixels)
Sol nu	99.58	97.44	1676/1683	1676/1720
Savane	91.94	89.30	684/744	684/766
Forêt inondée	92.04	95.46	1618/1758	1618/1695
Eau	99.88	100.00	1639/1641	1639/1639
Forêt marécageuse	92.12	78.42	1544/1676	1544/1969
Champ	90.68	66.06	545/601	545/825
Forêt dégradée	62.67	59.04	1029/1642	1029/1743
Jachère	59.97	79.85	1474/2458	1474/1846

TYPES D'OCCUPATION DE SOLS

En termes de changement d'utilisation de terres, nous avons constaté sur le terrain que la ville de Ouesso s'est développée dans une zone totalement forestière. Ces terres forestières ont été converties en trois types d'occupation du sol : les terres forestières ; les terres cultivées et les établissements (infrastructures, les arbres des établissements et les zones urbaines).

CROISSANCE URBAINE ET PERTE DES FORETS DANS LES DEUX ZONES D'ETUDES

La figure 5 présente les résultats de la croissance urbaine dans la période allant de 2000 à 2016. Cette superficie passe de 608,375 ha en 2000 à 1527 ha en 2016. Ouesso étant une ville forestière, nous avons estimé les pertes des forêts dues à la croissance urbaine, elle passe de 261,63 ha dans la période de 2000-2014 à 657,03 ha dans la période de 2014 à 2016 (figure 6).

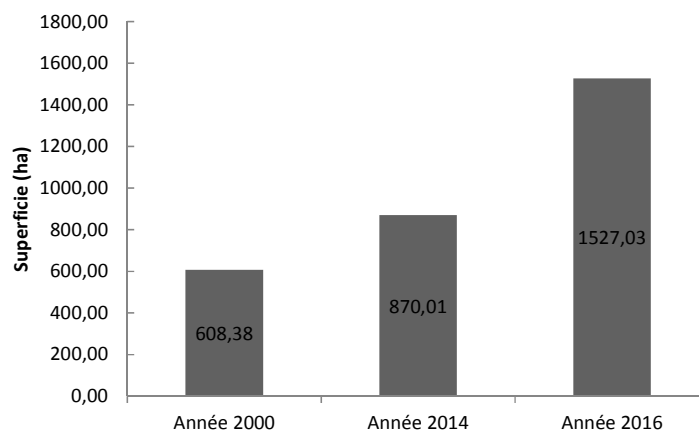


Figure5 : pertes de forêts de la ville de Ouesso

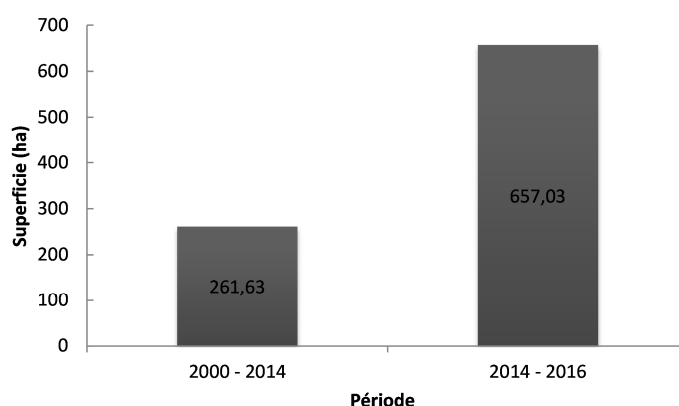


Figure 6 : Evolution des pertes de forêts

4 DISCUSSION

IMPORTANCE DE LA VERITE TERRAIN

La vérité terrain est très importante pour les études de classification par télédétection. Cela a été démontré par plusieurs auteurs dans la littérature (Regrain 1981 ; Lawandi 2006);

Cette étape permet de corriger les erreurs dues au traitement des images et d'améliorer la précision du produit cartographique final. La vérité terrain est une étape importante dans la validation des cartes (Regrain 1981). Dans le cas de notre étude, la vérité terrain nous a permis de discriminer pour la zone de Ouesso la forêt dense en deux classes : la forêt inondée et la forêt marécageuse. Dans la zone d'Impfondo, la mission de terrain nous a permis de discriminer les classes que nous n'avons pu identifier directement par la visualisation de l'image Landsat acquise en Février 2016. Nous avons discriminé la classe plantation palmier à huile, la classe champ de culture et les classes jachères, savane et forêt dégradée. En effet, de l'image il y a une confusion de pixels entre toutes ces classes lors de la définition des zones d'intérêt.

La mission de la vérité terrain permet ainsi de corriger les caractéristiques des classes (Sidi Tanko, 2012). La caractéristique complète des différentes unités n'est possible qu'avec l'observation sur le terrain. Dans le cas de notre étude, elle nous a révélée pour la ville de Ouesso que sur les cinq classes (forêt dense ; forêt dégradée ; savane, sol nu, Eau) définies au laboratoire, nous avons découvert sur le terrain que deux autres étaient incluses à l'intérieur de ces cinq classes soit un total général de sept classes après la vérité terrain. La classe forêt dense que nous avons définie au laboratoire ne reflétait pas la réalité sur le terrain. La photo interprétation faite lors de la définition de ces classes était totalement fautive. Pour ce qui est des points de ces différentes classes retenues au bureau, Il y a eu plusieurs erreurs de commission et d'omission à l'exception de quelques classes telles ; que le sol nu et l'eau qui ont un pourcentage de taux de commission et d'omission

très faible, voire nul ; cela pourraient s'expliquer par le bon choix des Roi d'une part et par une bonne composition colorée des différentes bandes d'autres part. Ce qui nous a poussés a procédé à une reclassification partant de la connaissance du terrain. La correction des erreurs de la classification révélée lors de la mission sur le terrain a permis de regrouper certaines classes ou unités d'occupation des sols et de modifier certaines classes. L'intégration de ces erreurs nous a conduits à obtenir des cartes définitives d'occupation de sols de la zone dans laquelle nous avons mené cette étude sur la croissance urbaine (Sidi Tanko, 2012).

La matrice de confusion présentée dans le chapitre résultats est ainsi le produit de la combinaison des données de terrain et de la classification faite au laboratoire à Brazzaville.

CROISSANCE URBAINE

Les résultats obtenus lors de cette étude dans la période de temps défini montrent pour la zone d'étude une croissance urbaine avérée. Mais cette augmentation ne s'est pas faite de la même manière selon la période d'étude. Nous avons noté deux périodes, la période de 2000 à 2014 soit 14 ans avec une augmentation de 261,63 ha et la seconde période entre 2014 et 2016 avec une augmentation de 657,03 ha.

La croissance urbaine étant l'une des causes directes de la déforestation, l'enquête menée sur le terrain associé aux résultats obtenus révèle que plusieurs facteurs pourraient expliquer cette croissance. Les différentes causes de cette croissance sont les suivantes : la croissance démographique, L'aménagement du territoire par les populations locales ; La municipalisation accélérée ; l'étalement résidentiel, Le développement des zones d'activités associées à différentes activités.

LA CROISSANCE DEMOGRAPHIQUE

Dans la localité d'étude, la collecte des données sur la croissance démographique montre bien un accroissement annuel important. Nous avons noté un accroissement de 6557 habitants de la population locale entre 2007 et 2012 Cette tendance est confirmée dans la littérature avec les travaux de Tati (1987) qui confirmait déjà le lien qui existait entre la croissance urbaine et l'explosion démographique. En effet l'expansion urbaine est essentiellement motivée par l'explosion démographique dans les grandes cités. Le rapport RPP Congo avance le taux de croissance démographique de 3,6 %. Le taux annuel de croissance urbaine est passé de 6,6 % dans la période allant de 1960 à 1974 à 6,8 % dans celle de 1974-1984, soit une hausse de près de 3 % (Tati ; 1987).

L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE PAR LES POPULATIONS LOCALES ET L'ETALEMENT RESIDENTIEL

L'idée d'avoir sa propre parcelle (parcelle individuelle) est de plus en plus une priorité dans cette ville. Cette dernière a poussé les populations locales de la ville d'occuper des terrains, et ceci a contribué à l'élargissement de cette ville. L'enquête menée sur le terrain dans la localité de Ouessou a révélé que la municipalisation accélérée a favorisée la construction des voiries urbaines tant à l'intérieur de la cité urbaine que dans la périphérie. Cet aménagement a conduit les populations à acquérir des terrains le long de ces routes aménagées : Cas de la route qui part de la ville de Ouessou vers Maboko, frontière Congo-Cameroun. Le long de cette route, des particuliers construisent des bâtiments modernes, qui conduiront certainement à l'élargissement de la ville de Ouessou dans quelques années.

Cette ville étant considérée comme un lieu de récréation suite à la qualité de son cadre de vie et la qualité du réseau routier qui permet un accès facile et une circulation libre, plusieurs grandes personnalités ont occupé des terrains et construit des maisons. Aussi plusieurs sociétés forestières sont implantées dans cette ville. Profitant de cela, les populations locales construisent des maisons en location pour faciliter l'installation ou l'hébergement de ces travailleurs, ceci entraine également l'étalement de la ville.

Ce même constat a été aussi observé par Bornicha et Dao (2004), dans la région transfrontalière Genevoise.

IMPACT DE LA CROISSANCE URBAINE SUR L'ENVIRONNEMENT PERI URBAIN

La croissance urbaine est un vrai défi au développement durable dans les localités forestières. Elle touche essentiellement les terres forestières, menace la biodiversité ; provoque de nombreux impacts sur l'environnement et affecte les écosystèmes de productivité par consommation d'espaces fragiles, perte de biomasse et de stockage de carbone ; perte de ressource naturelles: la diminution et la fragmentation des forêts et des terres agricoles en raison essentiellement du développement des réseaux routiers et des infrastructures qui créent des effets barrières pour les espèces et dégradent les fonctions écologiques des habitats naturels. (Aguejda, 2009 ; Seto *et al.*, 2012).

Cette diminution des forêts entraîne des effets potentiels sur l'érosion, l'écoulement accru et la concentration en CO₂ dans l'atmosphère et entraîne l'augmentation des changements climatologiques (Myers, 1988 ; Fontan, 1994 ; Goma *et al.*, 2013 et Nzoussi, 2014). La croissance urbaine modifie l'occupation des sols (Gallice-matti, 2005) ; entraîne aussi l'augmentation de la consommation d'énergie liée aux transports conduit à une augmentation des émissions de CO₂ dans l'atmosphère (Aguejda, 2009).

Cette croissance qui est une sorte d'artificialisation des sols, empêche la pérennité de la biodiversité (Clergeau, 2007) ; induit un changement de la nature des sols qui entraîne des conséquences environnementales (Alberti, 1999) ; d'une part l'imperméabilisation des sols, associée à des manques de prévention des risques et qui peuvent produire d'importantes inondations en période de crues. D'autre part, les sols artificialisés ne permettent pas de stocker le carbone, à l'inverse des sols agricoles, en particulier des prairies permanentes.

L'extension importante des surfaces artificialisées autour des villes forestières entraîne aussi une dégradation importante de la qualité de l'eau (Aichele, 2005 ; Tu *et al.*, 2007) suite à la modification du cycle de l'eau.

5 CONCLUSION

Au terme de cette étude sur le suivi par télédétection de la déforestation due à la croissance urbaine de la ville de Ouessou; nous pouvons affirmer qu'il est donc possible de faire une étude sur la déforestation due à la croissance urbaine par télédétection. Les différentes missions de terrains que nous avons effectuées nous ont permis de connaître l'importance de la vérité terrain, d'une part pour saisir les différentes formes d'occupation de sols et d'autre part dans l'amélioration de l'estimation de la précision globale. Pour ce qui est de la croissance urbaine, plusieurs causes ont été identifiées lors de cette étude et qui expliqueraient l'accroissement urbain de cette localité : la croissance démographique de la population locale, la municipalisation accélérée et l'aménagement du territoire. L'agriculture itinérante, et l'extraction du bois dans cette localité ont été identifiées comme des causes qui justifient l'écrémage des forêts.

Il ressort de cette étude que l'impact de la croissance en zone forestière est grand au regard des superficies forestières converties pour d'autres types d'utilisation de terres.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, nous voulons très sincèrement remercier toutes les autorités administratives de la ville de Ouessou pour les facilitations lors de la collecte des données sur le terrain.

REFERENCES

- [1] R. Aguejda, "Etalement urbain et évaluation de son impact sur la biodiversité de la reconstitution des trajectoires à la modélisation prospective. Application à une agglomération de taille moyenne : rennes métropole. Thèse pour obtenir le titre de docteur de l'université européenne de Bretagne. Ecole doctorale sciences humaine et sociales. Université renne 2 haute bretagne sous le sceau de l'université européenne de bretagne, 378p. 2009.
- [2] S. S. Aichele, *Effect of urban land use change on stream flow and water quality in Oakland County, Michigan, 1970–2003, as inferred from urban gradient and temporal analysis*. US Geological Survey Scientific Investigations Report 2005-5016. US Geological Survey: <http://infotrek.er.usgs.gov/pubs/>.2005
- [3] M. Alberti, "Modeling the urban ecosystem: A conceptual framework". *Environment and planning B*, 26 (4), pp: 605-630, 1999.
- [4] F. Bornichia et H. Dao, "Les apports des SIG et de la télédétection dans la compréhension des mutations du système territorial de la région transfrontalière Genevoise". Art. pp : 1-11, 2004.
- [5] C. Chenost, Y-M. Gardette, J. Demenois, N. Grondard, M. Perrier, et Wemaere, Les marchés du carbone forestier, 167p, 2010.
- [6] P. Clergeau, Une écologie du paysage urbain. Edition Apogée, 137p, 2007.
- [7] K.L. Denman, G. Brasseur, A. Chidthaisong, P. Ciais, P.M. Cox, R.E. Dickinson, D. Hauglustaine, C. Heinze, E. Holland, D. Jacob, U. Lohmann, S. Ramachandran, P.L. da Silva Dias, S.C. Wofsy and X. Zhang, "Couplings Between Changes in the Climate System and Biogeochemistry." In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge and New York: Cambridge University Press. 2007.

- [8] J Fontan, "Changement globaux et développement", *Nature – Sciences – Société*, 2, p : 143–152, 1994.
- [9] C. Gallice-Matti, "La télédétection pour l'analyse spatiale : application aux espaces périurbains de la région urbaine de Lyon. Thèse pour l'obtention du diplôme de Docteur en Géographie et Aménagement de l'université Jean mouli Lyon 3 (France) et pour l'obtention du titre de Doctor rerumnaturalium de la faculté des sciences de l'Université de Fribourg (Suisse), 275p, 2005.
- [10] GIEC, Recommandations en matière de bonnes pratiques pour le secteur de l'utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie. Publié par l'Institut for Global Environmental strategies (IGES), pp : 22-222, 2003
- [11] GIEC, Lignes directrices pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, 85p, 2006.
- [12] H. Goma, "Dégradation du couvert végétal urbain Brazzavillois et mesure d'adaptabilité aux changements climatique, enjeux socio-économiques et défis technologiques dans les pays du Bassin du Congo". *Acte du colloque international de Brazzaville du 1-3 décembre 2009*. L'harmattan. 2013.
- [13] E. Lambin, B. Turner, H. Geist, S. Agbola, A. Angelsen, J. Bruce, O. Coomes, R. Dirzo, G. Fischer et C. Folke. "The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths". *Global Env. Change*, 11(4): 261–269, 2001.
- [14] Lawandi Kanembou, "Etude de la dynamique des aires pastorales dans le département de Gouré : apport de la télédétection et SIG". Université de Niamey, Niger-DEA de Géographie physique. 2006.
- [15] N. Myers, "Tropical forest: much more than stocks of wood". *Journal of Tropical Ecology*, 4, pp: 209 – 221, 1988.
- [16] G.J. Nabuurs, O. Maser, K. Andrasko, P. Benitez-Ponce, R. Boer, M. Dutschke, E. Elsiddig, J. Ford-Robertson, P. Frumhoff, T. Karjalainen, O. Krankina, W.A. Kurz, M. Matsumoto, W. Oyhantcabal, N.H. Ravindranath, M.J. Sanz Sanchez, X. Zhang, "Forestry." In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, and L.A. Meyer (eds.)], Cambridge and New York: Cambridge University Press. 2007.
- [17] R. Nasi Mayaux, P. Devers, D. Bayol, N. Eba'aAtyi, R. Munier, A. Cassagne, B. A. Billand, Sonwa D, "Un aperçu de stock de carbone et leurs variations dans les forêts du Bassin du Congo", pp : 199–2016, 2008.
- [18] Niveau des Emissions de Références pour les Forêts(NERF) en République du Congo, 2016.
- [19] H. Nzoussi, "La gestion de l'environnement urbain à Brazzaville. Problème et perspectives". *European Scientific Journal* October 2014 edition vol. 10, n° 29. pp 209-216, 2014.
- [20] Ojima D., Moran E., Connel W., Stafford Smith M., Laumann G., Morais J. et Young B., 2005. "Global Land Project" – *Science Plan and Implementation Strategy*. Stockholm, IGBH-IHDP, 64p.
- [21] Jr. R. G Pontus, "Quantification error versus location error in comparison of categorical maps". *Photogrammetric Engineering and remote Sensing*, vol. 66, n°8, (2000), pp: 1011-1016, 2000.
- [22] R. Regrain, Données de télédétection et données de référence. « Télédétection et Réalité de terrain ». *Annales de Géographie*, année 1981. Vol 90. Numéro 499. Pp 260-283, 1981.
- [23] RPP, République du Congo.
Disponible sur le site <http://www.Forestcarbonpartnership.org/sites/forestcarbonpartnership.pdf>. 2010.
- [24] M.J. Samba Kimbata, "Précipitations et bilans de l'eau dans le bassin forestier du Congo et ses marges". Thèse, Université de Bourgogne, Tome 1, 242p. 1991.
- [25] K. C. Seto Burak, B. Güneralp, et L. R. Hutya, "Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools". *PNAS*, vol. 109, n° 40, 16083 – 16088, 6p. 2012.
- [26] T. K. Sidi, "Dynamique de la végétation en zone minière dans la commune urbaine d'Arlit". Université Abou Moumouni de Niamey-Niger- Maitrise de Géographie. 2012.
- [27] G. Tati, "La croissance urbaine au Congo (1960-1984)". Institut de Formation et de Recherche Démographiques (EFORD), Yaoundé (Cameroun), pp : 177-187, 1987.
- [28] B. Tchatchou, D.J. Sonwa, S. IFO et A. M. Tiani., "Déforestation et dégradation des forêts dans le bassin du Congo : Etat des lieux, causes actuelles et perspectives". *Papier occasionnel 120. Bogor, Indonésie* : CIFOR, 47p, 2015.
- [29] J. Tu, Z-G. Xia, K. C. Clarke, et A. Frei, "Impact of Urban Sprawl on Water Quality in Eastern Massachusetts, USA". *Environ Manage*, 40, pp: 183 – 200, 2007.
- [30] Y. Zhang, B. Guindon, K. Sun et L. Sun, "La télédétection pour améliorer la compréhension de l'urbanisation au Canada. Ressources naturelles Canada", *Centre Canadien de télédétection*, pp : 1-2, 2012.

REGARD SUR LES CONDITIONS DE VIE SOCIO-ECONOMIQUES DES EXPLOITANTS MINIERS ARTISANAUX AU NORD-KIVU

Emmanuel HAFASHIMANA NZABONIMPA NZOMBA¹⁻²

¹Assistant, Institut Supérieur Pédagogique de Matanda (ISP-Matanda), RD Congo

²Université Libre du Kivu (U.L.KI), RD Congo

Copyright © 2017 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 mining extraction occupies an important place in Democratic Republic of Congo. It is an economic activity that touches some thousand of Congolese. In the North-Kivu Province, to the occurrence, the mining exploitation is a source of the essential incomes for a few hundreds of the thousands of families. Thus, in Masisi territory, the casual artisanal mining exploitation uses more 3000 young, of which a big number comes of other regions in search of a permanent or seasonal use. While undertaking this survey, we wanted to detect the different dark ways in which left the income of these mining products of our object of survey and to measure the level of investment, of saving as well as the mind of initiative in relation to the creation of other units of production of the population of Rubaya. To harvest the data the technique of the questionnaire as well as the methods statistical, inductive and comparative us useful summer. Also, the software packages Eviews 3.1 and SPSS 16.0 allowed us to make analyses économétriques of the survey. The results show that the mining extraction of Rubaya doesn't constitute the main activity for the population of Rubaya because we found that there is also the mining operators who exercise other activities such as : trade, agriculture, raising and the salaried work. The impact of the artisanal mining exploitation on the life style of the creuseurs of Rubaya is positive according to the found results. We met that so much Didgers don't consume all of their income, but on the contrary, they also save as investment.

KEYWORDS: Living conditions, socio-economics, artisanal miners, North Kivu.

RÉSUMÉ: L'extraction minière occupe une place importante en République Démocratique du Congo. Elle est une activité économique qui touche des milliers de congolais. Dans la Province du Nord-Kivu, à l'occurrence, l'exploitation minière est une source des revenus essentielle pour quelques centaines des milliers de familles. Ainsi, dans le Territoire de Masisi, l'exploitation minière artisanale informelle emploie plus de 3000 jeunes, dont un grand nombre viennent d'autres régions à la recherche d'un emploi permanent ou saisonnier. En entreprenant cette étude, nous avons voulu détecter les différentes voies obscures dans lesquelles sont réparties les revenus de ces produits miniers et mesurer le niveau d'investissement, d'épargne ainsi que l'esprit d'initiative par rapport à la création d'autres unités de production de la population de Rubaya. Pour récolter les données la technique du questionnaire ainsi que les méthodes statistique, inductive et comparative nous ont été utiles. Aussi, les logiciels Eviews 3.1 et SPSS 16.0 nous ont permis de faire des analyses économétriques de l'étude. Les résultats montrent que l'extraction minière de Rubaya ne constitue pas l'activité principale pour la population de Rubaya car nous avons trouvé qu'il ya aussi les exploitants miniers qui exercent d'autres activités comme le commerce, l'agriculture, l'élevage et la travail salarié. L'impact de l'exploitation minière artisanale sur le mode de vie des creuseurs de Rubaya est positif d'après les résultats trouvés. Nous avons rencontré que tant de creuseurs ne consomment pas la totalité de leur revenu, mais au contraire, épargnent aussi sous forme d'investissement.

MOTS-CLEFS: conditions de vie, socio-économie, exploitants miniers artisanaux, Nord-Kivu.

1 INTRODUCTION

1.1 POSITION DU PROBLÈME

L'extraction minière occupe une place importante en République Démocratique du Congo. Elle est une activité de survie à grande échelle qui touche des milliers de congolais. Dans la Province du Nord-Kivu, en l'occurrence l'exploitation minière est une source de revenu essentielle pour quelques centaines des milliers de familles (International, Est de la RDC)

En République Démocratique du Congo, les moyens de subsistance de nombreuses familles sont basés sur un portefeuille d'activités informelles, comme le petit commerce associé à un peu d'agriculture, les revenus peu élevés forcent certains professionnels comme les enseignants, les élèves par exemple, à rejoindre la chaîne de valeurs. Dans un tel contexte, les activités susceptibles de générer un revenu immédiat et parfois élevé comme l'exploitation minière artisanale informelle (H. Summan et N. Bates, *Octobre 2007*)

La mine n'est pas simplement associée à l'exploitation et au développement des régions éloignées ou de la création des grandes fortunes, elle est aussi liée aux impacts négatifs qui sont les invasions, les crises économiques, les caractéristiques humanitaires et la pollution de l'environnement tel que l'éboulement, le nombre élevé de quantités douteuses très répandu chez les Creuseurs car le travail est élevé et les acteurs qui y œuvrent ne sont soumis à aucune règle. Et comme des nombreux hommes quittent leurs villages et leurs champs, la production agricole repose sur les seules femmes affaiblies et cela entraîne une augmentation des prix des produits vivriers dans les carrés miniers. (De Faily Didier, *Annuaire 2000-2001*, pp 279-306)

Dans le Territoire de Masisi, l'exploitation minière artisanale informelle occupe plus de 3000 jeunes, dont un grand nombre vient d'autres régions à la recherche d'un emploi permanent ou saisonnier (H. De Faily Didien, Coltan, *Annuaire, 2000-2001*, p.310)

Toutefois, les ouvriers sont vulnérables : le contrat de travail souvent difficile ; pour être embauché, le critère de qualification n'est pas tout à fait pris en considération. (H. Summan et N. Bates, *op.cit.* p.44)

Nous avons ciblé l'extraction minière parmi les autres produits de la place en vue de :

- Détecter les différentes voies informelles dans lesquelles sont repartis les revenus de ces produits miniers ;
- Si une fois cette activité génère un revenu suffisant, est-ce que la population est en mesure d'investir, d'épargner, de créer des services économiques, de construire des maisons !

La méthode la plus courante pour évaluer les effets du développement sur le bien-être (satisfaction économique) consiste à étudier la répartition des revenus. On cite généralement deux catégories :

- a) **La répartition par fonction** : celle-ci se rapporte à la division entre facteurs de reproduction conformément à l'identification traditionnelle à savoir : la terre, le travail et le capital ;
- b) **La répartition par ordre de grandeur** : concerne la répartition des revenus de toutes sortes entre individus et familles, ceux-ci étant classés par catégories fondées sur les niveaux des revenus familiaux. C'est cette dernière que l'on utilise le plus souvent pour mesurer directement le bien-être.

Ainsi, poser le problème du bien-être consiste à déterminer, parmi plusieurs situations économiques alternatives, celle qui est socialement la plus souhaitable. Ce problème est cependant très difficile à résoudre car le bien-être de la société dépend dans une très large mesure du niveau de satisfaction obtenue par tous les consommateurs. (Jacques Lecaillon, 1989, p.45)

L'Italien Wilfred Pareto dans *Analyse microéconomique* de Jacques LECAILLON a formulé au début de ce siècle 1989, la règle selon laquelle "Tout changement qui ne nuit à personne et qui améliore la situation de certains individus (selon leur propre estimation) doit être considéré comme une amélioration, d'où le bien-être augmente si une modification de la répartition des facteurs ou des produits améliore la situation d'au moins d'une personne, sans changer celles des autres et que le bien-être diminue si un changement détériore la situation d'une personne sans modifier celle des autres (Jacques Lecaillon, 1989).

Les fonctions sociales du bien-être visent précisément à exprimer le bien-être de la société dans son ensemble compte tenu des jugements des valeurs et des normes éthiques en vigueur que ces normes soient des résultats d'une décision démocratique ou qu'elles soient imposées d'une manière autoritaire (Wilfred Pareto, , *Op.cit.* p.47)

En général, le bien-être est vu sous l'angle de l'amélioration de l'éducation, la santé, l'infrastructure, le loisir, la sécurité, la stabilité, l'alimentation,...

Logiquement la croissance économique est une condition nécessaire mais non satisfaisante de l'évolution du bien-être, de nombreux habitants des pays dotés d'un faible PNB individuel, elle est indispensable car, faute de croissance économique, les habitants ne peuvent voir leur situation s'améliorer que par le transfert des revenus et d'autres provenant d'autrui.

En effet, par son action, l'Etat en tant que représentant des citoyens doit chercher à orienter et à contrôler l'effectivité du bien-être dans le sens de l'équité qui suppose qu'au-delà des intérêts particuliers des parties en jeu, l'on prenne en compte l'intérêt général de la population ainsi que celui des générations futures.

Trois raisons au moins vont à l'encontre de l'hypothèse selon laquelle la hausse du PNB individuel se traduit nécessairement par une hausse du revenu pour toutes les familles ou tout au moins par la majorité d'entre elle.

- En premier lieu, les pouvoirs publics n'encouragent pas la croissance économique dans le seul souci d'accroître le bien-être de leurs ressortissants, mais aussi et surtout pour renforcer le pouvoir et la gloire de l'Etat et de ses dirigeants ;
- En deuxième lieu, le pays peut investir massivement des ressources pour renforcer la croissance économique et rapporter de ce fait à une ultérieure progression totale de la consommation ;
- En troisième lieu, il arrive que le revenu et la consommation augmente mais en bénéficie exclusive ou quasi-exclusive ; de ceux qui sont déjà relativement privilégiés ; pour rendre le vieux dicton : « les riches s'enrichissent et les pauvres s'appauvrissent ».

1.2 OBJECTIF DE L'ÉTUDE

Sur la base de la problématique qui précède, l'objectif de cette étude est de savoir s'il existe une corrélation entre l'extraction minière et le mode de vie des exploitants de Rubaya dans le Territoire de Masisi au Nord-Kivu.

Nous avons ciblé l'extraction minière parmi les autres produits de la place en vue :

- De détecter les différentes voies informelles dans lesquelles est reparti le revenu de ces produits miniers de notre objet d'étude ;
- De savoir si, une fois cette activité génère un revenu suffisant, la population est en mesure d'investir, d'épargner, de créer d'autres unités de production, de se construire des maisons ;
- Spécifiquement, la problématique de notre travail va tourner autour de la question principale suivante : Quel est l'impact de l'exploitation minière artisanale sur les conditions de vie des exploitants miniers au Nord-Kivu, précisément à Rubaya dans le Territoire de Masisi ?

1.3 MÉTHODOLOGIE DE TRAVAIL

Nos analyses se fondent sur les données recueillies à l'aide de la technique d'enquête par questionnaire. L'enquête a été réalisée pendant le mois de Janvier en 2016 sur toute l'étude de notre milieu d'étude. Et comme le travail vise le regard sur les conditions de vie socio-économiques des exploitants miniers artisanaux au Nord-Kivu ; L'échantillon de notre étude a été tiré de manière probabiliste. Il s'agit d'un échantillon aléatoire stratifié ayant les proportions de sous-groupes selon le niveau d'instruction, la religion, le sexe, l'état civil, etc. La taille de l'échantillon est de 100 unités. Pour traiter les données, analyser et interpréter les résultats, nous avons fait recours à la méthode statistique, inductive et comparative. Aussi, nous avons utilisé les progiciels SPSS 16.0 et EvIEWS 3.1.

1.4 PLAN SOMMAIRE

Hormis l'introduction réunissant les points suivants : position du problème, objectif de l'étude, méthodologie de travail et la conclusion, le présent travail est constitué par les chapitres suivants :

- Théorie sur l'exploitation informelle des minerais
- Description du Centre de Rubaya
- Résultats
- Discussion des résultats

2 THÉORIE SUR L'EXPLOITATION INFORMELLE DES MINÉRAIS

Guy VERHAEGEN pense que l'informel est toute activité économique spontanée, échappant en grande partie au contrôle de l'administration et souvent en marge des obligations légales de l'Etat (G. Verhaegen, 1984)

Pour P. HUGON, "C'est un secteur regroupant des unités de production où la production est réalisée à une petite échelle du capital avancé faible, le salariat limité mais où il ya vente des biens et services". Il est donc caractérisé par la petite taille des unités de production par une activité échappant au repérage statistique officiel par un marché de concurrence non réglementé par une facilité d'entrée et par des revenus salariés. Il est aussi caractérisé par l'absence des règles de comptabilité et des règles de gestion. (P. Hugon, 1984)

Ce terme de secteur informel est apparu dans la littérature économique à partir de 1970. Il a été diffusé par les travaux de BIT (Bureau International du Travail). La diversité de ses formes d'emplois et de leurs conditions d'exercice et reflète la variété des termes utilisés pour le qualifier face à cette incertitude conceptuelle les estimations statistiques données à ces phénomènes sont très variables et les différentes statistiques sont très importantes.

Le sous-emploi, le déficit public, tension inflationniste sont autant des facteurs rencontrés dans le pays sous cure d'ajustement structurel. Ces facteurs ont entraîné des crises de toute sorte qui ont amené la population à créer plusieurs petits emplois et utiliser des jargons de toute sorte.

J. JALLADEAU insiste sur l'option formelle et informelle, pour lui parallèlement à l'économie officielle, formelle régulière légale, visible et observée se développement des activités informelles irrégulières, invisibles et parfois illégales occultes, non enregistrées. D'autres auteurs retiennent des termes tels qu'économie noire, économie criminelle, économie non structurée, économie parallèle, économie populaire et la seconde économie (J. Jalladeau : 1990 P 34).

G. BAGALWA confirme que tous ces concepts réfèrent à une même réalité « celle d'échapper du calcul de revenu national et donc d'être des revenus perçus mais non déclarés à l'administration publique (G. Bagalwa, 1989)

D'après G. de VILLERS, le secteur informel est formé des petites entreprises artisanales et commerciales généralement inaccessibles à l'administration du fait de l'absence des structures et d'établissement enregistrés. Ces entreprises, sont en principe dépourvues de statut légal et ne tiennent pas compte de la législation du travail et il n'existe pas des comptabilités appropriées en leur sein.

Le secteur informel joue un rôle important dans plusieurs pays surtout ceux sous cure d'ajustement. En effet, il fournit des emplois à une partie de la population. Il apparait que cette dernière en obtient des moyens de survie. Il permet également au sein du secteur formel, surtout celui public en Afrique subsaharienne de palier l'insuffisance des revenus perçus officiellement.

Ainsi, G.B MUHEME note-t-il que le secteur a le rôle d'être une classe sociale distincte, servant d'alternative aux individus qui ne trouvent pas d'emploi rémunérateur dans le secteur informel. Il a pour rôle de combler les besoins insatisfaits et donc; de participer au développement économique.

Néanmoins, elle converge pour souligner le rôle décisif qu'il joue dans l'équilibre social et économique de la plupart des pays en développement. En effet, il permet de satisfaire des besoins qui, ailleurs sont pris en charge par le pouvoir public. Il permet également à ceux qui ont un pouvoir d'achat faible d'accéder à un certain bien notamment par la vente au micro-détail (c'est la pauvreté qui dicte de cette vente micro-détail). Il assure également la production des biens, il est néanmoins difficile de définir ce terme parce qu'il recoure un ensemble très hétérogène (F.X.Sebakunzi, 2009-2010)

L'industrialisation du secteur minier s'impose pour lui donner les moyens de servir de moteur de transformation puissant, favorable à la croissance et au développement économique de la RDC. Toutefois l'industrialisation du secteur minier est loin d'avoir la même incidence sur la nature de l'exploitation minière et du commerce dans toutes les régions et par conséquent, sur les substances des transformations susceptibles d'être recommandées.

Le Nord-Kivu par exemple ne dispose d'aucune mine industrielle en cours d'exploitation et un grand nombre des mines ne peut servir que dans le scénario d'exploitation artisanale.

Il serait peu réaliste, voir négatif pour les moyens de substance et l'environnement, de promouvoir une industrialisation accélérée dans un tel contexte. Sur de nombreux sites, la formalisation et le développement technologique de l'exploitation minière à petite échelle et artisanale s'imposent comme solutions de remplacement plus réalistes et plus équitables à mettre en œuvre pour assurer le développement de la communauté.

Dans le Nord-Kivu, l'exploitation minière se pratique traditionnellement à petite échelle, sur des sites disséminés. L'industrialisation n'y a pas fait une grosse empreinte et comme nous l'avons vu plus haut, aucune mine industrielle n'est

exploitée dans ces endroits. La mine de pyrochlore de Lueshe, qui a brièvement bénéficié d'un apport en énergie et d'efforts d'industrialisation est désormais fermée.

On dénombre plusieurs petites installations d'extraction d'or, de cassitérite et de coltan sur divers sites de la RDC, mais rien à l'échelle industrielle. Par conséquent, le Nord-Kivu a souffert des conflits entre artisans mineurs et les grandes sociétés qui les évincent à grands coups de projets d'industrialisation (H. Sunman et N. Bates, 2007)

L'exploitation minière industrielle, en s'évanouissant a laissé la place à une immense multitude de personnes, Creuseurs, agents des petits négociants, femmes transporteuses, des compagnies de transport aérien et des comptoirs, agents de la collectivité-chefferie et de l'Etat, militaires, devers, mais la plupart de ces personnes en tirent un revenu fort faible (L'économie du Sud-Kivu 1990-2000, 2000)

En se référant à l'ordonnance loi n°82-039 du 05 novembre 1982 à son article 30, il y a exploitation artisanale lorsque les facteurs techniques et économiques qui caractérisent les gisements ne permettent pas d'en assurer une exploitation industrielle au sein de la présente législation et de ses mesures d'exécution. C'est un type d'exploitation qui n'exige pas de gros moyens et elle est accordée uniquement aux personnes ayant la nationalité congolaise. Ces dernières années, ce type d'exploitation s'est développé au Nord-Kivu dans les Territoires : Lubero, Masisi et Walikale.

L'une des raisons est affirmée par Henry ROVILLE ORTEUIL, qui dit je cite : « Les agriculteurs traditionnels ne sont plus en état actuellement de répondre aux besoins des paysans des économies et des sociétés au tiers monde » (Henry Roville Orteuil, 1997). Cette situation pousse un grand nombre des paysans à se lancer dans l'exploitation artisanale de certaines matières précieuses. Seul le permis d'exploitation artisanale autorise à son titulaire à l'intérieur du périmètre délimité dans la carrière à exploiter, à titre exclusif, les gisements de la cassitérite ou soit une autre matière précieuse, la carrière porte sur le carré de 5100 mètres carrés conformément aux prescriptions du règlement minier en RDC.

Les caractéristiques principales de l'organisation minière artisanale congolaise :

- Ce sont des petites unités d'exploitation regroupant de 5 à 10 travailleurs plus ou moins associés, sous la conduite d'un chef creuseur ;
- Elles mettent en œuvre une technique rudimentaire au moyen d'équipement sommaire et peu coûteux (de 300 à 500 dollars par exploitation) ;
- Elles exploitent essentiellement des gisements alluvionnaires et éluvionnaires (diamant, or, colombo-tantalite,...), exceptionnellement des gisements des minerais oxydés ;
- Exploitation, la commercialisation et le financement éventuel sont assurés par une multitude d'intervenants congolais à travers un réseau étendu, selon des règles non écrites ;
- A tous les stades de la commercialisation, les transactions se règlent en dollars, au comptant et en billet ;
- A l'exportation se réalise par l'intermédiaire d'acheteurs étrangers (personnes physiques pour le compte de négociants), personnes morales en contacts directs avec les marchés internationaux.

« Le commerce des produits miniers est considéré comme une activité consistant à acheter les produits pour les vendre sans la moindre transformation » (Henry Roville Orteuil, 1997)

Cependant, au niveau de l'exploitation, la détermination de prix des produits miniers pose souvent des multiples difficultés, car le prix de produit est fixé suivant la décision unilatérale de l'acheteur. Ce dernier impose son prix à l'exploitant (le producteur), donc le demandeur est tellement puissant de l'influence considérable.

Néanmoins, le prix des produits dans les milieux ruraux est fixé suivant la quantité produite et le lieu de provenance du produit. On utilise parfois une unité de mesure qu'on appelle "Tajiri" qui est un couvert d'une bouteille utilisé parfois comme mesure de référence. Il est à noter cependant que, le revenu provenant de la vente pour les Creuseurs est seulement pour servir à la couverture de besoin de survie.

En outre, le négociant ambulant, après avoir acheté auprès des exploitants, va revendre son produit auprès du négociant résidant. Ici le prix du produit est proportionnel à la qualité du produit.

Enfin, les comptoirs ayant la licence d'agrément peuvent exploiter leurs produits vers les marchés étrangers.

3 DESCRIPTION DU CENTRE DE RUBAYA

Le Centre de Rubaya se trouve dans le Groupement M/MATANDA situé en République Démocratique du Congo, Province du Nord-Kivu, Territoire de Masisi, Collectivité-Chefferie de Bahunde, à une distance plus ou moins 50Km de la Ville de Goma.

Ce groupement a une superficie de 68km². Il est un de six Groupements administratifs qui forment la Collectivité-Chefferie de Bahunde.

Le Groupement M/MATANDA est subdivisé en 5 Localités à savoir :

- Au Nord : la Localité KILONGO
- Nord – Est : la Localité NYAMIRAZO
- Au Centre : la Localité BITONGA
- Au Sud : la Localité LUUNDJE
- Au Centre : la Localité KASHEBERE.

Le Groupement est limité au Nord par le Groupement BASHALI MOKOTO, au sud par le Groupement M/KARUBA et UFAMANDU, à l'Ouest le Groupement M/KIBABI et BUABO et à l'Est par le Groupement KAMURONZA.

Selon l'histoire, le centre commercial de Rubaya aurait tiré ses origines à partir de l'époque coloniale dans les années 1948 lors de la 2^e vague de migration des peuples venant du Rwanda-Urundi laquelle migration était conduite par des colons Belges.

Avant de procéder aux analyses évolutives du commerce dans le centre de RUBAYA, il s'avère indispensable de situer le centre de RUBAYA d'abord. Il se trouve en République démocratique du Congo (RDC), dans la Province du Nord-Kivu, Territoire de Masisi, Chefferie de Bahunde. Les principales cultures courantes de la chefferie sont celles vivrières, citons le haricot, la banane, le taro (colocase), les pommes de terre... et les cultures maraichères.

Le centre commercial de Rubaya se trouve à cheval sur les Groupements M/Matanda et M/Kibabi sur le long de la rivière Mumba. Le centre commercial de Rubaya se limite :

- Au Nord, par le Groupement OSSO BANYUNGU
- Au Sud, par le Groupement Mupfuni Karuba et une autre partie par le Groupement M/Kibabi
- A l'Est, par les Groupements : Mupfuni Matanda et Mupfuni kibabi.
- A l'Ouest, par le Groupement Mupfuni Kibabi.

Pour y parvenir à partir de Goma chef lieu de la Province, il faut suivre l'itinéraire ci-après:

- Goma-Sake, soit 27 km
- Sake-Mushaki, soit 15 km
- Mushaki-Matanda, soit 7 km
- Matanda-Bihambwe, soit 8 km
- Bihambwe-Rubaya, soit 6 km

4 RÉSULTATS

Cette partie est destinée à la description des variables et à la démarche d'analyse des résultats.

4.1 ETUDE DESCRIPTIVE DES VARIABLES

L'analyse descriptive de nos différentes variables, va consister à déterminer la fréquence et le pourcentage.

Les facteurs suivants : revenu, consommation, épargne et investissement permettent l'analyse de nos résultats après l'observation. Considérant l'homme rationnel, percevant les recettes encaissées en attendant les nouveaux achats et couvrir d'autres dépenses (charges du personnel, charges et pertes diverses, matières et fournitures de bureau, transport consommé, intérêt, ... ; Il fallait que l'affectation du revenu soit focalisée sur les éléments suivants : alimentation, logement, soins de santé, éducation, habillement, épargne.

Le consommateur doit maximiser son utilité sous contraintes budgétaires (Prof. Néné Morisho Mwenebiningo, 2010). Partant de cette réflexion, nous avons constaté que certains exploitants consomment d'une manière irrationnelle. Ce qui est à la base de ne pas épargner pour eux. Néanmoins, il ya d'autres qui pensent à la consommation rationnelle et qui épargnent.

Sur le total de 100 personnes constituant notre échantillon, 23 personnes soit 23% ont d'autres activités à part la mine et 77 personnes soit 77% ne font que la mine comme leur seule activité. La mine est l'activité principale de Rubaya en territoire de Masisi c'est-à-dire le revenu des populations de Rubaya est issu, en 77% ; du secteur de mine et d'autres secteurs se partagent 23%. ceci nous montre que la mine n'est pas la seule activité à Rubaya, mais au contraire elle est la

principale permettant à la population du centre de Rubaya de trouver beaucoup de moyens financiers. Sur un échantillon de 100 personnes, 15 personnes soit 15% ont des revenus mensuels disponibles se trouvant entre 100 et 150 \$; tandis que 59 personnes soit 59% leurs revenus sont entre 151 à 200\$; en suite, 17 personnes soit 17% leurs revenus mensuels disponibles sont entre 201 à 250 \$; tandis que 10 personnes soit 10% ont les revenus mensuels disponibles se trouvant entre 251 à 300 \$; enfin , 5 personnes seulement soit 5 % ont les revenus se trouvant entre 301 et 350 \$. Sur les 100 personnes qui constituent notre échantillon, 17 personnes soit 17% consomment des sommes d'argent se trouvant entre 100 et 150 \$; tandis que 50 personne soit 50% consomment des sommes se trouvant dans une intervalle allant de 151 à 200 \$; ensuite, 25 personnes soit 25% consomment des sommes se trouvant entre 201 et 250 \$; en plus, 5 personnes soit 5% consomment mensuellement des sommes allant de 251 à 300 \$ enfin, 3 personnes soit 3% consomment mensuellement des sommes allant de 301 et 350 \$.

L'Italien Wilfred Pareto dans Analyse microéconomique de Jacques LECAILLON a formulé au début de ce siècle 1989, la règle selon laquelle "Tout changement qui ne nuit à personne et qui améliore la situation de certains individus (selon leur propre estimation) doit être considéré comme une amélioration, d'où le bien-être augmente si une modification de la répartition des facteurs ou des produits améliore la situation d'au moins d'une personne, sans changer celles des autres et que le bien-être diminue si un changement détériore la situation d'une personne sans modifier celle des autres (Jacques Lecaillon, 1989). Les fonctions sociales du bien-être visent précisément à exprimer le bien-être de la société dans son ensemble compte tenu des jugements des valeurs et des normes éthiques en vigueur que ces normes soient des résultats d'une décision démocratique ou qu'elles soient imposées d'une manière autoritaire (Vilfred Pareto, , Op.cit, p.47). En général, le bien-être est vu sous l'angle de l'amélioration de l'éducation, la santé, l'infrastructure, le loisir, la sécurité, la stabilité, l'alimentation,...

Sur un échantillon de 100 personnes, 35 personnes soit 35% disent qu'ils épargnent tandis que 65 personnes soit 65 % disent qu'ils n'épargnent pas. Le constat est qu'à part la consommation irrationnelle, il ya aussi l'insuffisance du revenu conduisant aux exploitants de ne pas épargner. Sur un total de 100 personnes, 65 personnes soit 65% disent qu'ils paient les taxes contre, 35 personnes 35% qui ne paient pas les taxes. Ces analyses sont corroborées par les tableaux ci-dessous :

4.2 ANALYSE DES VARIABLES DÉTERMINANTES DU NIVEAU DE VIE DE LA POPULATION DE RUBAYA À MASISI

L'analyse approfondie des variables, va porter sur le croisement de nos variables deux à deux selon le besoin et le test de chi- carré, mais aussi, celui de la régression simple qui vont nous permettre d'analyser l'influence de nos variables exogènes (revenu disponible, épargne) sur notre variable endogène (Consommation).

4.2.1 TABLEAUX CROISÉS DES VARIABLES

Dans ce tableau, nous comparons les pourcentages horizontaux des différentes catégories de la variable indépendante. Des différences importantes indiquent une association statistique et on généralise à toute la population à l'aide du Chi deux.

TABLEAU CROISÉ DES VARIABLES : CONSOMMATION, REVENU ET LEUR CHI-CARRÉ ASSOCIÉ

Tableau 1 : De la consommation et du Revenu

Consommation Revenu		Consommation					Total
		100 et 150 \$	151 et 200 \$	201 et 250 \$	251 et 300 \$	301 et 350 \$	
Revenu mensuel	100 et 150 \$	18	0	0	0	0	18
	151 et 200 \$	5	40	6	0	0	51
	201 et 250 \$	6	0	16	0	0	22
	251 et 300 \$	0	0	3	4	0	7
	301 et 350 \$	0	0	0	0	2	2
Total		29	40	25	4	2	100

Source : Nos analyses par le logiciel Spss

Ce tableau nous montre que pour 18 Creuseurs qui ont un revenu se situant entre 100 et 150 \$; consomment des sommes se situant entre 100 et 150 \$. Autrement dit, ils consomment la totalité de leur revenu.

Tandis que, pour 5 Creuseurs qui ont un revenu se situant entre 151 et 200 \$, ont consommé les sommes se situant entre 100 et 100 et 200 \$ et 40 ont consommé des sommes se situant entre 151 et 200 \$ et enfin, 6 Creuseurs ont consommé des sommes se situant entre 201 et 250 \$.

Ensuite, pour les Creuseurs qui ont un revenu de 201 et 250 \$, 6 creuseurs ont consommé un montant se situant entre 100 et 150 ; tandis que 16 Creuseurs ont consommé des montants se situant entre 201 et 350 \$.

Ensuite, les Creuseurs qui ont un revenu se situant entre 201 et 300 \$, 3 Creuseurs ont consommé les montants se situant entre 201 et 250 \$, tandis que 4 ont consommé les montants se situant entre 251 et 300\$.

Enfin, pour les Creuseurs qui ont un revenu de 301 et 350 \$, 2 Creuseurs ont consommé les sommes se situant entre 301 et 350 \$.

Tableau II: Test de Khi deux

	Value	Df	Asymp. Sig. Bilatéral
Chi-Carré de Pearson	1,952	16	,000
Proportion rationnelle	115,019	16	,000
Association linéaire	54,395	1	,000
N : Cas validés	100		

Source: Nos analyses par le logiciel Spss

Pour ce qui concerne notre tableau de chi-deux, nous trouvons que toutes les valeurs asymptotiques ou signification sont de 0,000 inférieur à 0,05. Ceci nous permet à dire que la variable consommation et la variable revenu entretiennent une forte relation.

Malgré que le test de chi-carré indique qu'il y a une relation entre deux variables. Mais il n'indique pas la façon dont chaque variable influence l'autre; c'est pourquoi nous allons passer au test de corrélation qui nous informe comment chaque variable influence l'autre et à quel seuil.

Tableau III : Test de coefficient de corrélation entre la consommation et revenu

		Revenu mensuel	Consommation
Revenu mensuel	Correlation de Pearson	1	,882**
	Sig. Bilatéral		,000
	N	100	100
Consomma-tion	Correlation de Pearson	,882	1
	Sig. Bilatéral	,000	
	N	100	100
**. La Correlation est significative au niveau de 0.01 bilatéral			

Source: Nos analyses par le logiciel SPSS

La corrélation est significative au seuil de 1% car la probabilité de signification vaut 0. C'est-à-dire que la variable consommation et la variable revenu sont corrélées positivement. Donc, toute chose restant égale par ailleurs, si le revenu augmente de 1 unité monétaire, la consommation va augmenter de 0,882 unité monétaire.

Tableau IV : Test de khi carré entre la consommation et l'épargne

	Valeur	Df	Asymp. Sig. Bilatéral
Chi-Carré de Pearson	30,120 ^a	4	,000
Proportion rationnelle	38,592	4	,000
Association linéaire	24,437	1	,000
N : Cas validés	100		

Source: Nos analyses par le logiciel Spss

Commentaire :

Pour ce qui concerne ce tableau de chi-carré, nous trouvons que toutes les valeurs asymptotiques de signification sont de 0,000 inférieur à 0,05. Ceci nous permet de dire que la variable consommation et la variable épargne entretiennent une forte relation.

Tableau V : Test de coefficient de corrélation entre la consommation et l'épargne

		Consommation	Epargne
Consommation	Correlation de Pearson	1	,591
	Sig. Bilatéral		,000
	N	100	100
Epargne	Correlation de Pearson	,591**	1
	Sig. Bilatéral	,000	
	N	100	100

** : La Correlation est significative au niveau de 0.01 bilatéral

Source: Nos enquêtes

Commentaire :

D'après ce tableau, nous constatons que la corrélation est significative.

4.3 ANALYSE ÉCONOMÉTRIQUE DES VARIABLES QUALITATIVES

4.3.1 LES MODÈLES À VARIABLES QUALITATIVES

Les variables qualitatives constituent une partie importante de l'économétrie contemporaine. Il existe trois façons de considérer les variables qualitatives :

- les incorporer comme variables explicatives dans un modèle de régression ;
- étudier leur corrélation ou leur indépendance ;
- les traiter comme variable dépendante.

Les données statistiques disponibles sont souvent relatives à des caractères qualitatifs comme catégorie socioprofessionnelle, le type d'études suivies, le fait d'épargner ou non, de travailler ou pas etc.

L'analyse des modèles à variables qualitatives est réputée complexe, probablement parce que la méthode de moindre carré ordinaire n'est pas adaptée et c'est la méthode de maximum de vraisemblance qui doit être utilisée à fait (la méthode logit, probit et gombit).

4.3.2 PRÉSENTATION DES DONNÉES DE RECHERCHE

Les données que nous présentons, se rapportent à un échantillon de 100 personnes de la zone minière de Rubaya dans le Territoire de Masisi auxquelles on voudrait déterminer leur niveau de vie en se servant des variables clés se trouvant dans le tableau suivant :

4.3.3 ESTIMATION DES PARAMÈTRES DU MODÈLE

Nous estimons ce modèle en se servant du logiciel Eviews 4.0 et le modèle se présente de la manière suivante :

Commande (ordre) d'Estimation:

=====

BINAIRE(D=N) CONSOMATION C REVENU OUIEPARGNE

Equation d'Estimation:

=====

CONSOMATION = 1-@CNORM(-(C(1) + C(2)*REVENU + C(3)*EPARGNE))

Coefficients de substitution:

=====

CONSOMATION = 1-@CNORM(-(1.080058412 + 0.07029096847*REVENU + 7.736264619*EPARGNE))

Tableau VI : Estimation des paramètres du modèle

Variable dépendante : CONSOMATION				
Methode : ML – Probabilité Binaire				
Date: 08/04/16 Heure : 10:28				
L'échantillon ajusté : 1 100				
Observations incluses : 24				
Observations à exclure : 32 après le dernier ajustement				
Convergence achevée après 25 iterations				
Matrice de Covariance utilisant la dérivée seconde calculée ou informatisée				
Variable	Coefficient	Ecart-Type	z-Statistique	Probabilité.
C	1.0800584119	1.26351570513	0.854804105338	0.392659605094
REVENU	0.0702909684713	0.792822187681	0.0886591843209	0.929352770937
EPARGNE	7.73626461906	81340562.1021	9.51095544355e-08	0.999999924114
Moyenne de la variable dépendante	0.916666666667	S.D. Variable dépendante		0.282329851287
Ecart type de la variable dépendante estimée	0.289818406929	Critères d'information Aikaike		0.762804179387
Somme des carrés résidus	1.76388888889	Critères de Schwarz		0.91006090818
Log vraisemblance totale	-6.15365015264	Critères de Hannan-Quinn		0.801871430988
log vraisemblance contrainte	-6.88406359335	Avg. log proportion		-0.256402089693
2 degrés de liberté	1.46082688142	R-Carré de McFadden		0.106102076311
Probabilité LR statistique	0.481709790477			
Obs avec Dep=0	7	Total obs		100
Obs avec Dep=1	94			

Source : Nos analyses par le logiciel eviews 3.1

Eviews rappelle le nom de la variable dépendante qui est la consommation, le modèle (probit binaire) estimé par le maximum de vraisemblance, l'étendue de l'échantillon et la taille (sample et include observation). Le logiciel indique ensuite le nombre d'itérations avant convergence.

Le tableau des paramètres estimés fournit le nom des variables explicatives (variables) ; leurs coefficients estimés (coefficient), leur écart-type (standard error), et leur statistique de student (z-statistique) et leur probabilité critique ou p-value (prob). On accepte de non nullité du coefficient dès que la probabilité critique est inférieure à 0,05%.

Il apparaît que le revenu de creuseur dans le centre minier de Rubaya n'influence pas leur consommation car la probabilité associée à la valeur critique de student est supérieur à 0,05%. Ce ci veut dire que le revenu de creuseur de la localité de Rubaya ne leur permettent pas de couvrir leurs besoins de consommation. Pour la variable épargne, nous constatons aussi qu'elle n'est pas significative, car la probabilité associée à la valeur critique de student est supérieur à 0,05%. C'est-à-dire, comme nous avons pris comme variable de référence épargne qui représente l'épargne dans ce modèle, nous trouvons alors que les Creuseurs de Rubaya n'épargnent pas. Eviews indique ensuite les statistiques sur la variable dépendante : moyenne (mean var) et écart type (SD dépendent var). On vérifie bien que la proportion des Creuseurs qui ont une somme qui se situent dans un intervalle de 100 à 200 \$ est de consommation est de 91,66%.

Les statistiques d'ajustement du modèle : écart type de la variable dépendante estimée (S.E of regression), critères d'information Aikaike, de Schwarz et hunnan-Quinn, sommes des carrés de résidus (sum squarer resid). Suivent ensuite, la valeur de nombre log vraisemblance totale (log likelihood), puis la log vraisemblance contrainte (restr log likelihood) sous hypothèse de nullité de tous les paramètres sauf la constante. Ce qui permet de calculer le test du rapport de vraisemblance avec 2 degrés de liberté (LR statistique (2df). La valeur trouvée de LR n'est pas significative car la probabilité LR statistique est supérieure à 0,05% (LR statistique est l'analogue de F statistique. Le coefficient R^2 de Mac fadden vaut 0,1016 soit 10,16%.

Tableau VII: Interprétation des résultats des estimations

Variable dépendante: Consommation	Variables indépendantes		
	C (Constante)	Revenu	Epargne
Coefficient	1,0800584119	0,070299684	7,7362646190
Z-Statistique	0,85804105338	0,08865918432	9,51095544355
Ecart-type	1,26351570513	0,7928221876	0,813405621021
Probabilité	0,3926	0,92935277	0,99999924114

Source : Nos analyses

Commentaire :

Ainsi, le modèle des estimations est le suivant :

$$C = 1,0800584119 + 0,070299684 \text{ Revenu} + 7,7362646190 \text{ Epargne}$$

(0,855) (0,08866) (9,511)
 1,26342 0,793 0,81340562
 0,393 0,929352 0,999999

Les valeurs sont du test Z. Ces coefficients étant significatifs, ceci signifie que les variables indépendantes influent positivement sur la variable dépendante. Ainsi, si le revenu augmente de 1%, la consommation augmente de 0,070291%. Quant à l'augmentation de 1% de l'épargne, il en résulte une augmentation de 7,736262% de la consommation. Tandis que la signification du terme constant, augmente la portée explicative des variables.

5 DISCUSSION DES RÉSULTATS

Après le constat du terrain, seuls les éléments qui cadrent avec notre problématique ainsi que nos objectifs ont été pris en considération.

Les facteurs suivants : revenu, consommation, épargne et investissement permettent l'analyse de nos résultats après l'observation. Considérant l'homme rationnel, percevant les recettes encaissées en attendant les nouveaux achats et couvrir d'autres dépenses (charges du personnel, charges et pertes diverses, matières et fournitures de bureau, transport consommé, intérêt, ... Il fallait que l'affectation du revenu soit focalisée sur les éléments suivants : alimentation, logement, soins de santé, éducation, habillement, épargne.

Sur le total de 100 personnes constituant notre échantillon, 23 personnes soit 23% ont d'autres activités à part la mine et 77 personnes soit 77% ne font que la mine comme leur seule activité. Nous avons conclu que la mine est l'activité principale de Rubaya en Territoire de Masisi c'est-à-dire le revenu des populations de Rubaya est issu, en 77% ; du secteur de mine et d'autres secteurs tels que le commerce, la culture, etc se partagent 23%.

Sur un échantillon de 100 personnes, 15 personnes soit 15% ont des revenus mensuels disponibles se trouvant entre 100 et 150 \$; tandis que 59 personnes soit 59% leurs revenus sont entre 151 à 200\$; en suite, 17 personnes soit 17% leurs revenus mensuels disponibles sont entre 201 à 250 \$; tandis que 10 personnes soit 10% ont les revenus mensuels disponibles se trouvant entre 251 à 300 \$; enfin , 5 personnes seulement soit 5 % ont les revenus se trouvant entre 301 et 350 \$.

« Le commerce des produits miniers est considéré comme une activité consistant à acheter les produits pour les vendre sans la moindre transformation » (Henry Rville Orteil, 1997)

Cependant, au niveau de l'exploitation, la détermination de prix des produits miniers pose souvent des multiples difficultés, car le prix de produit est fixé suivant la décision unilatérale de l'acheteur. Ce dernier impose son prix à l'exploitant (le producteur), donc le demandeur est tellement puissant de l'influence considérablement.

Sur les 100 personnes qui constituent notre échantillon, 17 personnes soit 17% consomment des sommes d'argent se trouvant entre 100 et 150 \$; tandis que 50 personnes soit 50% consomment des sommes se trouvant dans une intervalle allant de 151 à 200 \$; ensuite, 25 personnes soit 25% consomment des sommes se trouvant entre 201 et 250 \$; en plus, 5 personnes soit 5% consomment mensuellement des sommes allant de 251 à 300 \$ enfin, 3 personnes soit 3% consomment mensuellement des sommes allant de 301 et 350 \$. A ce niveau, nous avons constaté l'existence des consommations irrationnelles qui épuisent le revenu et qui débordent le seuil mensuel pour certains exploitants.

Le consommateur doit maximiser son utilité sous contraintes budgétaires (Prof. Néné Morisho Mwenebiningo, 2010). Partant de cette réflexion, nous avons constaté que certains exploitants consomment d'une manière irrationnelle. Ce qui est à la base de ne pas épargner pour eux. Néanmoins, il ya d'autres qui pensent à la consommation rationnelle et qui épargnent.

Sur un échantillon de 100 personnes, 35 personnes soit 35% disent qu'ils épargnent tandis que 65 personnes soit 65 % disent qu'ils n'épargnent pas. Le niveau d'épargne est encore moins élevé.

L'Italien Wilfred Pareto dans Analyse microéconomique de Jacques LECAILLON a formulé au début de ce siècle 1899, la règle selon laquelle "Tout changement qui ne nuit à personne et qui améliore la situation de certains individus (selon leur propre estimation) doit être considéré comme une amélioration, d'où le bien-être augmente si une modification de la répartition des facteurs ou des produits améliore la situation d'au moins d'une personne, sans changer celles des autres et que le bien-être diminue si un changement détériore la situation d'une personne sans modifier celle des autres (Jacques Lecaillon, 1989). Les fonctions sociales du bien-être visent précisément à exprimer le bien-être de la société dans son ensemble compte tenu des jugements des valeurs et des normes éthiques en vigueur que ces normes soient des résultats d'une décision démocratique ou qu'elles soient imposées d'une manière autoritaire (Vilfred Pareto, , Op.cit, p.47). En général, le bien-être est vu sous l'angle de l'amélioration de l'éducation, la santé, l'infrastructure, le loisir, la sécurité, la stabilité, l'alimentation,...

Pour 18 Creuseurs qui ont un revenu se situant entre 100 et 150 \$; consomment des sommes se situant entre 100 et 150\$. Autrement dit, ils consomment la totalité de leur revenu tandis que, pour 5 Creuseurs qui ont un revenu se situant entre 151 et 200 \$, ont consommé les sommes se situant entre 100 et 100 et 200 \$ et 40 ont consommé des sommes se situant entre 151 et 200 \$ et enfin, 6 Creuseurs ont consommé des sommes se situant entre 201 et 250 \$. Ensuite, pour les Creuseurs qui ont un revenu de 201 et 250 \$, 6 creuseurs ont consommé un montant se situant entre 100 et 150 ; tandis que 16 Creuseurs ont consommé des montants se situant entre 201 et 350 \$. Les Creuseurs qui ont un revenu se situant entre 201 et 300 \$, 3 Creuseurs ont consommé les montants se situant entre 201 et 250 \$, tandis que 4 ont consommé les montants se situant entre 251 et 300\$. Enfin, pour les Creuseurs qui ont un revenu de 301 et 350 \$, 2 Creuseurs ont consommé les sommes se situant entre 301 et 350 \$. D'après nos analyses, nous avons remarqué qu'il ya ceux qui consomment la totalité du revenu tel que signalé ci-haut.

Pour ce qui concerne notre tableau de chi-deux, nous trouvons que toutes les valeurs asymptotiques ou signification sont de 0,000 inférieur à 0,05. Ceci nous permet à dire que la variable consommation et la variable revenu entretiennent une forte relation. Malgré que le test de chi-carré indique qu'il y a une relation entre deux variables. Mais il n'indique pas la façon dont chaque variable influence l'autre; c'est pourquoi nous avons passé au test de corrélation qui nous informe comment chaque variable influence l'autre et à quel seuil. La corrélation est significative au seuil de 1% car la probabilité de signification vaut 0. C'est-à-dire que la variable consommation et la variable revenu sont corrélées positivement. Donc, toute chose restant égale par ailleurs, si le revenu augmente de 1 unité monétaire, la consommation va augmenter de 0,882 unité monétaire.

Pour ce qui concerne ce tableau de chi-carré, nous trouvons que toutes les valeurs asymptotiques signification sont de 0,000 inférieur à 0,05. Ceci nous permet à dire que la variable consommation et la variable épargne entretiennent une forte relation. Nous constatons que la corrélation est significative.

La variable épargne est la variable qualitative, les autres comme la consommation et revenu sont des variables quantitatives continues. Pour bien interpréter, il faut fixer pour chacune d'elles une modalité de référence.

EvIEWS indique ensuite les statistiques sur la variable dépendante : moyenne (mean var) et écart type (SD dépendent var). On vérifie bien que la proportion des Creuseurs qui ont une somme qui se situent dans un intervalle de 100 à 200 \$ est de consommation de 91,66%. Les statistiques d'ajustement du modèle : écart type de la variable dépendante estimée (S.E of regression), critères d'information Aikake, de Schwarz et hunnan-Quinn, sommes des carrés de résidus (sum squarer resid). Suivent ensuite, la valeur de nombre log vraisemblance totale (log likelihood), puis la log vraisemblance contrainte (restr log likelihood) sous l'hypothèse de nullité de tous les paramètres sauf la constante. Ce qui nous a permis de calculer le test du rapport de vraisemblance avec 2 degrés de liberté (LR statistique (2df). La valeur trouvée de LR n'est pas significatif car la probabilité LR statistique est supérieure à 0,05% (LR statistique est l'analogue de F statistique. Le coefficient R^2 de Mac fadden vaut 0,1016 soit 10,16%.

Ainsi, si le revenu augmente de 1%, la consommation augmente de 0,070291%. Quant à l'augmentation de 1% de l'épargne, il en résulte une augmentation de 7,736262% de la consommation. Tandis que la signification du terme constant, augmente la portée explicative des variables.

6 CONCLUSION

Ce travail a porté sur le regard des conditions de vie socio-économiques des exploitants miniers artisanaux au Nord-Kivu : cas de Rubaya en Territoire de Masisi. D'une manière générale, nous avons voulu vérifier et savoir si, à travers cette extraction minière de Rubaya, la vie des Creuseurs apporte des améliorations sur le plan social et économique.

Notre travail a tourné autour de la question principale suivante : Quel est l'impact de l'exploitation minière artisanale sur les conditions de vie des Creuseurs de Rubaya dans le Territoire de Masisi au Nord-Kivu ?

Après nos observations et analyses, nous avons constaté que le revenu minier permet aux exploitants d'investir ou d'épargner mais avec une proportion moindre. Aussi, la mine constitue à 77% l'activité principale à Rubaya et 23% est partagé par d'autres secteurs tels que : le commerce, la culture, l'élevage, etc. Il a été observé l'existence de la consommation irrationnelle pour certains exploitants qui égalise le revenu et celle qui déborde le seuil de leur revenu. Ceci constitue un impact négatif car le consommateur doit maximiser son utilité sous contrainte budgétaire.

7 RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES D'AVENIR

Il serait utile pour l'Etat de prendre des mesures en termes de politiques et stratégies en vue de bien contrôler et maîtriser les ressources naturelles. A cet égard, signalons que l'exploitation minière a des liens avec les conditions d'épargne si et seulement si la sécurité règne dans les rayons d'action.

En ce qui concerne les exploitants artisanaux, l'éveil de conscience en matière d'éducation et d'économie peut contribuer à l'amélioration de leurs conditions de vie.

REFERENCES

- [1] ATTALI, J. Y, A-A. Bertrand, Voyage au cœur d'une révolution : la micro finance contre la pauvreté J.C LATTES, Paris, 2007
- [2] BAGALWA, G., Le poids des économies non officielles, éd. Academia Belgique, Paris, 1989
- [3] BIT, Rapport sur les stratégies pour accroître l'emploi productif au Kenya, Genève, BIT, 1974
- [4] BOUCHOUX Jacques et Marc MONTOUSSE, Sciences économiques et sociales, Ed. Paul FOURTUNE, 1999
- [5] COLLI Bernard, Vocabulaire économique et financier, Ed. DUSEUIL, Paris 1976
- [6] CONTA DRIPOULOS André-Pierre et All, Savoir préparer une recherche, la définir, la structure, la finance, Presse de l'Université du Montréal, Canada.
- [7] DE FAILLY DIDIEN, H., Pour comprendre l'Afrique de Grands Lacs, L'Harmattan, Annuaire, 2000-2001
- [8] De Failly Didier, "Coltan: pour comprendre", L'Afrique des grands lacs, l'Harmattan, annuaire, 2000-2001
- [9] DOMINIC, J. et A. TEGERA : Les ressources minées : la faillite de la politique minière de la RDC, Rapport de Pole Institute, Décembre 2005
- [10] HERNANDO DESOTO, 'le système de capital', nouveaux horizons, Paris 2002
- [11] ILENDIA, M., Le secteur informel : un aperçu des aspects méthodologiques et conceptuels, Québec, Université LAVAL, 1989
- [12] INTERNATIONAL, Etude sur le rôle de l'exploitation des ressources naturelles dans l'alimentation et la perpétuation en Est de la RDC
- [13] JALLADEAU, J., Introduction à la macro-économie modernisation de base et de redéploiement théorique contemporain éd. 1990
- [14] L'Economie du Sud-Kivu 1990-2000 : mutations profondes cachées par une panne ; l'Afrique des Grands Lacs-annuaire, 1990-2000, Paris 2000, l'Harmattan
- [15] LECAILLON Jacques, Analyse microéconomique, Ed. JACAS 4, 6, 8, Rue de la maison blanche 75013, Paris, 1989
- [16] Marc du FUMIER, Le projet de développement, manuel d'expertise, éd KARTHALA et CTA, 1996
- [17] MONNIER Laurent et JEWSIEW B., Gautier de villen, Chasse au diamant au Congo/Zaire, L'Harmattan, Paris 2000
- [18] ROTILLONS Gilles, Economie des ressources naturelles, Ed. La Découverte, Paris, 2005
- [19] ROVILLE ORTEUIL Henry, Le tiers-monde, Ed. La Découverte, Paris 1997
- [20] SEBAKUNZI, F.X., Economie des pays en développement, cours inédit, UAGO, 2009-2010
- [21] SUMMAN, H. et N. Bates : Rapport de recherche, commerce au service de la paix, instauration de la sécurité et réduction de la pauvreté par le commerce des ressources naturelles dans la région de grands lacs, Octobre 2007
- [22] VERHAEGEN, G., Rôle du secteur informel dans le développement économique du Zaïre (RDC), n°188, 1984
- [23] www.google.fr, consulté le 20 janvier 2016 à 12h40'
- [24] www.google.fr, Consulté le 30 janvier 2016 à 10h45'
- [25] <http://www.google.com>, Bernet et Morse, Consulté le 28 février 2016

L'ANALYSE DES CAUSES ET CONSEQUENCES DE LA DEFORESTATION SUR LE DEVELOPPEMENT SOCIO-SANITAIRE DE LA POPULATION : CAS DU TERRITOIRE DE MASISI

Jean Claude AMINI MUSANGE

Assistant à l'Université Libre du Kivu (U.L.KI), RD Congo

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In this work, the objective is to determine the reasons and consequences of the deforestation and its impact on the socio-sanitary life in the Territory of Masisi. The results show that the factors to the basis of the deforestation are Research of the heating wood, Research of the materials of constructions, Wood for the resale. The related consequences are: Loss on health, Change of the climates and Reduction of the production because of rain. Reforestation would be desirable to improve the output of the environment in this entity.

KEYWORDS: Deforestation, socio-sanitary development, Masisi territory.

RESUME: Dans ce travail, l'objectif est de déterminer les causes et conséquences de la déforestation et son impact sur la vie socio-sanitaire dans le Territoire de Masisi.

Les résultats montrent que les facteurs à la base de la déforestation sont la recherche du bois de chauffage, la Recherche des matériels de constructions.

Les conséquences y relatives sont : multiplication des maladies,

Changement des climats et Diminution de la production à cause de manque la pluie. Le reboisement serait souhaitable pour améliorer le rendement de l'environnement dans cette entité.

MOTS-CLEFS: déforestation, développement socio-sanitaire, territoire de Masisi.

1 INTRODUCTION

Le monde actuel connaît de grands problèmes environnementaux qui inquiètent tous les écologistes, les autres chercheurs scientifiques ainsi que tous les habitants en général. Beaucoup pensent que le réchauffement climatique n'est plus une notion scientifique mais une réalité quotidienne poussant des milliers d'habitants à désertir leurs habitats habituels pour vivre une vie médiocre (BOCHART, 2010)

L'une des explications à de tels changements climatiques est l'accentuation d'un phénomène naturel essentiel à la vie sur la terre appelé « effet de serre » causé par les gaz nocifs abondants dans l'atmosphère. Parmi ce gaz ce qui sont les plus dangereux sont le dioxyde de carbone, l'oxyde d'azote et le gaz méthane rejetés par les échappements des moteurs utilisant les combustibles fossiles, les grandes industries, les fumées volcaniques et les fermentations azotées à la surface terrestre (RAVEN, BERG et HASSENZA, 2011)

En effet, les analyses témoignent que le remède à ces phénomènes réside au renforcement des forêts qui ont la capacité de nettoyer l'atmosphère en absorbant ces gaz. Malheureusement, les observations montrent que les pressions que subissent les forêts sur le plan mondial les amènent à un état beaucoup plus alarmant. De plus, ce qui aggrave la situation

est qu'en abattant les arbres on ne songe pas à la plantation des autres alors que le principe reste tel qu'en coupant un, il faut planter trois (RAVEN, BERG et HASSENZA, 2011).

Il y a 4 siècles, 66% de terre étaient recouverte de forêt, aujourd'hui un tiers. Alors qu'en 1990 le forêt couvrait 4.128 milliards d'hectares ou 31,6% de la superficie mondiale de terre en 2015 elle recouvre plus que 3,999 milliards d'hectares ou 30,6% de terre selon le rapport 2015 de la FAO. Selon le World Ressource Institut, 80% de la couverture forestiers mondiale originaire a été abattue ou dégradé, essentiellement au cours de 30 dernières années.

De 1990 à 2000, plus de 14,2 millions d'hectares de forêt ont disparu chaque année avec des conséquences quasi-irréversible à notre échelle. Ce tendance s'est alourdi puisque de 2000 à 2012 23 millions d'hectares de forêt ont été détruit.

Au total, quelque 129 millions d'hectares de forêt d'une superficie presque équivalente une taille de l'Afrique du Sud ont été perdu depuis 1990, selon l'étude exhaustive de la FAO intitulé évaluation de ressource forestiers mondiale 2015.

En 2014, le déboisement continuait à un rythme alarmant puisque 13million d'hectares de forêt étaient détruit chaque année dans le monde.

Cependant, on note l'explosion démographique, les problèmes sécuritaires et la corruption au sein de l'administration de certains gouvernements qui signent des contrats d'exploitations forestières sans aucun suivi de la pratique sur terrain comme cause de la disparition des grandes étendues forestières (BOCHART 2010,).

Le Territoire de Masisi n'est pas épargné de ce phénomène. Dans ce milieu, la croissance démographique, la recherche des matériels de construction, recherche et bois de chauffage et les guerres différentes ont fait à ce que les arbres soient détruits d'une façon presque incontrôlée.

Il est également possible d'affirmer que l'unique source énergétique est le bois dans ce milieu, au lieu d'être secondée par d'autres. Tout ceci occasionne la rareté des bois et nécessite l'attention particulière de la part des écologistes et des autres acteurs afin de préserver les effets négatifs inhérents.

Ainsi, au regard de tout ce qui précède, nous nous sommes posés quelques questions pour essayer d'approfondir notre connaissance sur le sujet.

- La déforestation est-elle une réalité dans le territoire de Masisi?
- Quelles sont les causes et conséquences de la déforestation dans le Territoire de Masisi?
- Quelle solution peut-on envisager pour remédier à ce problème de la déforestation ?

Partant des questions ci-haut mentionnées, nous estimons que :

La déforestation serait aussi une réalité dans cette partie du territoire de national

La recherche de bois de chauffage, matériels de construction, la méconnaissance seraient les causes de la déforestation dans le Territoire de Masisi, tandis que les conséquences peuvent être la perturbation climatique, faible production ainsi que diverses maladies causées par augmentation des gaz à effet de serre ; La sensibilisation sur l'importance de l'arbre et le reboisement serait le remède à cette problématique

Tous ces éléments cités dans la partie ci-haut peuvent nous permettre à Contribuer à l'amélioration des biodiversités dans le Territoire de Masisi

Cette publication revêtirait l'intérêt scientifique :

L'INTÉRÊT SCIENTIFIQUE :

Ce travail fera partie d'archives capables de fournir des informations scientifiques aux recherches ultérieures.

2 METHODOLOGIE

2.1 ECHANTILLON D'ETUDE

Pour Grawitz, l'échantillon est la partie de la population sur la quelle pourront se faire les observations et les mesures, surtout dans le cas où l'effectif de la population est de la population est élevé (Grawitz, 2001).

2.2 METHODES

Dans notre article nous avons utilisé différentes méthodes dont :

- La méthode comparative

Madeleine GRAWITZ affirme que « l'absence de possibilité d'expérimentation fait de la comparaison l'unique moyen permettant au sociologue d'analyser les données concrètes, d'en dégager les éléments constants, abstraits, les généraux, lorsqu'il abordera l'explication sociologique » cette méthode nous a permis de comparer les différentes réponses des enquêtes

- Sondages aléatoires simple

Cette méthode du type probabiliste qui consisterait attirer l'échantillon d'une manière aléatoire nous a permis de tirer l'échantillon individu par individu tout en laissant la chance à tous les individus d'appartenir à l'échantillon à l'aide de la table des nombres aléatoires ce dernier nous a permis de tirer nonante deux (92) individus comme l'échantillon.

- Sondages en grappe

Cette méthode nous a permis de fractionner la population en sous-groupes appelés (groupement).

2.3 TECHNIQUES DE TRAITEMENT DES DONNEES

Ces indices statistiques ont permis d'analyser et d'interpréter les résultats.

Au cours de notre recherche nous avons utilisé les techniques suivantes : la technique documentaire, le questionnaire, l'échantillonnage et l'entretien.

TECHNIQUE DOCUMENTAIRE

Faisant allusion à l'importance de la documentation, TREMBLAY 1968.

Pour ce faire, nous avons parcouru les différents ouvrages et autres documents inédits pour compléter nos informations dans ce domaine.

TECHNIQUE DE QUESTIONNAIRE

Dans notre étude nous avons opté pour le questionnaire lors de l'enquête, car l'utilisation de cette technique est très bénéfique dans la mesure où c'est un instrument qui permet de recueillir un maximum de données par le billet des questions, le moins de temps possible, permet un retour rapide des informations, peut être adapté en fonction de la population et en fonction de l'objet de recherche. Ainsi, nous sommes servis d'un questionnaire à questions fermées et ouvertes. Il nous a été un outil d'une grande importance dans la récolte des données sur terrain. ;

TECHNIQUE D'ENTRETIEN

Dans notre étude l'interview a été utilisée pour compléter le questionnaire. Nous avons fait appel à cette technique parce qu'elle donne aux répondants l'occasion de s'exprimer beaucoup plus sur un sujet donné.

En outre les informations qui n'ont pas été recueillies par les questionnaires sont collectées à l'aide de l'interview.

Il nous a été de grande valeur de laisser le sujet à s'exprimer librement.

3 PRESENTATION, ANALYSE DES DONNEES ET INTERPRETATION DES RESULTATS

3.1 PRESENTATION DES DONNEES

Après groupement de différents facteurs comme guide précieux d'analyse et d'interprétation des résultats, nous présentons les données ou les réponses de nos enquêtés dans le tableau ci-après :

Ce tableau va nous renseigner sur les différentes activités exercées par nos enquêtes.

Tableau 01 : Activité exercées

Question	Réponse	Effectif	Pourcentage
Que faite-vous dans la vie	Creuseur	22	23,9
	Commerçant	5	5,4
	Enseignant	16	17,3
	Agriculture	49	53,2
	Total	92	100

Commentaire

Il ressort de ce tableau n°1 que dans nos recherches quatre catégories d'enquêtés ont été contacté dont 49 agriculteurs soit 53,2%, 22 creuseurs dont 23,9%, 16 enseignants soit 17% et enfin 5 commerçants, soit 4,6%.

Pourquoi s'adresser aux creuseurs, commerçants, enseignants et aux agriculteurs seulement ya-t-il pas d'autres catégories de la population qui existe dans cette partie du pays se basant sur la réalité du terrain il ya pas que ces catégories mais au contraires il semblerait que ce sont ces catégories qui sont généralement visible et actifs sur terrain.

La déforestation ou déboisement est une opération qui consiste à couper les arbres sans les remplace par les autres, les tableau ci-dessous va nous renseigner sur ce que la population de masisi connaît sur la déforestation

Tableau 02. De la déforestation dans le Territoire de Masisi

Question N°2	Réponses	Effectif	Pourcentage
Avez-vous entendu parler de déforestation dans le Territoire de Masisi?	Oui	74	80,4
	Non	18	19,6
	Total	92	100

Commentaire :

Ces résultats nous montrent que 74 personnes soit 80,4% ont déjà entendus parler de déforestation dans le Territoire de Masisi, 18 personnes soit 19,5% n'ont jamais entendu parler de la déforestation dans le Territoire de Masisi

Discussion :

Si nous confrontons les résultats de notre tableau avec la question de savoir si la population de ,masisi a déjà entendu parler de la déforestation , les résultats prouvent que la population a déjà entendu parler de la déforestation parceque un pourcentage de 80,4 contre 19,6 l'affirme.

Notre thème de recherche l'étant de faire l'analyse des causes et conséquences de la déforestation, le tableau ci-dessous va nous en parler sur certaines causes.

Tableau 03 Les causes de la déforestation

Questions	Réponses	Effectif	Pourcentage
Quelles sont les causes de la déforestation que vous connaissez	Recherche du bois de chauffage e matériels de constriction	45	48,9
	Recherche de matériels de construction	40	43,4
	Bois de revente	7	7,6
	Total	92	100

Commentaire :

Les résultats de ce tableau montrent que la déforestation est causée par la recherche des bois de chauffage et cela est confirmé par 45 personnes soit 48,9% 40 personnes soit 43,4% parle de la recherche de matériels de construction 7personnes soit 7,6% les bois de reventes.

L'analyse des résultats du tableau ci-dessus montrent que la population de Masisi a une connaissance sur les différentes causes de la déforestation.

Nous avons un autre élément de la méconnaissance de l'importance de l'arbre.

Les résultats de cette enquête viennent confirmer notre deuxième hypothèse de recherche.

Les tableaux ci-dessous vont nous montrer les différentes conséquences citées par nos enquêtes

Tableau 04. Les conséquences de la déforestation dans le territoire de Masisi

Question N°4	Réponses	Effectif	Pourcentage
Quelles sont les différentes conséquences de la déforestation dans votre milieu	Perturbation climatique	10	10,8
	Faible production agricole	42	45,6
	Maladies diverses	40	43,4
	Total	92	100

Le tableau numéro 11 montre que la rareté des arbres provoque multiples inconvénients dont nos enquêtés ont classés ça de la manière suivante :

42 personnes soit 45,6% disent la faible production

40 personnes soit 43,4% parlent des diverses maladies

Tandis que 10 personnes soit 10,8% parlent de la perturbation climatique.

En analysant les résultats de ce tableau, nous remarquons que à part les différentes causes de la déforestation citées par nos enquêtés ; ces derniers vivent beaucoup de conséquences perturbantes comme le tableau ci-dessus le prouve.

En confrontant la question de savoir les conséquences de la déforestation et les résultats obtenus, de la part des nos enquêtes ces derniers renforcent la confirmation de notre deuxième hypothèse car 42 enquêtes sur 92 parlent de la perturbation climatique et 40 parlent de maladies diverses

Tableau 05 : De l'importance

Question	Réponse	Effectif	Pourcentage
Savez-vous l'importance de l'arbre	Oui	20	21,7
	Non	72	78,3
	Total	92	100

Commentaire

Un regard sur le tableau 03 nous montre que l'importance de l'arbre est connue à 21,7% et elle n'est pas connue à 78,3%.

En analysant les résultats de ce tableau il semblerait que l'importance de l'arbre est connue à 21,7 pourcent. Mais quelle connaissance cette population a sur l'arbre ? partant des résultats du tableau numéro trois il semble que ce qui connaissent l'importance de l'arbre le connaisse par le fait que à partir des arbres ils profitent les matériels de construction et bois de chauffage

Tableau : 06 Importance de l'arbre et sa protection

Question	Réponse	Effectif	Pourcentage
Si oui, pensez-vous que dans votre milieu cette importance est protégée?	Oui	20	21.73
	Non	72	78.26
	Total	92	100

Commentaire

Il ressort du tableau 4 que l'importance de l'arbre est protégée à 21.73% et elle n'est pas protégée à 78.26%.

Tableau 07. Le grand moyen énergétique beaucoup utilisé plus que d'autres chez vous

Question N°4	Réponses	Effectif	Pourcentage
Quel est le grand moyen énergétique beaucoup utilisé plus que d'autres chez vous ?	Bois	50	54,3
	Braise	34	36.95
	Gaz	6	6.6
	Courant électrique	2	2.17
	Total	92	100

Commentaire :

Au regard du tableau numéro 7, nous constatons que nos enquêtes ont affirmés que le grand moyen énergétique utilisé est les bois à 44,3%, braise 36,95% tandis que le courant et le gaz sont utilisés à 8,6%.

Partant de notre recherche et les résultats obtenus, on peut affirmer que cette utilisation des bois et braise occasionne et accentue la déforestation dans le terroir de MASISI.

Tableau 8. Les arbres plantés après l'abatage

Question N°3	Réponses	Effectif	Pourcentage
Y a-t-il d'autres arbres plantez- vous après abatage ?	Oui	18	19,6
	Non	74	80,4
	Total	92	100

Commentaire :

L'étude de la question sur les arbres plantés après abatage, le tableau numéro 7 montre que les 74 personnes soit 80,4% ne plantent pas les arbres après abatage tandis que 18 personnes soit 19,6% plantent les arbres après abatage.

Une grande partie de la population ne plante pas les arbres après abatage et ce peut être que ceux qui les plantent, les plantent pour qu'ils ne manquent pas les bois de chauffage et les matériels de construction.

Tableau 9. Les arbres que chaque Ménage possède dans des champs

Question N°8	Réponses	Effectif	Pourcentage
Combien d'arbres pouvez-vous avoir dans votre champ ?	5 et plus	8	8,6
	Moins de 5	25	27,1
	Aucun	52	64,1
	Total	92	100

Commentaire :

Au regard du tableau 9 nous remarquons que la majorité de nos enquêtés 52 personnes soit 64,1% n'ont pas d'arbres dans leurs champs, 25 personnes soit 27,1% ont moins de 5 arbres dans leurs champs.

Menant comme après abatage il y a pas les arbres qui sont plantés, certains champs restent sans arbres, ce qui montre le vrai sens du concept déforestation.

Tableau 10. Propositions de la population

Question N°9	Réponses	Effectif	Pourcentage
Quelle est la proposition pouvez-vous émettre pour que le milieu recouvre encore son équilibre écologique ?	Sensibilise la population sur le reboisement	35	38,2
	Renforcer la connaissance de la population sur l'importance de l'arbre	47	51
	Autre	10	10,8
	Total	92	100

Commentaire :

A l'issue des données recueillies dans le tableau ci-dessus, nous constatons que la population a émise certaines propositions dont 47 personnes soit 51% ont proposées le renforcement de la connaissance de la population sur l'importance de l'arbre, 35 personnes soit 38,2 ont proposées la sensibilisation de la population sur le reboisement.

Après analyse nous constatons que la population de Masisi a donné quelques propositions parmi lesquelles le renforcement de la connaissance de la population sur l'importance de l'ordre, mais aussi la sensibilisation sur le reboisement

Pourquoi le renforcement de la connaissance sur l'importance de l'ordre et une sensibilisation sur le reboisement ?

Un adage Biblique dit «mon peuple périt par manque de connaissance »

Il semblerait que la population de Masisi n'a pas une connaissance réelle et approfondie sur l'importance de l'arbre mais aussi il semblerait que cette population n'est pas sensibilisée sur les différentes techniques de reboisement.

Ces différentes proportions viennent confirmer notre troisième hypothèse parce que le renforcement de la capacité a été indiqué à 51 pourcent sensibilisation sur le reboisement a 35 pourcent

4 CONCLUSION

La déforestation étant une action de nature anthropique ou naturelle qui occasionne la disposition permanente d'une forêt, cette dernière peut encore être comprise comme un phénomène de régression des surfaces couverts des forêts, qui résultent des différentes actions de reboisement puis de déchiffrement liées à l'exploitation des ressources minières du sous-sol, à l'urbanisation, voire à l'exploitation excessives ou chroniques de certains essences forestières.

Dans le territoire de Masisi, cette situation est aussi fréquente et est créée par différentes causes dont :

La recherche des bois de chauffages, matériels de construction ainsi que le bois de revente. Résultat de nos recherches sur terrain voir page n°5 tableau numéro 3

Ce phénomène provoque multiples conséquences dont diverses maladies, faible production suite ou manque de la pluie mais aussi la perturbation climatique

Le reboisement étant une opération qui consiste à créer des zones boisées ou des forêts qui ont été supprimé par coupe (coupe à blanc) ou détruit par différentes causes dans le passé, (www.fr.m.kipendu.org) cette partie du territoire national a besoin de ce dernier . Pour y arriver, certaines stratégies comme la sensibilisation sur le reboisement et l'importance de l'arbre, le renforcement de la capacité s'avère très nécessaire.

REFERENCES

- [1] JACQUELINE SAWYER : Forêts tropicales, WWF, Suite land ,2008
- [2] LOUBERT, J.L, *Initiation aux sciences sociales*, Paris, 2000
- [3] LOUBERT, J.L, *Initiation aux sciences sociales*, Paris, 2000
- [4] Pierre GIOAN, *Dictionnaire usuel*, Boulevard saint-Germain, Paris, 1959
- [5] QUIVY et CAMPANHOUDT, *Manuel de recherche en sciences sociales*, édition Dunod, Paris, 1995
- [6] RAMADE F., *Ecologie des ressources naturelle*, édition MASSON, Paris, 1981
- [7] RAVEN, BERG, HASSENZA, *Environnement, édition de boeck Nouveaux horizons*, Bruxelles, 2011
- [8] ROBERT Dehin, *Toujours jeunes*, éd. Godefroid, la pierre- sud-risle, 1997
- [9] TRAMBLAY, M.A, *Initiation à la recherche dans les sciences humaines*, édition Macgraw Hil, Montreal, 1968
- [10] WOOD D. et BURLEY wwf SUITZLAND, les arbres à usages multiples, 2001
- [11] WWF le bois de chauffe et la conservation fondation belle rive, Nairobi 2000
- [12] GHISLAINE stora, *Dictionnaire Hachette encyclopédie de poche*, Paris, 2003
- [13] LAROUSSE illustré, (petit Larousse en couleurs), paris 2007
- [14] LAROUSSE SELECTION, (petit Larousse), paris, 1968
- [15] Pierre GIOAN, *Dictionnaire usuel*, Boulevard saint-Germain, paris, 1959.
- [16] <http://www.notre-planete.info/environnement/deforestation.php>, consulté le 25 juillet 2015
- [17] <http://www.google.com>, consulté le 24/01/2015
- [18] www.fr.m.kipendu.org consulté le 20 Juin 2016
- [19] <http://www.googleconservationdelanature.com>, consulté le 25 avril 2015

ELABORATION OF MANAGEMENT PLAN OF AN INVASIVE AQUATIC PLANT SPECIES: THE CASE OF THE NYONG RIVER BASIN MBALMAYO CAMEROON

Achille NOUGA BISSOUÉ¹⁻², NJUMEWANG ENJOH¹, Gildas Parfait NDJOUONDO³, and Siegfried Didier DIBONG³⁻⁴⁻⁵

¹Ecole Normale Supérieure d'Enseignement Technique, Université de Douala, B.P. 2701, Douala, Cameroon

²Laboratoire de Chimie, Faculté des Sciences, B.P. 24157, Université de Douala, Cameroon

³Département de Biologie des Organismes Végétaux, Faculté des Sciences, Université de Douala, B.P. 24157 Douala, Cameroon

⁴Département des Sciences Pharmaceutiques, Faculté de Médecine et des Sciences Pharmaceutiques, Université de Douala, B.P. 2701 Douala, Cameroon

⁵Département d'Aquaculture, Institut des Sciences Halieutiques, Université de Douala, B.P. 2701 Douala, Cameroon

Copyright © 2017 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: Wetlands and their biodiversity species have been undergoing an alarming degradation in the past recent years. The overall objective has been to determinate the various invasive plant species found in the study area. Floristic inventories based on the development of transects and quadrats helped to make surveys by using coefficients of abundance-dominance and sociability. Physico-chemical parameters of the Nyong river were measured. Species richness of study sites amounts to 20 species distributed in 17 families. Results shown that the distribution of macrophytes varies with Shannon diversity index, from 3.193695 (Ekombitie/Mbega) to 1.263136 (CDE/CAMWATER). *Echinochloa pyramidalis* (51 %) is the most abundant specie in the study sites. The result shown the causes and factors limiting the potential of the biotope of the Nyong River. It has been clearly shown that invasive plants contribute in a significant way to eutrophication of the river: *Echinochloa pyramidalis*, 51%; *Ipomea aquatic*, 18.31%; *Nymphaea lotus*, 12.83%; *Leersia hexandra*, 9.15%; *Commelina benghalensis*, 9.15%. The ecosystem approach for the better management of this site is proposed. From this study we therefore open another parenthesis for research which is based on managing wastes within the Mbalmayo council area and monitoring the quantity and quality of the waste stream leaving Yaounde and other environs into the Nyong River. This will help to reduce the pollution of this river, monitor point source and non-point source pollution sources and hence to reduce the proliferation of macrophytes since one of the best options of ecosystem restoration is preventing nutrient loading.

KEYWORDS: Wetlands, diversity, aquatic plants, Nyong, Mbalmayo.

1 INTRODUCTION

Wetlands are vital resources rich in biodiversity from which goods and services such as food, flood control and potable water can be obtained which is of great importance to millions of people throughout the world [1]. Many Wetlands in Cameroon constitute an aquaculture biodiversity hence the source of sustenance and revenue for the riverside dwellers. However, in spite of these undeniable profits, these ecosystems and their biodiversity have been undergoing an alarming degradation in the past recent years [2]. The Nyong river basin is not left out being that for some years now, it has been witnessing continuous degradation due to combined anthropogenic and climatic factors which has as consequence loss of halieutic biodiversity, uncontrolled development of certain invasive plant species, rarefaction of water resources, food insecurity, decrease in revenue and rural exodus [3] which have proven to be unhealthy to the state of this vital ecosystem.

This river basin is not only important for its designation as a RAMSAR site [4] and the conservation of bird species, but also for the fact that it represents the cultural heritage of the indigenous population [5]. Another very pertinent aspect is the fact that this river serves as the sole potable water supply to the entire town of Mbalmayo and the capital city of Yaounde. This flooded plain assumed great socio-economic importance for the indigenous population resulting from activities of fishing, forest exploitation, agriculture, poaching [6] and on the basis of forests conservation in the Congo basin making it to feature amongst the 200 ecological zones deserving particular attention for sustainable and participative management initiatives in the world [2]. According to [7] amongst the numerous problems that affect lotic freshwater ecosystems are agricultural and industrial pollution, development of infrastructure, intensive local fishing, global warming related to climate change, forest exploitation along drainage basins and the proliferation of invasive aquatic plant species (IAPS). These plants according to their phyto sociological grouping and their specific nutritional requirements are true indicators of the state and health of the environment [8]. Based on the impacts caused by these IAPS which include sedimentation of the water body, obstruction of navigable water courses and proliferation disease causing agents [9], [10], [11], the Cameroon government initiated a project through the ministry of Environment Nature Protection and Sustainable Development ((MINEPDED) «Plan of battle against water yacinthe and others types of aquatic invasive plants in Mbalmayo District» executed by the Watershed Task Group (WTG) alongside which this research was carried out. This was done in accordance to article 27 of Law N^o 96/12 of 5th August 1996 relative to the protection of flood plains (wetlands) in the national territory.

Study has as overall objective to determinate the various invasive plant species found in the study area. Specific objectives are to : (1) make a floristic inventory and cartography; (2) evaluate the ecological and socio-economic impacts of the invasion and the elaboration of a draft IAPS management plan.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 DESCRIPTION OF STUDY AREA

This research was based principally in the Nyong River basin of the Mbalmayo council area which is situated on the southern Cameroon plateau and has the most important relief features of the national territory [12]. This area is delimited in the North by Mbega (N 03.5485; E011.59974) (N 03.55^o, E 11.59^o) and in the south by the So'o River in the Nkol-yama locality (N 03.37583^o; E 011.41209^o) (N 03.38^o, 11.412^o) [1]. It is made up of eleven (11) villages namely; Mbega, Nkolngock I, Nkolngock II, Akomnyada I, Akomnyada II, Ngallan, Oyack I, Oyack II, Nsenlong I, Nsenlong II and Ebogo. Below is a map showing the location of the various villages in the project area.

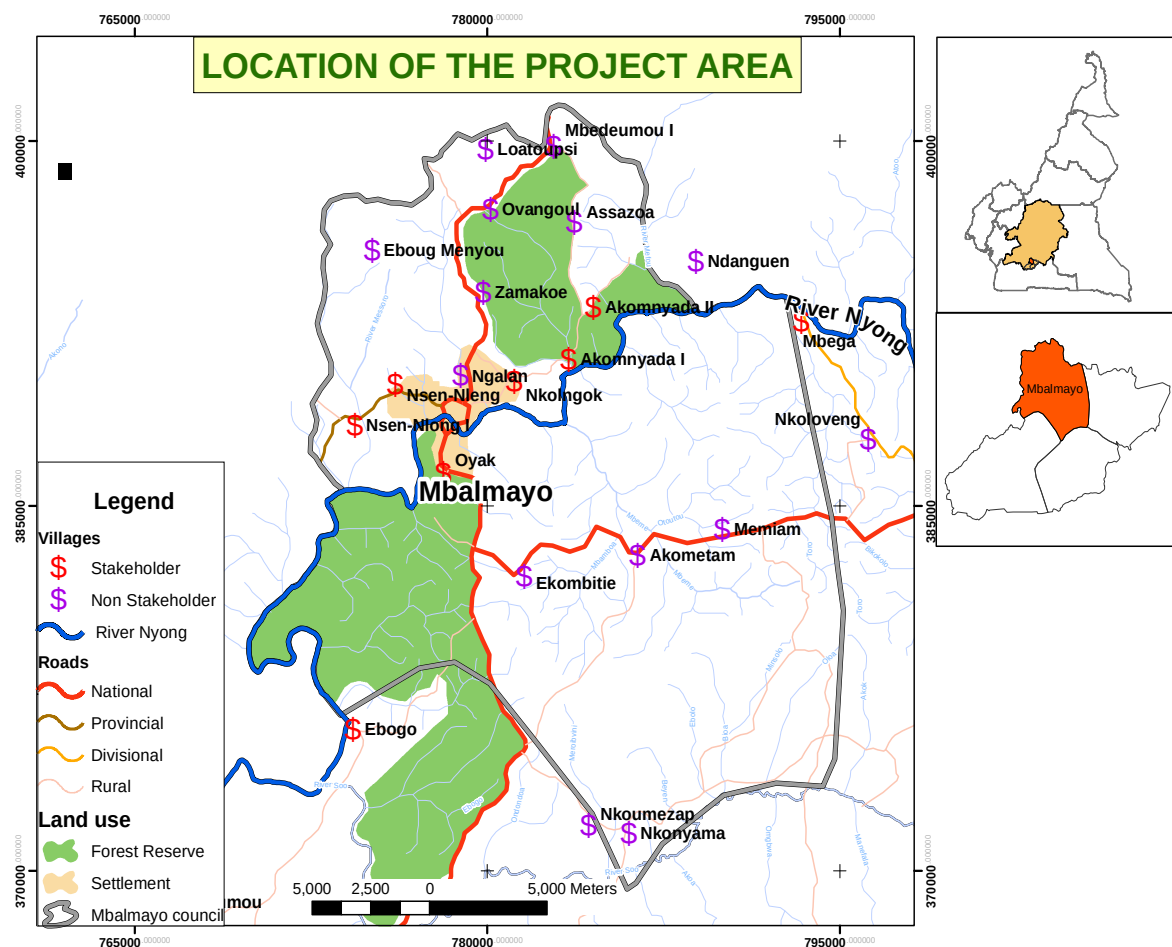


Figure 1 : Location of the Project Area (Source : [12]).

2.2 PHYSICAL CHARACTERISTICS

This zone is characterised by an equatorial climate of the Congo-Guinea type with four seasons: Two rainy seasons which alternates with two dry seasons [13]. It has a mean annual rainfall of 1700 mm with a mean annual temperature of 24 °C (Figure 2; Table 1). Effects due to climate change is observed by the frequent early or late arrival, or early disappearance of rains which culminates dry periods and which seriously distorts the agricultural calendar of the region and causes low agricultural yields [14].

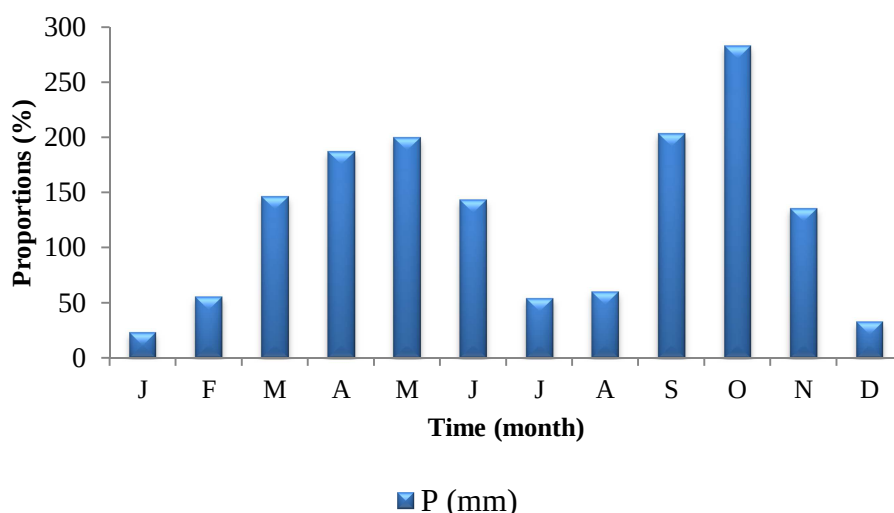


Figure 2 : Variation of Rainfall According to Months in Mbalmayo

Table 1: Mean Temperature of Mbalmayo (°C) from 1968-1996

Month		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatures	Mean maximum	31.5	32.5	32.6	32.0	30.9	29.9	28.6	26.6	29.2	29.8	29.8	30.1
	Mean minimum	16.5	17.1	17.7	17.9	17.6	17.2	17.1	17.9	17.5	17.3	17.5	16.5
	Average	24.4	25.2	25.2	24.7	24.2	23.3	22.5	22.6	23.2	23.4	23.7	23.8

The area is characterised by many mountains of average altitude which varies between 600 m and 1000 m. The rest of the area constitutes vast plains and plateaux. This accidental relief renders certain localities of the community inaccessible especially during the rainy season and explains the great enclosure of villages in this community. The area is covered by red ferrous unsaturated soils. They equally have hydrophilic soils especially around the river banks which are poorly drained and difficult to valorise and lastly raw infertile mineral soils [15].

They have a dense hydrology network made up of many water courses with the most important being the Nyong River, So'o, Kama, Mfala and Nsoumou. The division derives its name from the Nyong and So'o Rivers which belongs to the Atlantic basin. It's on this river banks in the village of Akomnyada I that the CDE water treatment plant and pumping station has been constructed which supplies the Mbalmayo town and the Capital city Yaoundé with potable water. These waters follow an equatorial system of flow that is it flows throughout the year but its flow rate varies according to the seasons having a greater volume during the rainy season and a lesser one in the dry season. The rich aquatic fauna found therein, constitutes an important resource for the population. In addition to these water courses are numerous natural and artificial lakes in the lower end of the community [2], [15].

2.3 METHODOLOGY INHERENT TO INVENTORY

From the literature on the various methodologies employed in plant biodiversity assessment, we chose the transect and quadrant method of plant evaluation. Questionnaires were used to obtain additional information from the various stakeholders and the surrounding villages constituting the study area. This was demonstrated based on qualitative techniques, such as noted observations, focus groups discussions and historical information reviews as stated by [16]. This method is commonly referred to as the triangulation. The general approach of the research methodology was based on the following phases:

Choice and description of experimental site were done based on accessibility and invasiveness but the whole water path was covered and emphasis was laid on areas with significant human activity to monitor point and non-point source pollution. The subject area was divided into four zones based on the number of villages to be covered thus (Table 2).

Table 2: Partition of the Study Area to ease Data Collection and Analysis

Zone	Sample points	Sites
I	Section of the ferry, fishing points and logging areas.	Mbega, Nkolngock II, Nkolngock I.
II	River Mefou, Camwater catchment site, fishing point.	Akomnyada II, Akomnyada I, Nsengnlong II.
III	The Oyack bridge, fishing point, nearby farmlands.	Nsenglong I, Ngallan, Oyack II.
IV	Slaughterhouse, Japan market, touristic site.	Oyack I, hold bridge, Ebogo.

2.4 TREATMENT AND ANALYSIS OF COLLECTED DATA

These was achieved with the use of appropriate analytical softwares such as word, excel and consisted in representing information on tabular and graphical form.

2.5 SPECIFIC METHODOLOGY

2.5.1 WATER SAMPLING AND ANALYSIS

The length of assessment was 50 km constituting 10 points in descending order from upstream to downstream thus; Mbega, Ekudmbad, Akomnyada II, CDE/CAMWATER, hold SNEC/SOCAFOAM, Japan market, Slaughterhouse Nsenglon I and Nsenglon II. The following parameters were under investigation: pH, MES, NTK, BOD, COD, TEMP, EC, ORP, DO. Orthophosphates, Chloride, Nitrates.

2.5.2 COLLECTION OF SAMPLES

At each sampling point, in situ parameters such as T °C, pH and EC were measured by EC/pH meter, DO by DO and ORP by ORP meter. This was followed by collection of the samples in labelled plastic bottles (1.5 l) which had been well washed and rinsed to prevent contamination of the samples. The containers were completely submerged in the river which was then corked tight immediately after collection to avoid contamination and ease transportation of the samples. One sample was collected at each sample point making a total of 10 samples. During the collection of these samples observations were made at each point alongside biodiversity assessment while taking down the various coordinates and altitudes to ease location of the points using a GPS. The samples were then transported to the laboratory at the Ministry of Mines and Energy within a period of 24 hrs for analysis. Laboratories can provide additional testing methods for samples. This allows several types of parameters to be analyzed in a sample. The following parameters were under investigation: MES, NTK, BOD₅, COD, NO₃⁻, CL⁻ and PO₃⁻. Which are all parameters that determine the level of pollution of a water body. The results were then obtained and statistical variables such as the sum, average, maximum and minimum values and the standard deviation were used to interpret results.

2.6 BIODIVERSITY ASSESSMENT

The quadrant method of biodiversity assessment was employed to identify the various aquatic plants present. The river itself was considered as a transect (path through which the assessment was carried out) therefore enabling quadrants to be formed on both sides of the river with the aid of a GPS to track the length. Gaps of 5 m each were obtained on both sides to ensure uniformity of the transect. The various plant species present where noted down and their point of location recorded using a GPS. The surface area was then calculated using the formula for area thus.

$$\text{Area (m}^2\text{)} = \text{length (m)} \times \text{width (m)}.$$

Each quadrant was measured at 5m x 5m (being 3 m in water and 2 m inland) giving the area for each quadrant at 25 m². The various areas obtained were then summed up and the total surface area cover was then divided by 10000 to get the total surface area in hectares (ha).

The transect was also used to capture the greatest diversity of land-use and ecosystems along the river banks such as interactions between the physical environment and human activities, geographical conditions, settlement, water supply service and sanitation.

The method of diversity indices was then employed to analyse the data collected. The following indices were calculated based on their significance.

2.6.1 THE SHANNON WEAVER INDEX

The Shannon diversity index (H) is an index that is commonly used to characterize species diversity in a community. It accounts for both abundance and evenness of the species present. The proportion of species (i) relative to the total number of species (p_i) is calculated, and then multiplied by the natural logarithm of this proportion ($\ln p_i$). The resulting product is summed across species, and multiplied by -1 [12].

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

2.6.2 THE SIMPSONS INDEX

It is often used to quantify the biodiversity of a habitat. It takes into account the number of species present, as well as the abundance of each species [35].

$$D = \frac{\sum n(n-1)}{N(N-1)}$$

Where n = the total number of organisms of a particular species, N = the total number of organisms of all species. The value of D ranges between 0 and 1. With this index, 0 represents infinite diversity and 1, no diversity. That is, the bigger the value of D , the lower the diversity. This is neither intuitive nor logical, so to get over this problem, D is often subtracted from 1 to give:

2.6.3 SIMPSON'S INDEX OF DIVERSITY (1 - D)

The value of this index also ranges between 0 and 1, but now, the greater the value, the greater the sample diversity. This makes more sense. In this case, the index represents the probability that two individuals randomly selected from a sample will belong to different species.

2.6.4 THE PIELOU EQUITABILITY INDEX

It determines the degree of diversity attained as compared to the theoretical maximum [14]. It is calculated thus;

$$E_x = H / H_{\max} = H / \ln S$$

Where H = Shannon's index, $H_{\max}$ = total number of species seen in the area, $\ln S$ = Logarithm of total number of species seen in the area

2.7 ECOLOGICAL EVALUATION (TRANSECT WALK)

The transect walk is a walk cross-cutting the community to capture the greatest diversity of land use and ecosystem. This helped to bring the community members together in an assessment of problems and available resources in the community. The various villages were targeted through their respective village heads who selected some members in the community for the walk. Areas targeted were those with the largest variety in terms of landmarks, types of land use, water resources and where water use could be seen. This was accompanied by observations, formal and open ended interviews with people living in the area. Emphases were laid on critical issues such as water availability, waste disposal, sanitation and usefulness of some aquatic plant species in the community including their local names.

3 RESULTS

3.1 SPECIES RICHNESS OF STUDY SITES

Species richness of study sites amounts to 20 species distributed in 17 families (Table 3). *Araceae* family contains 1 species: *Pistia stratiotes*. *Asteraceae* family contains 1 species: *Vernonia* sp.. *Boraginaceae* family contains 1 species: *Heliotropium indicum*. *Commelinaceae* family contains 1 species: *Commelina benghalensis*. *Convolvulaceae* family contains 1 species: *Ipomea aquatica*. *Cyperaceae* family contains 1 species: *Cyperus iria*. *Euphorbiaceae* family contains 1 species:

Alchornea cordifolia. *Hydrolea* family contains 1 species: *Hydrolea* sp. *Lemnaceae* family contains one species, *Lemna minor*. *Loganaceae* family consists of 1 species: *Anthocleista djalensis*. *Malastomataceae* family consists of 1 species: *Dissotis rotundifolia*. *Moraceae* family consists of 1 species: *Ficus exasperata*. *Nymphaeaceae* family consists of 1 species: *Nymphaea lotus*. *Poaceae* family consists of 4 species: *Echinochloa pyramidalis*, *Leersia hexandra*, *Acroceras zizanioides* and *Bracharia* sp.. *Polygonaceae* family consists of 1 species: *Polygonum lanigerum*. *Phyllanthaceae* family consists of 1 species: *Uapaca guineensis*. *Rubiaceae* family consists of 1 species: *Nauclea diderichii*.

Table 3: Summary of Plant Biodiversity Inventory of the Study Area.

Famille	Espèce
<i>Araceae</i>	<i>Pistia stratiotes</i>
<i>Asteraceae</i>	<i>Vernonia</i> sp.
<i>Boraginaceae</i>	<i>Heliotropium indicum</i>
<i>Commelinaceae</i>	<i>Commelina benghalensis</i>
<i>Convolvulaceae</i>	<i>Ipomoea aquatica</i>
<i>Cyperaceae</i>	<i>Cyperus iria</i>
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Alchornea cordifolia</i>
<i>Hydroleaceae</i>	<i>Hydrolea</i> sp.
<i>Lemnaceae</i>	<i>Lemna minor</i>
<i>Loganaceae</i>	<i>Anthocleista djalensis</i>
<i>Melastomataceae</i>	<i>Dissotis rotundifolia</i>
<i>Moraceae</i>	<i>Ficus exasperata</i>
<i>Nymphaeaceae</i>	<i>Nymphaea lotus</i>
<i>Poaceae</i>	<i>Echinochloa pyramidalis</i>
<i>Poaceae</i>	<i>Leersia hexandra</i>
<i>Poaceae</i>	<i>Acroceras zizanioides</i>
<i>Poaceae</i>	<i>Bracharia</i> sp.
<i>Polygonaceae</i>	<i>Polygonum lanigerum</i>
<i>Phyllanthaceae</i>	<i>Uapaca guineensis</i>
<i>Rubiaceae</i>	<i>Nauclea diderichii</i>

3.2 SURFACE AREA OCCUPIED BY INVASIVE AQUATIC PLANT SPECIES

According to the various zones as mentioned in the methodology and their respective villages, the table below gives the distribution of plant species. See map of distribution of invasive aquatic plants (Table 4). This shows that the total length occupied by these plants is 92 km with a surface area cover of 140.6083 ha showing that the invasion is important and requires serious attention. Zone IV showed a greater invasion meaning invasive species are more abundant upstream. The identity and percentages of the various plants are shown in the results of aquatic plant inventory below.

Table 4: Distribution of invasive aquatic plants according to zones in the study areas

S/N	Name	Length (Km)	Surface area (ha)	Intensity (ha/km)
1	Zone I	14	23.7167	1.694
2	Zone II	27	25.0973	0.9295
3	Zone III	18	23.9444	1.33
4	Zone IV	33	69.1079	2.0941
Total		92	140.6083	6.0476

3.3 INVENTORY OF NATURAL VEGETATION IN THE PROJECT AREA

Five of these plant species were found to be invasive to the river as shown in the table below in regressive order of abundance including their respective percentages (Table 5).

Table 5: Invasive Aquatic Plants of the Nyong River

Species	Abundance	Percentage
<i>Echinochloa pyramidalis</i>	2760	51 %
<i>Ipomoea aquatica</i>	1000	18,31 %
<i>Nymphaea lotus</i>	700	12,83 %
<i>Leersia hexandra</i>	500	9,15 %
<i>Commelina benghalensis</i>	500	9,15 %

These plants and water samples were collected at various locations as shown below (Table 6).

Table 6: Geographical Location of the Various Sample Areas.

Sample Point	Name	Coordinates/Altitude
I	Mbega/Ekombitie	N 03°33'492'', E 11°36'764'', 636 m
II	Ekudmbad	N 03°33'496'', E 11°37'671'', 638 m
III	Mefou tributary	N 03°33'140'', E 11°35'975'', 635 m
IV	Akomnyada II	N 03°31'919'', E 11°33'674'', 637 m
V	CDE/CAMWATER	N 03°31'567'', E 11°32'962'', 640 m
VI	SNEC/SOCAFOAM	N 03°30'780'', E 11°31'102'', 638 m
VII	Marché Japon	N 03°30'797'', E 11°30'169'', 635 m
VIII	Abattoir	N 03°30'656'', E 11°29'827'', 637 m
IX	Nsenglon I	N 03°30'149'', E 11°29'539'', 639 m
X	Nsenglon II	N 03°29'638'', E 11°29'602'', 639 m

Shannon's index is variable to 3.193695 (Ekombitie/Mbega) at 1.263136 (CDE/CAMWATER). Simpson's index varies to 0.414488 (Akomnyada II) at 0.162929 (Ekombitie/Mbega). Pielou equitability varies to 0.354855 (Ekombitie/Mbega) at 0.210029 (Ekudmbad) (Table 7).

Table 7: Computing Diversity Indices for the Various Quadrants

Quadrants	Site	Simpson's Index	Shannon's Index	Pielou Equitability
I	Ekombitie/Mbega	0.162929	3.193695	0.354855
II	Ekudmbad	0.482779	1.680235	0.210029
III	Akomnyada II	0.414488	1.735645	0.289274
IV	CDE/CAMWATER	0.567951	1.263136	0.252627
V	Ancien SNEC	0.582538	1.155317	0.288829
VI	Nouveau Pond	0.321721	1.852901	0.231612
VII	Marché Japon	0.362571	1.645711	0.434313
VIII	Abattoir	0.2496484	2.171566	0.434313
IX	Nsenglon I	0.249648	2.132964	0.426592
X	Nsenglon II	0.346891	1.609863	0.402465

Table 8a: Results of samples collected and analysis using statistical variables (pH : hydrogen potential; T: temperature; OD:

Dissolved oxygen; ORP: oxygen reduction potential; EC: electrical conductivity; MES: suspended solids; BOD₅: Biological oxygen demand; COD: chemical oxygen demand; NTK: Total nitrogen).

Point/Parameter	pH	T (°C)	DO	ORP	EC (µs/cm)	MES (mg/l)
Mbega	4.75	26.20	0.32	120.00	295.00	0.03
Ekunmbad	4.50	25.70	1.36	200.00	250.00	0.15
Mefou	5.75	23.20	3.28	177.00	873.00	0.14
Akomnyada II	5.40	25.70	2.51	175.00	415.00	1.60
CDE	4.15	25.10	0.10	244.00	813.00	0.06
SOCAFOAM	4.77	24.70	0.88	160.00	331.00	0.04
Marché Japon	5.06	25.50	2.25	188.00	427.00	0.11
Abattoir	5.35	25.50	2.25	193.00	413.00	0.09
Nsenglon I	4.48	25.50	2.42	158.00	418.00	0.06
Nsenglon II	5.35	25.50	2.26	181.00	415.00	0.08
SUM	4.95	252.60	17.63	1796.00	4650.00	2.36
AVERAGE	4.95	25.26	1.763	179.60	465.00	0.236
MAX	5.75	26.20	3.28	244.00	873.00	1.60
MIN	4.15	23.20	0.10	120.00	250.00	0.03
STD DEV	0.51	0.82	1.04	32.05	208.70	0.48

Table 8b: Results of samples collected and analysis using statistical variables (pH : hydrogen potential; T: temperature; OD:

Dissolved oxygen; ORP: oxygen reduction potential; EC: electrical conductivity; MES: suspended solids; BOD₅: Biological oxygen demand; COD: chemical oxygen demand; NTK: Total nitrogen).

Point/Parameter	BOD ₅ (mg/l)	COD (mg/l)	NTK (mg/l)	Nitrates (mg/l)	Chloride (mg/l)	Ortho-phosphate (mg/l)
Mbega	99.70	146.60	6.30	3.09	22.70	0.02
Ekunmbad	139.56	223.30	6.43	1.34	25.56	0.05
Mefou	91.66	183.33	6.02	1.12	28.40	0.06
Akomnyada II	64.30	120.00	7.10	3.78	36.92	0.78
CDE	226.66	340.00	6.44	0.99	36.92	0.80
SOCAFOAM	0.00	0.00	4.67	0.78	34.02	0.07
Marché Japon	0.00	0.00	5.43	0.76	22.72	0.08
Abattoir	80.00	120.00	5.78	1.32	34.02	0.08
Nsenglon I	0.00	0.00	6.89	2.89	28.40	0.76
Nsenglon II	123.78	173.33	6.89	2.89	25.56	0.08
SUM	825.66	1306.56	61.95	18.96	295.22	2.77
AVERAGE	82.57	130.66	6.20	1.90	29.52	0.28
MAX	226.66	340.00	7.10	3.78	36.92	0.80
MIN	0.00	0.00	4.67	0.76	22.70	0.02
STD DEV	72.17	109.90	0.75	1.13	5.54	0.34

3.4 CIRCLE OF VISUALISATION FOR CORRELATIONS BETWEEN THE DIFFERENT PARAMETERS

The circle enables the study and visualisation of correlations between variables, with the aim of eventually limiting the number of variables to be measured subsequently (Figure 3). These variables are projected on an area or space in three dimensions and are linked with the Pearson index of similarity. The visualisation inscribed shows for example a perfect correlation between the parameters COD and BOD₅ whose correlation coefficient between the two parameters is very probably equal to 1. Furthermore on making projections of variables on the axes, taking into consideration similarity distances and angles, we also obtain a perfect correlation between ORP and NTK parameters.

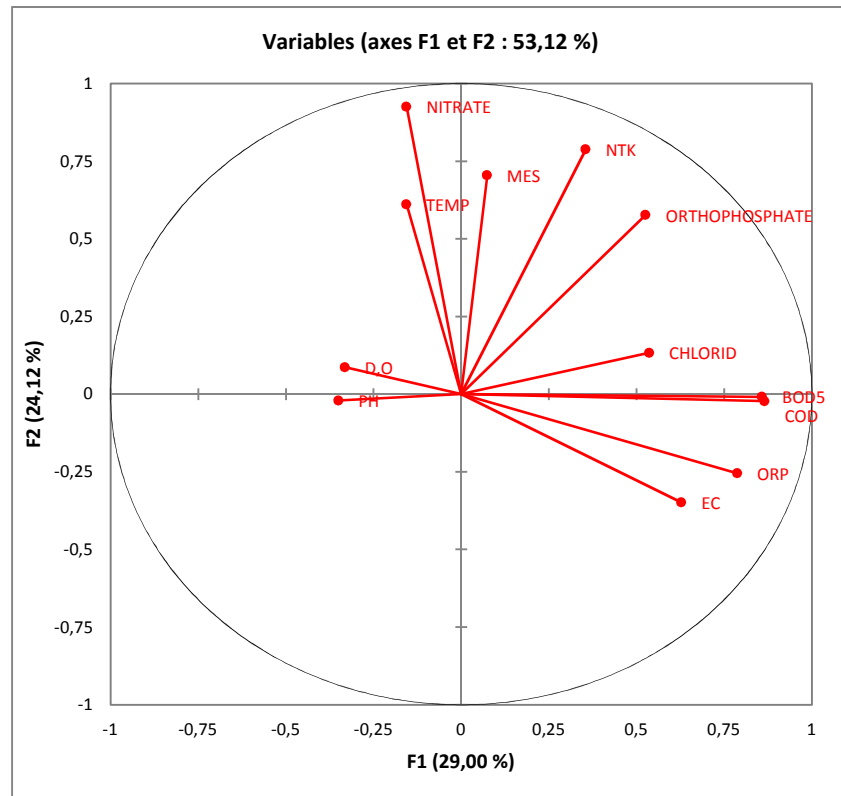


Figure 3: Variation of physicochemical parameters of study area

3.5 ACP ILLUSTRATING VISUALISATION OF CORRELATIONS BETWEEN PARAMETERS AS A FUNCTION OF DIFFERENT LOCATIONS

This link is also made by the Pearson index of similitude and permits the understanding that by taking into consideration all the variables, the sites which appeared to have different abiotic parameters can be closer between each other like Japan market and SOCAFOAM which are close to variables or parameters somewhere else (Figure 4). It is the case of the site of NSEGLON I which has a very high concentration of Nitrates. Somewhere else, site projections on the axes taking into consideration distances and similitude angles also shows the proximity of two sites which appears visually far from each other like the sites of MBEGA and EKUNMBAD. It is also in this point of view of improving this visualisation subject to projections of objects on the axes that a classification dendrogramme was obtained.

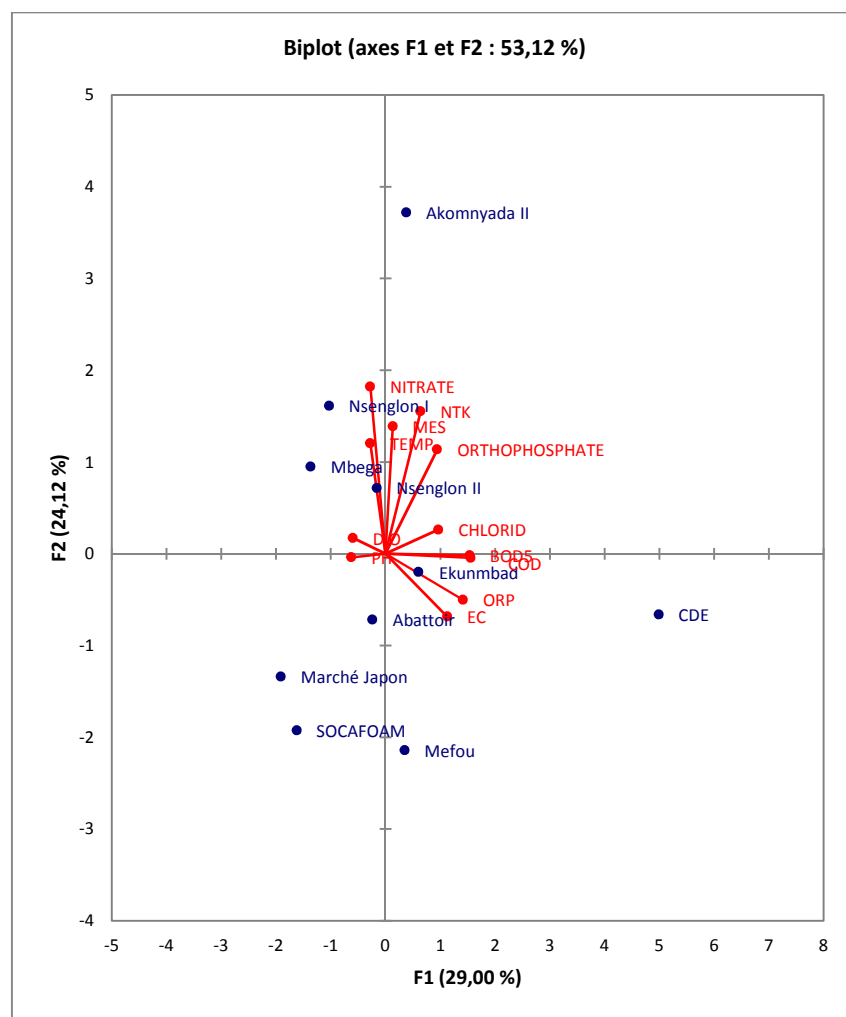


Figure 4: ACP illustrates the link between the sites as a function of the variables

3.6 DENDROGRAM SHOWING SIMILITUDE BETWEEN DIFFERENT LOCATIONS AS A FUNCTION OF DIFFERENT PARAMETERS

The dendrogram brings clarity on the proximity of locations as a function of different parameters and shows a net class separation of the different sites (Figure 5). The short interrupted line on the perpendicular axis of dissimilarity cuts the dendrogram into four points bringing to light four classes which are basically differentiated by a set of colours. Each class contains a well delimited number of sites and distances and on the other hand by a calculated dissimilarity from the Pearson similitude index. For example the first class contains two sites (EKUDMBAD and MBEGA).

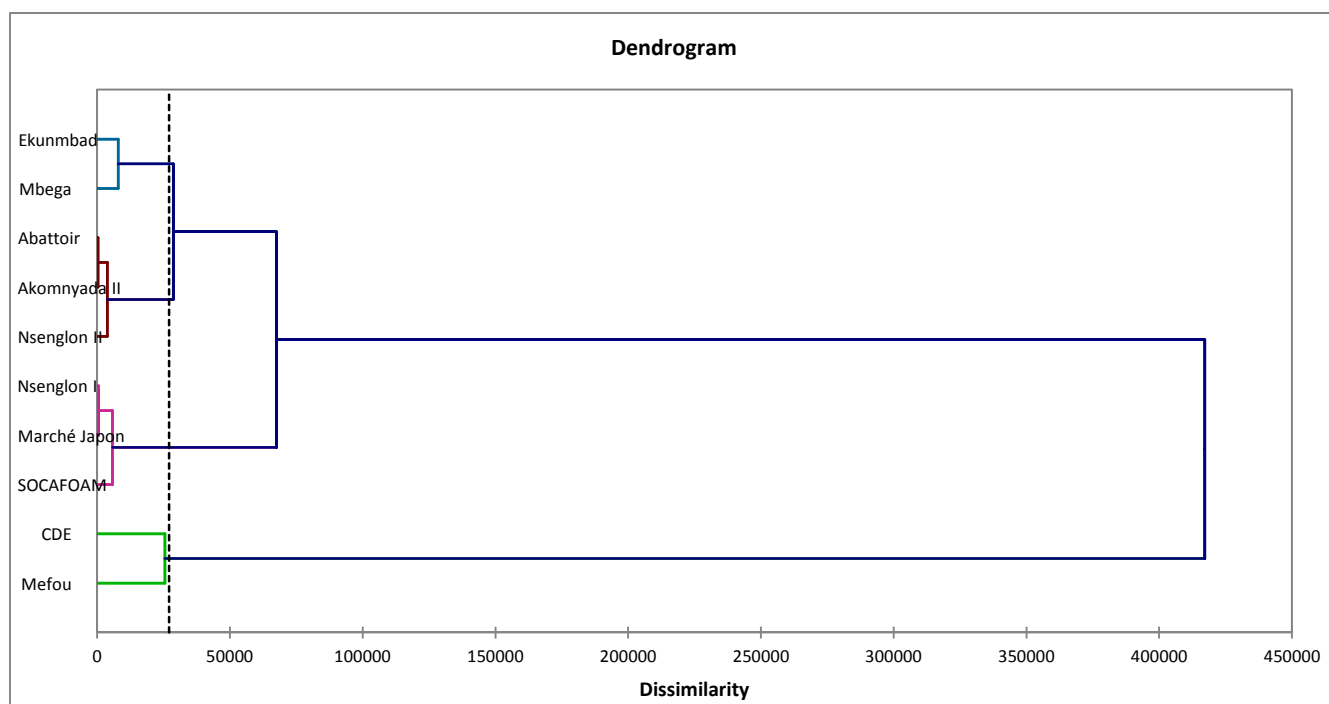


Figure 5: Dendrogram classing study stations in function of physicochemical parameters

3.7 PROFILE OF CLASSES SHOWING ZONES OF DISSIMILARITIES BETWEEN DIFFERENT CLASSES OF THE DENDROGRAM AS A FUNCTION OF THE DIFFERENT PARAMETERS

The class profile shows four classes as a function of the different parameters investigated (Figure 6). The four classes are always represented by a set of colors and each point on the abscissa represents a parameter. The profile therefore shows from which parameter a strong similitude or dissimilitude exists between the classes. For example the pH where all other classes are otherwise overcome cannot make a distinction between the classes. On the contrary, the EC point shows a good distinction between all the classes. This parameter can serve as a criterion for differentiation between the classes.

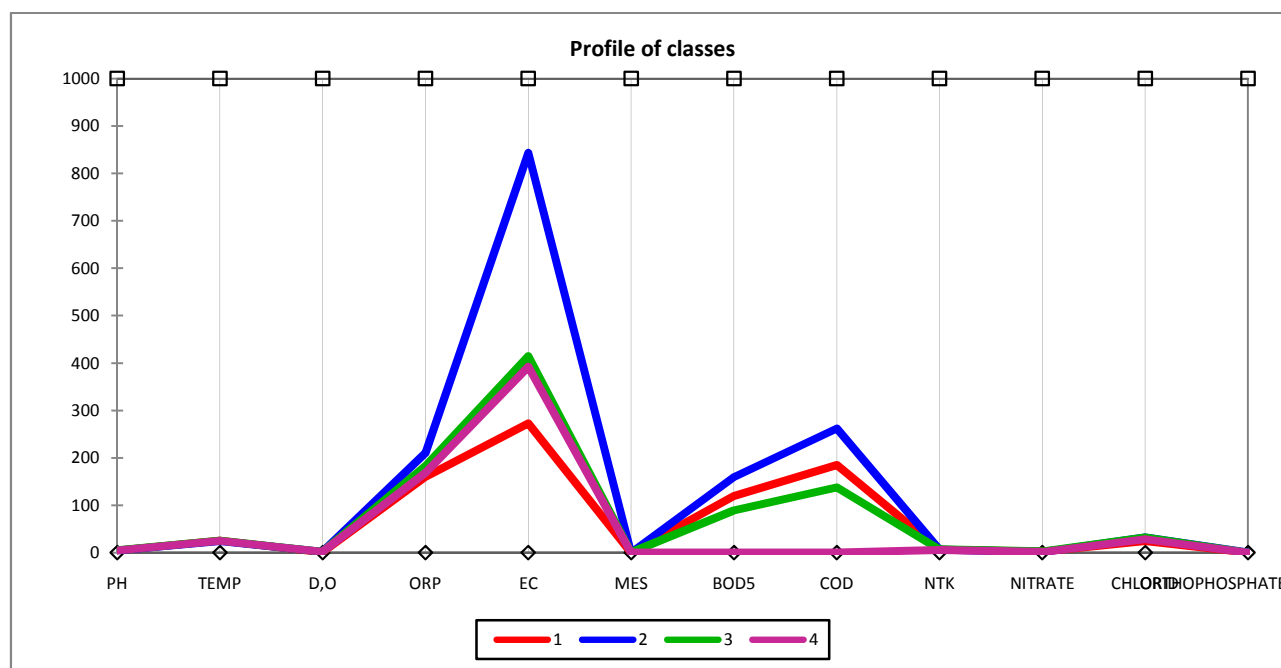


Figure 6: Profiles of classes showing parameters which reproached study sites

3.8 AFC ILLUSTRATING THE VISUALISATION OF CORRELATIONS BETWEEN STATIONS AS A FUNCTION OF DIFFERENT SPECIES

AFC shows the proximity of stations between each other as a function of qualitative variables which are species (Figure 7). But for all ACP as such, it is necessary to produce a dendrogram of classification to bring about good precisions of different classes constituted by the stations.

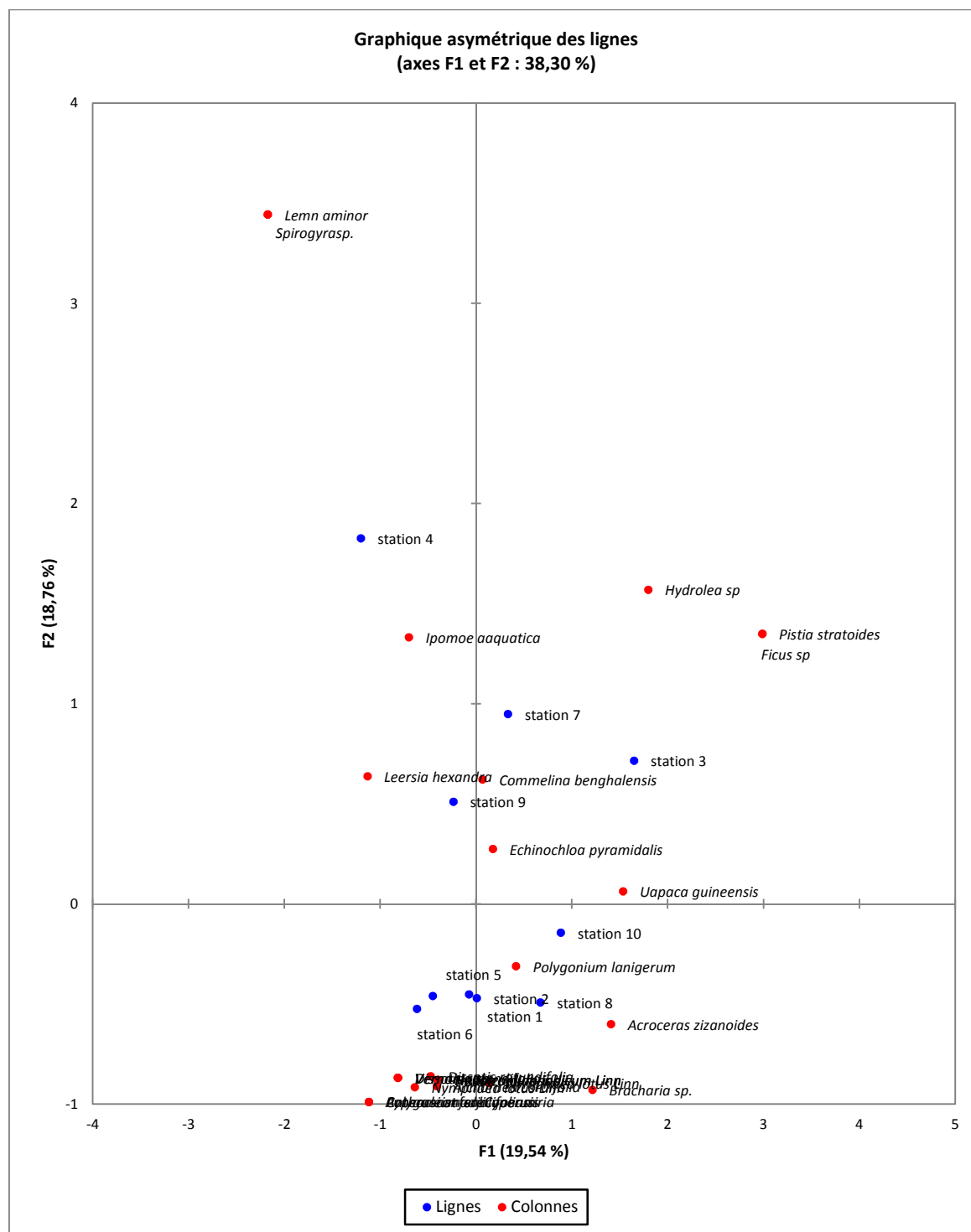


Figure 7: AFC showing study sites in function of species

3.9 DENDROGRAM SHOWING SIMILITUDE BETWEEN DIFFERENT STATIONS AS A FUNCTION OF DIFFERENT SPECIES

The short perpendicular line on the dissimilarity axis cuts through the dendrogram at four points showing four classes which are basically differentiated by a set of colors (Figure 8). Each class contains a number of well delimited stations and is distant from others by a calculated dissimilarity from the Pearson index of similitude. For example the first class which contains four stations (Station 10, station 8, Station 5, and Station 3).

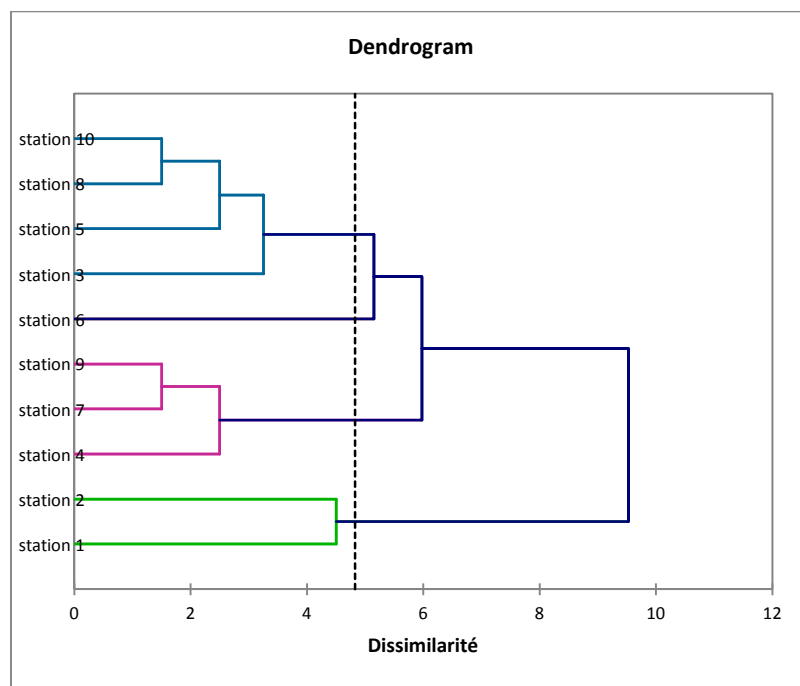


Figure 8: Dendrogram classing study stations in function of species

4 DISCUSSION

Results show that *Echinicloa Pyramidalis* is the dominant invasive aquatic plant species followed by *Ipomea aquatica*, *Nymphaea lotus*, *Leersia hexandra* and *Commelina benghalensis* which are mostly found in areas where the speed of the water is slow, at tributaries and areas where there is significant anthropogenic activity [7]. This can be seen in areas like the Mefou tributary, Japan market/hold bridge, Nsenglon I and II which results from wastes discharges. These areas enable the supply of organic matter which favours the proliferation of these plants coupled with their physiological anatomy which enables them to easily adapt and displace native species [8]. Other observations were drawn from the fact that IAPS mostly spread in areas where they could anchor such as edges of the river banks. This gave an important focus to the plant *Nymphaea lotus* which according to some fishermen and observations is very active in the proliferation of these IAPS because it serves as an anchor for such plants since its roots penetrate to a length of about a meter in the water body. Another invasive plant which is also gaining way and on the verge of increasing drastically in population is *Pistia stratioides* although its abundance as of date is very low and it is a good indicator of water pollution from anthropogenic input. At Akomnyada II there is a high proliferation of algae which is an indication of eutrophication [18], [19] coming from the Mefou River and which is also influenced by agriculture at the banks of the river. At the CDE/CAMWATER plant, the presence of these species were almost absent except for highly tolerant plants such as *Dissotis rotundifolia* due to the discharge of residual chlorine to which most macrophytes are not tolerant. Another important aspect is the proliferation of plants such as *Polygonum laginerum*, *Polygonum salicifolium*, *Heliotropium* which are indicators of pollution (Bio- indicators).

Computing diversity indices in the study area, Shannon's index does not have a theoretical limit but can be used alongside the Pielou index to give information on abundance and evenness and to study pollution of an area [14]. From the results we can see that the Pielou equitability index is nearer 0 than 1 meaning there is variety of species in the quadrants but for five points (SNEC/SOCAFOAM, hold bridge/Japan market, slaughterhouse and Nsenglon I and II) were the indices are shown to increase. These increases are noted more as we move upstream and this particular stretch of the study area is noted for

many anthropogenic activities hence significant pollution [13]. This means that species are less abundant and even, as we move from upstream to downstream.

The Simpson's index on the other hand is generally low, values range between 0.0242 and 0.567 but show a slightly greater value at Akomnyada II indicating low species diversity and values fluctuate as one leaves downstream to upstream. The physico-chemical analysis of 12 elements in the area under study summarised in table 19 is thus; it shows that the pH varies between 4.15 at CDE to 5.75 at the Mefou with an average value of 4.956. This p^H is relatively acidic and according to [4] it is a result of the development of aquatic macrophytes such as, *Echinocloa pyramidalis*, *Ipomea aquatica*, *Nymphaea lotus*, *Leersia hexandra* and *Pistia stratioides* since they cause a reduction in pH.

The temperature varies very little with a mean value of 25.56, maximum value of 26.20 and a minimum value of 23.20, obtained at Mbega and Mefou respectively.

The dissolved oxygen content of the water body is comprised between 0.10 mg/l (CDE) -3.28 mg/l (Mefou) with the mean level in the water body being 1.76 mg/l which is far below the norm (>50) indicating an oxygen deficient water body. Implying that there is poor respiration by aquatic organisms and low oxidation and degradation of organic matter, which is a serious cause of asphyxia and hence death of aquatic life [19].

The increased concentration of NTK between 4.67 and 7.10mg/l with the highest concentration recorded at Akomnyada II which is an area with high agricultural produce indicates anthropogenic contamination, fertilization, poor agricultural practices which cause displacement of minerals from upstream to downstream. The level of phosphates is relatively low in the water body between 0.02 mg/l with the values registered between 0.02-0.08. Maximum levels (0.08) were recorded in significant zones such as the CDE, Japon Market, Abbatoir and Nsenghenlon which are endowed with serious human activities especially that of huge production of untreated waste and washing of household items. This is a very important aspect of eutrophication of the water body since phosphates starts posing problems at a concentration of 0.2 mg/l [20].

According to [21], BOD and COD are both valuable means by which natural phenomena of destroying organic matter (BOD) and estimation of the oxidisable matter content (COD) present in a water body. They are both indicators of organic water pollution. The high levels of BOD 82.57 mg/l and COD 130.66 mg/l is mainly due to an increase in the waste stream of organic materials with oxygen deficiency of the water body.

The concentration of chloride ions in the water body meets the norms but looking at the point of CDE it is relatively high and this can also be responsible for the very low pH recorded at this point reason why even plant species diversity recorded in this area is very low, only highly tolerant plants could be seen. This chlorine according to some fishermen is responsible for the deformation of some fish species ("machoiron"). The water content of suspended solids is within the limits of the norms, also the electrical conductivity and oxygen reduction potentials.

We note therefore in the discussion that all parameters with the correlation coefficient 1 can undergo selections. Subsequently, we can choose one out of the two parameters to carry out a similar study. The representation of sites to study the similarity between them and between the parameters enables us to achieve an ACP.

5 CONCLUSION

Haven met the objectives and hypothesis of this research as shown in the results, of the causes and factors limiting the potential of the biotope of the Nyong River, it has been clearly shown that invasive plants contribute in a significant way to eutrophication of the river: *Echinocloa pyramidalis*, 51%; *Ipomea aquatic*, 18.31%; *Nymphaea lotus*, 12.83%; *Leersia hexandra*, 9.15%; *Commelina bengalensis*, 9.15%. In spite of its undeniable benefits, this ecosystem and its species have witnessed an alarming degradation which merits its immediate restoration for the present and future generation. The project initiated by the government alongside which this research is carried out was based on controlling the invasive plant *Eichornia crassipes* (water hyacinth), the results obtained shows that this plant is not found in this area. We rather found some patches of *Pistia stratioides* hence this research in addition has enlightened the government's knowledge about the invasion for better management options. We therefore propose the ecosystem approach for the better management of this site. From this study we therefore open another parenthesis for research which is based on managing wastes within the Mbalmayo council area and monitoring the quantity and quality of the waste stream leaving Yaoundé and other environs into the Nyong River. This will help reduce the pollution of this river, monitor point source and non-point source pollution sources and hence reduce the proliferation of macrophytes since one of the best options of ecosystem restoration is preventing nutrient loading.

REFERENCES

- [1] O.V. Singh, S. Labana, G. Pandey, R. Budhiraja, R.K. Jain, 2003. "Phytoremediation : an overview of metallic ion decontamination from soil". Appl. Microbiol. Biotechnol., vol. 61, pp. 405-412, 2003.
- [2] Anonymous, "Exposé sur la Thématique des Zones Humides et des Eaux Internationales au Cameroun", p. 13, 2014.
- [3] Nguelo, "Gestion Intégrée de la Jacinthe d'eau (*Eichornia crassipes* Mart. Solms lamb) dans l'estuaire du Wouri", Mémoire, Université de Dschang, p. 96, 2007.
- [4] Nguelo, "Gestion Intégrée de la Jacinthe d'eau (*Eichornia crassipes* Mart. Solms lamb) dans l'estuaire du Wouri", Mémoire présenté pour le Diplôme d'ingénieur de génie rural l'université de Dschang, P. 96, 2007.
- [5] S.D. Dibong, G.P. Ndjouondo, "Inventaire floristique et écologie des macrophytes aquatiques de la rivière Kambo à Douala (Cameroun)", J. Appl. Biosci., vol. 80, pp. 7147-7160, 2014.
- [6] N.Z. Fogwé, M. Tchotsoua, "Evaluation géographique de deux décennies de lutte contre les inondations dans la ville de Douala (Cameroun)", Rapport, Université de Douala
http://www.infotheque.info/fichiers/JSIR-AUF- Hanoi07/articles/AJSIR_2-p3_Fogwe.pdf, 2007.
- [7] J.E. Byers, "Impact of non-indigenous species on natives enhanced by anthropogenic alteration of selection regimes", Oikos, 97:449-458, 2002.
- [8] Whites and Edwards, "Invasive species challenge in estuarine and coastal environments: marrying management and science", Estuaries and coasts, vol. 31, pp. 3-20, 2001.
- [9] S.D. Dibong, G.P. Ndjouondo, "Inventaire floristique et écologie des algues des rivières Kambo et Longmayagui de la zone humide de Douala (Cameroun) ", Int. J. Biol. Chem. Sci., vol. 8, no. 6, pp. 2560-2577, 2014.
- [10] R.P. Tatso, "Étude exploratoire des techniques de réalisation des cartes d'aléa d'inondation : Cas de la ville de Douala Cameroun". Projet personnel, Université Douala/ENSG UMLV, p. 16, 2011.
- [11] Berne, "Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau : donnée Niveau R (région)". OFEV, p. 122, 2007.
- [12] A.D. Meva'a, M. Fouda, C.Z. Bonglam, M. Kamwo, "Analyse spatiale du risque d'inondation dans le bassin versant du Mbanya à Douala, capitale économique du Cameroun", NOVATECH, p. 10, 2010.
- [13] G.P. Ndjouondo, M.L. Ba'ana Etoundi, R.D. Nwamo, H. Fankem, S.D. Dibong, "Impact des activités anthropiques sur les zones humides des rivières Kambo et Longmayagui", International Journal of Innovation and Scientific Research, vol. 26, n° 2, pp. 410-420.
- [14] G.R. Tadonki, "Douala : les exclus des marécages, Environnement et habitat marginal des bas-fonds : quartiers Maképé, Bépanda, TSF, Siccacao, Ndogbati", (eds), S.D.S. Mandara, pp. 113-115, 1999.
- [15] J. Bengtsson, "Which species? What kind of diversity? Which ecosystem function? Some problems in studies of relations between biodiversity and ecosystem function", Applied Soil Ecology, vol. 10, n° 3, pp. 191-199, 1998.
- [16] A. Thiam, "Contribution à l'étude phytoécologique de la zone de décrus du lac de Guiers (Sénégal)", Thèse de troisième cycle, Institut des Sciences de l'Environnement, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, p. 105, 1984.
- [17] N.F. Diop, "Intégration de la biodiversité d'eau douce dans le processus de développement en Afrique : Mobilisation de l'information et sites de démonstration", Projet de démonstration du bassin du fleuve Gambie, p. 48, 2010.
- [18] J. Roman, "Aquatic invasive species". Retrieved from <http://www.eoearth.org/view/article/150156>, 2010.
- [19] K. Prabha, L.Y. Padmavathiamma, Li, "Phytoremediation Technology : Hyper-accumulation Metals in Plants". Water Air Soil Pollut., vol. 184, pp. 105-126, 2007.
- [20] N. Sauberer, K.P. Zulka, M. Abensperg-Traun, H.M. Berg, G. Bieringer, N. Milasowsky, D. Moser, C. Plutzer, M. Pollheimer, C. Storch, R. Trostl, H. Zechmeister, G. Grabherr, "Surrogate taxa for biodiversity in agricultural landscapes of Eastern Austria". Biological Conservation, vol. 117, pp. 181-190, 2004.
- [21] A. Ouattara, "Premières données systématiques et écologiques du phytoplancton du lac d'Ayamé (Côte d'Ivoire)". Thèse de l'Université Catholique Leuven, Belgique, p. 200, 2000.

Establishment of a mathematical relationship to correlate fleet size with equipment availability in open pit mine, using curve-fitting techniques: A case study of Mashamba copper deposit in the Democratic Republic of Congo)

Patrick Mukonki May and Augustin Muhota Kawinda

Mining Engineering Department, University of Lubumbashi, Faculty of Engineering, University of Lubumbashi, Lubumbashi, Haut-Katanga province, RD Congo

Copyright © 2017 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: Mashamba open pit mine is located 10 km southeast of Kolwezi town, in one of the richest copper areas of the Democratic Republic of Congo. The copper deposit block model has been run through mine optimization and provided a life of mine (LOM) of 6 years within four major pushbacks. The optimization process involved the use of NPV scheduler Datamine software (Lersch-Grossman algorithm). The ultimate pit and pushback designs have been executed using Minesight software. The haulage analysis has been conducted for the entire LOM of the deposit using the Minesight Haulage tool. Initial simulation of truck fleet size was done assuming a truck availability of 85%. However, it has since been observed that in practice, 85% availability over the entire life of the mine will be an unrealistic target it was therefore interesting to conduct a set of scenarios using the Minesight haulage tool to vary the availability and to compare the fleet size variation. In this paper, curve-fitting techniques have been used to observe, analyse, and establish a mathematical relationship to correlate dump truck availability and fleet size data, and to determine how strongly the two variables are correlated. Despite the fact that the mathematical equation and correlation factor calculated in this case study are not expected to lead to a replacement of haulage software packages, they were found to be helpful tools for quickly predicting the fleet size (number of trucks required for the entire mine life) based on a given set of truck availabilities at Mashamba open pit.

KEYWORDS: Ordinary linear regression, analysis of variance, haulage, open pit mine, correlation factor.

1 INTRODUCTION

Load and haul plays an important role among the four fundamentals mining operations (drilling, blasting, load and haul). In some cases, haulage may represent a substantial proportion of the total mining cost. Existing mine planning processes and techniques, (mine optimization, pushback analysis, and mine scheduling) calculate the size of the fleet from the quantities of ore and waste required to be moved in in terms of the mine plan. Mashamba East open pit mine has been optimized and developed to produce approximately 3 Mt of ore and 30 Mt of waste per year during a life of mine (LOM) of 6 years. The investor (Katanga Mining Limited) intends to use the Caterpillar 777F dump truck series and diesel CAT 6030 FS front-end shovels. Both trucks and shovels were assumed to be running at 85% equipment availability. From experience in the neighbouring open pit mines(KOV pit, T-17 pit), concerns have been raised that such a high availability over the entire life of the mine is over-optimistic, taking into account factors such as in-pit groundwater, mud, and ground conditions that affect tyres, radiators, suspensions, etc. and contribute strongly to lower the availability. A multiple scenario fleet size data-set has been compiled using the Minesight Haulage Tool, in which, truck availabilities were varied from 85% to 65% along the life of the mine, and it appears that there is a certain correlation between fleet size and truck availabilities. This paper discusses the approach that has been implemented to calculate the correlation.

1.1 SITE LOCATION

Mashamba open pit is located in the Kolwezi area in the south of the Democratic Republic of Congo (DRC), close to the border with Zambia (Figures 1 and 2), and forms part of a larger sedimentary deposit located in the Central African Copperbelt. The geological settings are summarized in Figure 3.

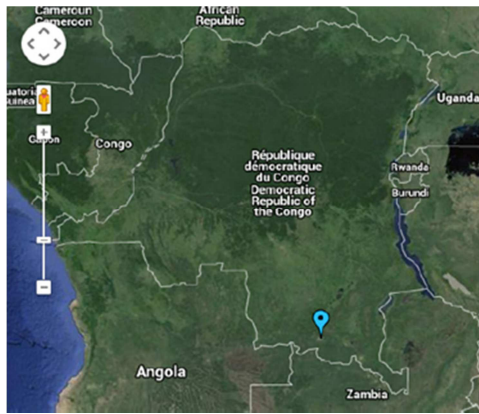


Fig. 1. Kolwezi town location.

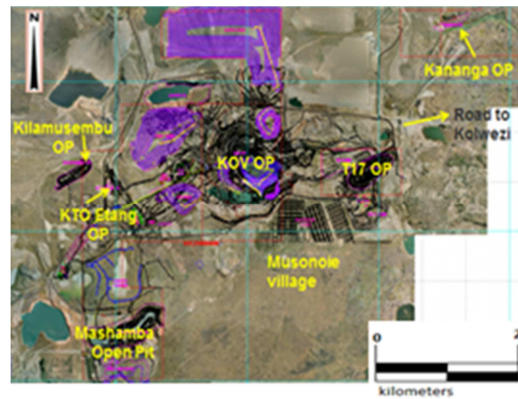


Fig 2. Mashamba open pit mine location in the Kolwezi district

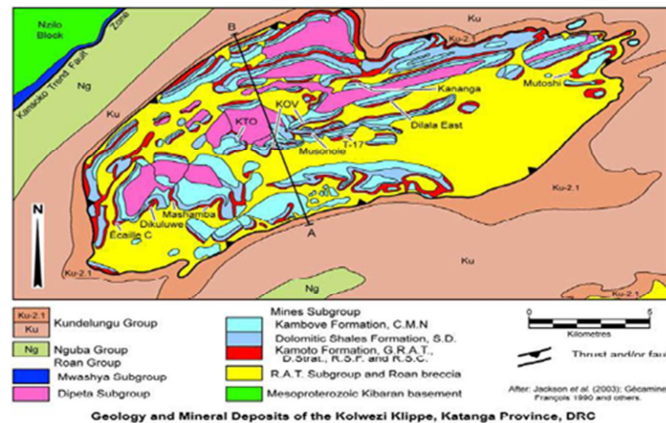


Fig 3. Mashamba open pit geological settings

1.2 HISTORICAL CONTEXT AND OWNERSHIP

Kamoto Copper Company SA (KCC) has owned the material assets since 2006, including the mining and exploitation rights related to the mining assets. Katanga Mining Limited (KML) holds a 75% stake in KCC. La Generale des Carrieres ET des Mines (GCM) and La Société Immobilière du Congo (SIMCO), state-owned mining companies in the DRC, own the other 25% of KCC. Table I summarizes the different permits that the company acquired in order to operate legally in the DRC.

Table 1. Kamoto Copper Company permits that include the Mashamba open pit mine

Property	Exploitation permit number no.	Rights granted	Holder	Area of title	Valid until
Kamoto underground mine and Mashamba East open pit	PE525	Cu, Co and associated minerals	KCC	13 blocks, 11.04 km ²	03/04/2024 Renewable
T-17 open pit	PE11602	Cu, Co, nickel and gold	KCC	2 blocks, 1.698 km ²	03/04/2024 Renewable
Extension of Kananga	PE11601	Cu, Co, nickel and gold	KCC	1 block, 0.849 km ²	07/05/2022 Renewable
KOV open pit	PE4961	Cu, Co and associated minerals + use of surface	KCC	10 blocks, 8.49 km ²	03/04/2024 Renewable
Tilwezembe open pit	PE4963	Cu, Co and associated minerals + use of surface	KCC	9 blocks, 7.64 km ²	03/04/2024 Renewable
Kananga Mine	PE4960	Cu, Co and associated minerals + use of surface	KCC	13 blocks, 11.04 km ²	03/04/2024 Renewable

2 METHODOLOGY

Haulage data per year was generated using a yearly-defined haulage network. The haulage network consists of a bench centroid or a source point, a tie node, and destination nodes (ore stockpile or waste dump locations). In this analysis, a different haulage network was used for every year, because bench centroids locations are variable due to the annual mining schedule. Figure 4 and 5 illustrates an example haulage network per year. To accommodate severe ground conditions, a 7% rolling resistance and a maximum haul speed of 40 km/h were applied. A 5% variation range was applied every year to simulate a realistic drop in availability, as shown in Tables 2–5. Years 5 and 6 had to be omitted from this experiment due to the small amount of data generated by the Minesight Haulage tool (requires only three trucks, all of them allocated mostly to ore mining). An optimal equipment utilization of 90% was assumed.

The Minesight Haulage tool uses an SQL database to link the haulage network to the block model via an ODBC (open database connectivity) connection, to determine which material (ore or waste) goes where (mill or waste dump). The rolling resistance, ramp gradient, and equipment availability are added as constraints while the number of required trucks is calculated. The amount of material to be hauled is then evaluated, based on the pit design contained quantities; at the same time, equipment hours required to achieve production are determined. Every year, based on the 5% variation in the availability, it is possible to predict the fleet size. The correlation factor and a regression equation are calculated to help formulate the analysis as a mathematical relationship.

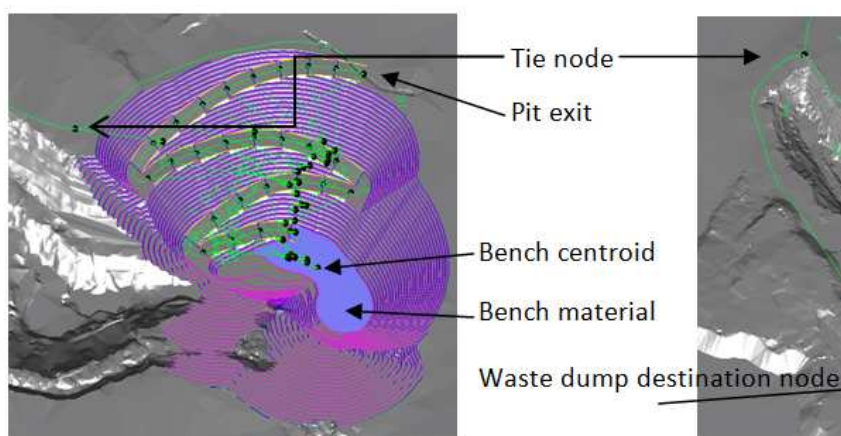


Fig 4. Mashamba open pit mine haulage network example

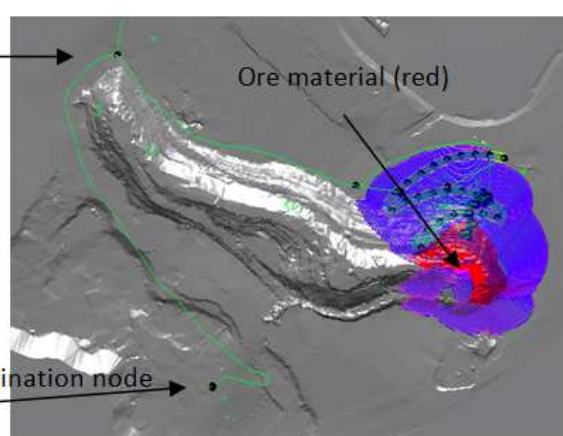


Fig 5. Detailed haul network

2.1 STATISTICAL APPROACH

As stated previously, data was gathered yearly to obtain a clear context or variation domain of the availability and the fleet size.

2.2 DATA DISTRIBUTION

This study is based on the principle that availability is an input (X), and the fleet size is an output (Y). From a statistical point of view, this is termed a single-response variable analysis. Before making any calculation, it is good to know whether the data is distributed linearly or not. Tables 2–5 and Figures 6–9 summarize the data.

Table 2. Year1 data distribution

Year1	Truck availability	#Haulers
Observation 1	85	13.40
Observation 2	84	13.56
Observation 3	83	13.73
Observation 4	82	13.89
Observation 5	81	14.07
Observation 6	80	14.24

Table 3. Year2 data distribution

Year2	Truck availability	#Haulers
Observation 1	79	13.99
Observation 2	78	14.17
Observation 3	77	14.35
Observation 4	76	14.54
Observation 5	75	14.74

Table 4. Year3 data distribution

Year3	Truck availability	#Haulers
Observation 1	74	12.66
Observation 2	73	12.83
Observation 3	72	13.01
Observation 4	71	13.19
Observation 5	70	13.38

Table 5. Year4 data distribution

Year4	Truck availability	#Haulers
Observation 1	69	17.31
Observation 2	68	17.56
Observation 3	67	17.83
Observation 4	66	18.10
Observation 5	65	18.37

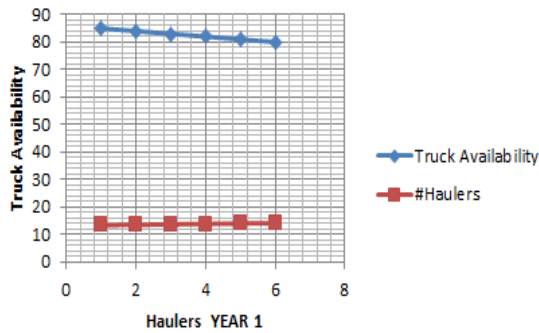


Fig 6.Year1 graphical data distribution.

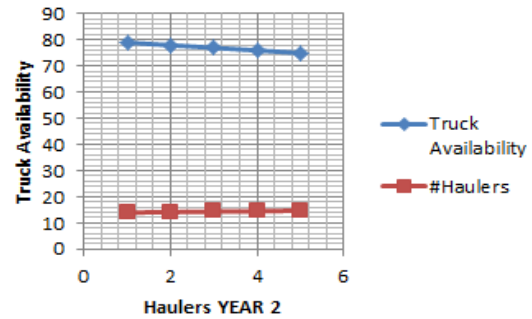


Fig 7.Year2 graphical data distribution.

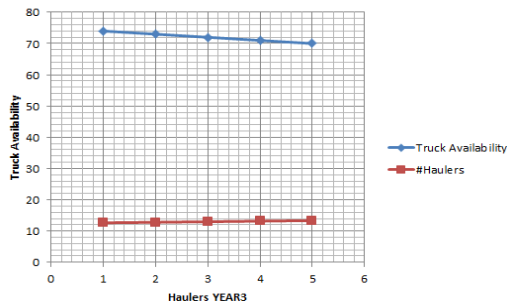


Fig 8.Year3 graphical data distribution.

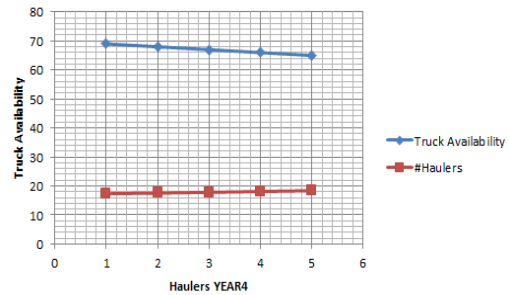


Fig 9.Year4 graphical data distribution

2.3 ORDINARY LEAST-SQUARES REGRESSION (OLS)

Based on the preceding observations, the mathematical relationship was established using an ordinary least-squares regression (OLS) approach, since according to the graphical distributions, the linear approach was the best to apply.

2.4 LINEAR REGRESSION APPROACH (LR)

In order to apply the LR approach to the data, the variable (X) will be the availability, which is supposed to vary in one single year by 5% (yearly variation domain), and the number of required trucks (haulers), will be the function (Y). The aim in this analysis is to generate a straight-line mathematical relationship using the general formula $Y = ax + b$, where 'a' is the slope of the line of best fit and represents the regression coefficient. The regression coefficient describes how the number of trucks varies when the availability varies by a single unit (here the unit is 1% increase inside the variation domain).

2.5 THE DATA ANALYSIS ADD-IN IN EXCEL

The compiled data-set was processed using the Excel data analysis tool to produce the linear regression equation for a single variable response.

2.6 DATA OUTPUT NAMING CONVENTION

Several papers, courses, tutorials are available to explain the details, but the discussion here is restricted to the output section in order to make the findings easy to understand by the reader. In the ANOVA (analysis of variance) section, the calculator determines the best set of the coefficients that will be applied to the equation and evaluates the standard error related to the determination of those coefficients (a and b in the linear equation $Y = ax + b$). The ANOVA determines quantities like the degree of freedom (df) associated with the mean square (MS), and also the sum of squares (SS). In addition, the ANOVA also conducts a test of significance and determines the so-called F-numbers (F). The regression statistics spreadsheet provides the adjusted R-square factor, the correlation factor between X (truck availability) and Y (trucks required).

2.7 YEARLY RESULTS FOR THE REGRESSION CALCULATION

- Year 1 Results

The regression results for the first year are shown in Tables 6–8.

Table 6. Year 1 regression results summary.

Regression statistics	
Multiple R	0.9998
R-square	0.9997
Adjusted R-square	0.9996
Standard error	0.0062
Observations	6.0000

Table 7. Year1 ANOVA results summary.

	df	SS	MS	F	Significance F			
Regression	1	0.4911	0.4911	12,749.7	3.68915E-08			
Residual	4	0.0002	0.0000					
Total	5	0.4913						
	Coefficients	Standard error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	27.6369	0.1224	225.745	0.0000	27.2970	27.976	27.297	27.976
TruckAvail	-0.1675	0.0015	-112.91	0.0000	-0.1716	-0.163	-0.1716	-0.1634

Table 8. Year1 residual results summary

Residual output				Probability output	
Observation	Predicted #haulers	Residuals	Standard residuals	Percentile	#Haulers (rounded)
1	13.40	0.01	1.21	8.33	14
2	13.57	0.00	-0.23	25.00	14
3	13.73	-0.01	-0.97	41.67	14
4	13.90	-0.01	-0.99	58.33	14
5	14.07	0.00	-0.26	75.00	14
6	14.24	0.01	1.23	91.67	15

- Year 2 Results

The regression results for the year 2 are shown in Tables 9–11.

Table 9. Year 2 regression results summary.

Regression statistics	
Multiple R	0.9998
R-square	0.9997
Adjusted R-square	0.9996
Standard error	0.0052
Observations	5.0000

Table 10. Year2 ANOVA results summary.

	df	SS	MS	F	Significance F			
Regression	1	0.3479	0.3479	12,697.65	1.54086E-06			
Residual	3	8.22E-05	2.74E-05					
Total	4	0.34800						
	Coefficients	Standard error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	28.7218	0.1274	225.3033	1.92E-07	28.3161	29.127	28.32	29.127
TruckAvail	-0.1865	0.0016	-112.684	1.54E-06	-0.19179	-0.181	-0.191	-0.181

Table 11. Year2 residual results summary

Residual output				Probability output	
Observation	Predicted #haulers	Residuals	Standard residuals	Percentile	#Haulers (rounded)
1	13.98	0.004808	1.060	10	14
2	14.17	-0.00234	-0.51762	30	14
3	14.36	-0.00484	-1.06943	50	15
4	14.54	-0.00249	-0.55071	70	15
5	14.73	0.004883	1.077147	90	15

- Year 3 Results

The regression results for the year3 are shown in Tables 12–14.

Table 12. Year 3 regression results summary.

Regression statistics	
Multiple R	0.9998
R-square	0.9997
Adjusted R-square	0.9996
Standard error	0.0054
Observations	5.0000

Table 13. Year3 ANOVA results summary.

	df	SS	MS	F	Significance F			
Regression	1	0.3269	0.3479	11,099.72	1.8852E-06			
Residual	3	8.83E-05	2.94E-05					
Total	4	0.3270						
	Coefficients	Standard error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	26.035827	0.12360	210.6413	2.35E-07	25.6424	26.4291	25.642	26.429
TruckAvail	-0.1808	0.00171	-105.355	1.88E-06	-0.1862	-0.1753	-0.186	-0.175

Table 14. Year3 residual results summary.

Residual output				Probability output	
Observation	Predicted #haulers	Residuals	Standard residuals	Percentile	#Haulers (rounded)
1	12.65	0.004985	1.060	10	13
2	12.83	-0.00243	-0.51794	30	13
3	13.01	-0.00502	-1.06827	50	13
4	13.19	-0.00259	-0.55190	70	13
5	13.37	0.005065	1.077549	90	14

- Year 4 Results

The regression results for the year 4 are shown in Tables 15–17.

Table 15. Year 4 regression results summary.

Regression statistics	
Multiple R	0.9998
R-square	0.9997
Adjusted R-square	0.9996
Standard error	0.0086
Observations	5.0000

Table 16. Year4 ANOVA results summary

	df	SS	MS	F	Significance F			
Regression	1	0.70889	0.70889	9611.344	2.339E-06			
Residual	3	0.00022	7.37E-05					
Total	4	0.70911						
	Coefficients	Standard error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	35.67	0.1819	196.0008	2.93E-07	35.097	36.2511	35.09	36.25
TruckAvail	-0.266	0.0027	-98.037	2.34E-06	-0.2748	-0.2576	-0.274	-0.257

Table 17. Year 4 residual results summary

Residual output				Probability output	
Observation	Predicted #haulers	Residuals	Standard residuals	Percentile	#Haulers (rounded)
1	17.30	0.00787	1.05946	10	18
2	17.56	-0.0038	-0.5156	30	18
3	17.83	-0.00794	-1.0686	50	18
4	18.09	-0.00411	-0.5536	70	18
5	18.37	0.00802	1.07847	90	19

- Summary Equations from year1 to year4

Yearly equations are expressed as follow:

$$Y = -0.1675X + 27.63 \quad (1)$$

$$Y = -0.1865X + 28.72 \quad (2)$$

$$Y = -0.1808X + 26.03 \quad (3)$$

$$Y = -0.2667X + 35.67 \quad (4)$$

3 FINDINGS AND COMMENTS

The results show a strong linear relationship between equipment availability and fleet size and a correlation factor of $r = 0.99$ for the four years. This indicates that in 99% of cases, the fleet size variable (Y) is explained by the availability variable (X). Despite changes in bench centroid locations and occasional changes in the waste dumping location (from year 1 to year 2, for example), every year seems to carry with it a much stronger linear mathematical relationship that increases the fleet size by one truck every year when availability vary in a range of 5% yearly. The findings demonstrate that the fleet size variation equation or function is spatially independent, meaning that the haulage network 3D configuration does not affect the strong linear relationship between the availability and the fleet size.

4 CONCLUSION

For the Mashamba East open pit mine, there is a demonstrated linear correlation between equipment availability and fleet size. In the given 3D conditions, and in field conditions, despite geometric changes in the haulage network, the correlation seems to persist and to show a fleet size increase of one truck when availability drops by 5%. This analysis is not intended as a tool to be used as a substitute for a conventional mining haulage package, but the study has shown that this mathematical relationship is independent of a three-dimensional representation of a haul network that evolves spatially. This study is not complete; the findings are promising but the method needs to be applied to larger and more complex open pit mines with multiple waste dumping locations and ore stockpiles to check for a stronger validation of the findings.

REFERENCES

- [1] A. Gellman and J. Hill: *Data Analysis Using Regression and Multilevel / Hierarchical Models Analysis*, 1st Ed. Cambridge University Press, UK. 2006
- [2] W. Hustrulid and M. Kuchta: *Open pit Mine planning and design. vol.1 - Fundamentals*. 3rdEd. Balkema, Rotterdam–Brookfield. 1998
- [3] B. Jayanta: *Principles of Mine planning*. 2ndEd. Allied Publishers, New Delhi, India. 2007
Ritchiespecs, Caterpillar 777 trucks [Online] Available:
<http://www.ritchiespecs.com/specification?type=Co&category=Rock+Truck&make=Caterpillar&model=777&modelid=93323>
- [4] Caterpillar. Diesel shovels 6030/6030FS ,
[Online] Available: http://www.cat.com/en_ZA/products/rental/equipment/hydraulic-mining-shovels/hydraulic-mining-shovels/18429148.html

Détection de l'activité enzymatique pectinolytique et cellulolytique des champignons responsables de la pourriture des pommes en conservation

Karima Selmaoui, Amina Ouazzani Touhami, Afifa Mouria, Rachid Benkirane, and Allal Douira

Université Ibn Tofaïl, Faculté des Sciences, Laboratoire de Botanique, Biotechnologie et de Protection des Plantes, B.P. 133, Kenitra, Maroc

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The aim of this study is to detect *in vitro* activity of pectinolytic enzymes (trans-eliminase polygalacturonase and pectin) and cellulolytic five fungal species responsible for rotting apples: *Alternaria alternata* (E and S), *Penicillium* sp. (P), *Trichoderma* sp. (Tr), *Trichothecium roseum* (Tc) and *Fusarium avenaceum* (F).

Lyase activity pectine of these fungi is low during the first days of pectin degradation process but increases with age of cultures. The most important activity was recorded in *Alternaria alternata* (0,146 U) and *Trichothecium roseum* (0,100 U) followed by *Trichoderma* sp. (0,078 U). The lowest activity was observed in *Penicillium* sp. and *Fusarium avenaceum*.

The estimated activity of polygalacturonase is important during the first days of pectin degradation by fungi and decreases during this process. *Alternaria* showed a very significant activity (0,146U) compared to other fungi. However, the polygalacturonase activity is very low in *Trichothecium roseum* (0,0012U) and the important cellulolytic activity was detected in *Fusarium avenaceum* (0,0384 U).

KEYWORDS: Enzymatic activity, fungi, rot, apples, storage.

RÉSUMÉ: L'objectif de cette étude est de détecter, *in vitro*, l'activité des enzymes pectinolytiques (pectine trans-éliminase et polygalacturonase) et cellulolytiques de cinq espèces fongiques, responsables des pourritures des pommes: *Alternaria alternata* (deux isolats E et S), *Penicillium* sp. (P), *Trichoderma* sp. (Tr), *Trichothecium roseum* (Tc) et *Fusarium avenaceum* (F).

L'activité pectine lyase de tous ces champignons est faible durant les premiers jours du processus de dégradation de la pectine mais augmente avec l'âge des cultures. L'activité la plus importante a été enregistrée chez *Alternaria alternata* (0,146 U) et *Trichothecium roseum* (0,100U) suivie par *Trichoderma* sp. (0,078U). L'activité la plus faible a été observée chez *Penicillium* sp. et *Fusarium avenaceum*.

L'activité de la polygalacturonase estimée est importante durant les premiers jours de dégradation de la pectine par les champignons étudiés et diminue durant ce processus. C'est *Alternaria alternata* qui a montré une activité très importante par rapport aux autres champignons (0,146U). Par contre, l'activité de la PG estimée chez *Trichothecium roseum* est très faible (0,0012U).

L'activité cellulolytique la plus importante a été détectée chez *Fusarium avenaceum* (0,0384U).

MOTS-CLEFS: activité enzymatique, champignons, pourriture, pommes, conservation.

1 INTRODUCTION

Il est facile de prouver la présence de toxines et des enzymes dans les filtrats de culture des champignons, mais il est difficile de lier cette constatation à l'étiologie de la maladie. L'isolement de composés biologiquement actifs au niveau des tissus des plantes malades est indispensable pour prouver l'implication de ces molécules dans la pathogénèse. Ainsi, par

exemple, les enzymes pectinolytiques (polygalacturonase et pectine trans-éliminase) sont fréquemment produites par les champignons et les bactéries dans les tissus malades de l'hôte [4].

Dans le cas de *Penicillium digitatum*, agent causal de la pourriture de citronnier, les parois des tissus sont altérées par des enzymes produites en même temps, telles que la polygalacturonase [5] et la pectine méthylesterase (PME) [6]. Ces derniers auteurs ont montré que ces enzymes n'agissent que lorsqu'elles se trouvent ensemble.

D'autres enzymes pectinolytiques sont également responsables de l'altération des tissus de l'hôte. La pectine méthylesterase a été signalée dans le cas des pourritures des fruits de citron causées par *Penicillium italicum*, *P. digitatum*, *Glomerella cingulata* et *Alternaria citri* (Gorlenko et Ordzhonikidze, 1974). La dépolymérase et la polyméthylgalacturonase ont été rapportées respectivement dans les cas de la pourriture grise due à *Botrytis cinerea* [27] et la pourriture de la patate douce due à *Rhizoctonia stolonifer* [23] ; [24] ; [25].

Les enzymes cellulolytiques sont produites par un nombre élevé de micro-organismes, dont un grand nombre de champignons [22] ; [7]. Ces enzymes peuvent être utilisées pour transformer et dégrader divers matériaux et molécules polluants et toxiques [8] mais n'ont qu'un rôle partiel dans la pathogénie dans le cas de la relation hôte-parasite [9] ; [14] ; [3] ; [26]. Cependant, il a été rapporté que la cellulase peut ne pas être importante dans l'étape précoce de développement de la maladie, mais il semble que cette enzyme a un effet considérable dans l'étape tardive du processus de la pathogénèse en s'attaquant à la cellulose microfibrillaire (Wood, 1970) [29].

L'objectif de cette étude est de détecter *in vitro* l'activité des enzymes pectinolytiques (pectine trans-éliminase et polygalacturonase) et cellulolytiques (C.M. cellulase) qui peuvent être impliquées dans la macération des tissus des pommes infectés par *Alternaria alternata*, *Penicillium* sp., *Trichoderma* sp., *Trichothecium roseum* et *Fusarium avenaceum*.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 ISOLATS ET MILIEU DE CULTURE UTILISÉS

Cinq espèces fongiques, responsables des pourritures des pommes, ont fait l'Object d'une étude de l'activité des enzymes pectinolytiques et cellulolytiques : *Alternaria alternata* (Deux isolats E et S), *Penicillium* sp. (P), *Trichoderma* sp. (Tr), *Trichothecium roseum* (Tc) et *Fusarium avenaceum* (F).

Des erlens meyers de 250 ml contenant 50 ml du milieu Tanaka (milieu minéral additionné d'extrait de levure: 1g/1000 ml) sont ensemencés chacun avec quatre boutures mycéliennes provenant des cultures jeunes des champignons étudiés. La pectine ou la cellulose (1%) sont utilisées comme source unique de carbone. Les erlens meyers sont incubés à 25°C en agitation (60 oscillations par minute).

Après 4, 8, 12 et 18 jours d'incubation, le mycélium des champignons est récupéré par filtration sous vide. Le poids de la matière sèche, a été déterminé en portant le mycélium à l'étuve à 60°C pendant 24 heures. Les filtrats obtenus sont directement utilisés pour le dosage de l'activité enzymatique.

2.2 DOSAGE DE L'ACTIVITÉ PECTINE LYASE (PECTINE TRANS-ÉLIMINASE)

L'activité pectine lyase a été déterminée selon la technique de Jerebzoff- Quintin et Jerebzoff (1980) [13]. Le mélange qui contient 1,5 ml de filtrat de culture, 2,5 ml de pectine (1%) (préparé dans le tampon tris HCL à 0,1M et à pH = 9) et 1 ml de CaCl₂ (0,005 M) est incubé à 30°C pendant 75 min. Après ce temps, un produit réactionnel, constitué de 0,67 ml de HCl (0,1M) et 1,33 ml de l'acide thiobarbiturique (0,04M), est ajouté à ce mélange. Après chauffage du mélange à 100°C pendant 30 min et centrifugation (10000 g pendant 12 min), le surnageant est utilisé pour la lecture de la densité optique à 550 nm. La valeur enregistrée donne directement l'activité enzymatique exprimée par micro mole de substrat par minute (Jerebzoff- Quintin et Jerebzoff, 1980; El Aissami, 1990) [13] ; [10].

Le témoin essai qui contient 1,5 ml du filtrat de culture et 1ml de CaCl₂ (0,005 M) et le témoin substrat qui contient 2,5ml de pectine (1%) (préparé dans le tampon Tris HCl à 0,1 M et à pH = 9) et 1ml de CaCl₂ (0,005M) sont réalisés dans les mêmes conditions que précédemment.

2.3 DOSAGE DE L'ACTIVITÉ POLYGALACTURONASE ET DE LA C.M. CELLULASE (Cx)

La technique utilisée est celle décrite par [28] ; [17]. Les solutions sont préparées selon la composition suivante :

Solution A : 971 mg de disodium 2,2'-bicinchoninate sont dissous dans une solution de 450 ml d'eau distillée contenant 31,75 mg de Na₂CO₃, H₂O et 12,1 g de NaHCO₃. Ce mélange est ajusté à 500 ml. La solution peut rester stable durant 4 semaines si elle est conservée dans un endroit sombre et frais.

Solution B : 624 mg de CuSO₄, 5H₂O et 631 mg de la L-serine sont dissous dans 450 ml d'eau distillée et le mélange est ajusté à 500 ml. Ensuite, la solution est stockée dans un flacon sombre au réfrigérateur pendant 4 semaines

2.4 PROCÉDURE STANDARD D'ESSAI

0,2 ml de substrat (0,2% de pectine ou de CMC préparée dans le tampon citrate phosphate (PCA)) auquel est ajouté 0,2 ml de filtrat de culture et 0,4 ml du tampon PCA (à 50 mM et à pH = 5,2). Ce mélange est incubé à 30°C pendant 5 heures. Par la suite, 0,2 ml est prélevé et mélangé à 0,8 ml d'eau distillée, 0,5 ml de la solution A et 0,5 ml de la solution B. Après 15 min à 100°C, le mélange est lacé pendant 20 min dans les conditions ambiantes. La lecture de la densité optique s'effectue à l'aide d'un spectrophotomètre à 540 nm.

2.5 TÉMOIN ESSAI

L'activité enzymatique est mesurée dans un mélange, contenant 0,2 ml de filtrat de culture et 0,4 ml du tampon PCA, incubé à 30°C pendant 5 heures. 0,2 ml est prélevée et mélangée avec 0,8 ml d'eau distillée, 0,5 ml de la solution A et 0,5 ml de la solution B. Ce mélange est incubé à 100°C pendant 15 min puis dans les conditions ambiantes pendant 20 min. La densité optique est déterminée comme précédemment.

Pour le Témoin substrat qui contient 0,2 ml de substrat et 0,4 ml du tampon PCA et le témoin blanc qui renferme 1 ml de l'eau distillé, 0,5 ml de la solution A et 0,5 ml de la solution B, on a suivi la même procédure que celle établit auparavant pour le témoin essai.

2.6 GAMME ÉTALON

La gamme étalon du dosage des sucres réducteurs a été préparée avec le glucose et l'acide galacturonique (0- 5- 10- 20- 25- 35- et 55 nmol) respectivement pour les activités C.M. cellulase et polygalacturonase. L'unité de l'activité enzymatique (U) est exprimée en nmol par minute à 30°C [17].

3 RÉSULTATS

3.1 ESTIMATION DU POIDS SEC DU MYCÉLIUM DES DIFFÉRENTS CHAMPIGNONS

Le poids sec du mycélium (exprimé en mg/50 ml du milieu de culture) a été estimé 4, 8, 12 et 16 jours après incubation des cultures en milieu liquide additionnée de pectine ou de CMC. Cette estimation du poids sec en fonction de la source de carbone représente un moyen préliminaire de détection des activités de certaines enzymes de dégradation de la paroi cellulaire.

Les tableaux 1 et 4 illustrent la variation du poids sec du mycélium en fonction de l'âge des différentes cultures. Tous les champignons testés ont montré une croissance mycélienne de plus en plus importante en fonction de l'âge. En effet, les valeurs du poids sec enregistrées augmentent au fur et à mesure que l'âge des cultures est important pour atteindre une valeur maximale au 16^{ème} jour et ceci pour tous les champignons testés en présence de la pectine ou de la CMC.

Sur milieu additionnée de pectine, et après 16 jours d'incubation, la valeur la plus élevée du poids sec a été enregistrée pour les isolats E et S d'*Alternaria alternata* suivi de *Penicillium* sp. , *Trichothecium roseum* et *Trichoderma* sp. La plus faible valeur a été observée pour *Fusarium avenaceum*.

Sur milieu additionné de cellulose et au 16^{ème} jour, les valeurs du poids sec les plus élevées ont été enregistrées pour *Fusarium avenaceum* et l'isolat E d'*Alternaria alternata* suivis par l'isolat S d'*Alternaria alternata* et de *Penicillium* sp., alors que les valeurs les plus faibles ont été obtenues pour *Trichoderma* spp. et *Trichothecium roseum* (tableau 3).

Tableau 1 : Comparaison du poids sec des différents champignons développés sur la pectine en fonction de l'âge des cultures pour un même niveau de traitement de champignon.

Champignons	Age de la culture			
	4 jours	8 jours	12 jours	16 jours
E	0,085 ^a	0,106 ^a	0,122 ^a	0,287 ^a
S	0,035 ^d	0,088 ^b	0,121 ^a	0,160 ^b
P	0,066 ^b	0,084 ^c	0,085 ^b	0,100 ^c
Tc	0,037 ^c	0,056 ^d	0,080 ^b	0,090 ^{cd}
Tr	0,025 ^e	0,025 ^f	0,037 ^d	0,078 ^d
F	0,019 ^f	0,044 ^e	0,044 ^c	0,052 ^e

Tableau 2 : Comparaison du poids sec des différents champignons développés sur la pectine en fonction de l'âge des cultures pour un même niveau de traitement âge.

Age de la culture	Champignons					
	E	S	P	Tc	Tr	F
4 jours	0,085 ^d	0,035 ^d	0,066 ^c	0,025 ^c	0,037 ^c	0,019 ^c
8 jours	0,106 ^c	0,088 ^c	0,084 ^b	0,025 ^c	0,056 ^b	0,044 ^b
12 jours	0,122 ^b	0,121 ^b	0,085 ^a	0,037 ^b	0,080 ^a	0,045 ^b
16 jours	0,287 ^a	0,160 ^a	0,100 ^a	0,078 ^a	0,090 ^a	0,052 ^a

Sur la même colonne, deux résultats suivis par la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% (test L.S.D).

E et S : isolats d'*Alternaria alternata*

P: *Penicillium* sp.

Tr: *Trichoderma* sp.

Tc: *Trichothecium roseum*

F: *Fusarium avenaceum*

Tableau 3 : Comparaison du poids sec des différents champignons développés sur la CMC en fonction de l'âge des cultures pour un même niveau de traitement de champignon.

Champignons	Age de la culture			
	4 jours	8 jours	12 jours	16 jours
E	0,025 ^b	0,033 ^b	0,044 ^a	0,252 ^a
S	0,023 ^c	0,027 ^c	0,036 ^b	0,147 ^b
P	0,007 ^f	0,012 ^e	0,034 ^c	0,043 ^c
Tc	0,014 ^d	0,025 ^d	0,025 ^d	0,037 ^e
Tr	0,011 ^e	0,013 ^e	0,034 ^c	0,0041 ^d
F	0,035 ^a	0,039 ^a	0,043 ^a	0,052 ^a

Tableau 4 : Comparaison du poids sec des différents champignons développés sur la CMC en fonction de l'âge des cultures pour un même niveau de traitement âge.

Age de la culture	Champignons					
	E	S	P	Tc	Tr	F
4 jours	0,025 ^c	0,023 ^d	0,007 ^d	0,011 ^d	0,014 ^c	0,035 ^d
8 jours	0,033 ^b	0,027 ^c	0,012 ^c	0,013 ^c	0,025 ^b	0,039 ^c
12 jours	0,044 ^b	0,036 ^b	0,034 ^b	0,034 ^b	0,025 ^b	0,043 ^b
16 jours	0,052 ^a	0,047 ^a	0,043 ^a	0,041 ^a	0,037 ^a	0,052 ^a

Sur la même colonne, deux résultats suivis par la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% (test L.S.D).

E et S : isolats d'*Alternaria alternata*

P : *Penicillium* sp.

Tr: *Trichoderma* sp.

Tc: *Trichothecium roseum*

F : *Fusarium avenaceum*

3.2 DOSAGE DE L'ACTIVITÉ PECTINE LYASE (PECTINE TRANS-ÉLIMINASE)

Le dosage de l'activité pectine lyase par la mesure de la densité optique a enregistré des valeurs faibles durant les premiers jours du processus de dégradation de la pectine mais augmente avec l'âge des cultures et ceci pour tous les champignons testés (tableau 6).

Au 16^{ème} jour, l'activité de la PTE la plus importante a été enregistrée chez l'isolat E d'*Alternaria alternata* et *Trichothecium* sp. Les valeurs les plus faibles ont été obtenues pour *Penicillium* sp. et *Fusarium avenaceum* (tableau 5).

Tableau 5 : Comparaison de l'activité pectine lyase (trans-éliminase) des différents champignons testés pour un même niveau de traitement âge.

Champignons	Age de la culture			
	4 jours	8 jours	12 jours	16jours
E	0,066 ^b	0,072 ^c	0,076 ^b	0,146 ^a
S	0,065 ^b	0,074 ^b	0,077 ^b	0,087 ^c
P	0,058 ^c	0,062 ^e	0,066 ^c	0,067 ^e
Tc	0,051 ^e	0,065 ^d	0,067 ^c	0,078 ^d
Tr	0,094 ^a	0,096 ^a	0,096 ^a	0,100 ^b
F	0,056 ^d	0,059 ^f	0,063 ^d	0,072 ^{de}

Tableau 6 : Comparaison de l'activité pectine lyase (trans-éliminase) des différents champignons testés pour un même niveau de traitement champignon.

Age de la culture	Champignons					
	E	S	P	Tc	Tr	F
4 jours	0,066 ^d	0,065 ^d	0,058 ^d	0,094 ^a	0,051 ^d	0,056 ^d
8 jours	0,072 ^c	0,074 ^c	0,062 ^c	0,096 ^a	0,065 ^c	0,059 ^c
12 jours	0,076 ^b	0,077 ^b	0,066 ^b	0,096 ^a	0,067 ^b	0,063 ^b
16jours	0,146 ^a	0,087 ^a	0,067 ^a	0,100 ^a	0,078 ^a	0,072 ^a

Sur la même colonne, deux résultats suivis par la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% (test L.S.D).

E et S : isolats d'*Alternaria alternata*

P : *Penicillium* sp.

Tr: *Trichoderma* sp.

Tc: *Trichothecium roseum*

F : *Fusarium avenaceum*

3.3 DOSAGE DE L'ACTIVITÉ DE LA POLYGALACTURONASE

L'activité de la polygalacturonase (PG) des différents champignons a été détectée en fonction de l'âge. En effet, l'activité de la PG estimée est importante durant les premiers jours de dégradation de la pectine (4 jours) et diminue durant ce processus. Les valeurs enregistrées montrent que les isolats d'*A. alternata* ont une activité très importante par rapport aux autres champignons testés (tableau 7).

Tableau 7 : Comparaison de l'activité polygalacturonase (U) des différents champignons testés pour un même niveau de traitement âge.

Champignons	Age de la culture			
	4 jours	8 jours	12 jours	16 jours
E	0,2830 ^a	0,2410 ^a	0,2300 ^a	0,1467 ^a
S	0,2440 ^b	0,2195 ^b	0,1950 ^b	0,1466 ^a
P	0,1260 ^c	0,1020 ^c	0,0831 ^c	0,0806 ^b
Tc	0,1051 ^d	0,0874 ^d	0,08029 ^c	0,0224 ^c
Tr	0,0208 ^e	0,0159 ^e	0,0110 ^d	0,0012 ^d
F	0,0022 ^f	0,0012 ^f	0,0008 ^e	0,0003 ^e

Sur milieu liquide riche en pectine, l'activité PG est maximale après 4 jours de développement de *Penicillium* sp., avec une valeur de 0,1260 (U), et diminue en fonction de l'âge pour atteindre, au 16^{ème} jour une valeur de 0,0806 (U). Cette activité enregistrée pour ce champignon est légèrement inférieure à celle enregistrée pour les isolats d'*A. alternata*.

De même, pour *Trichoderma* sp., l'activité de la PG est importante durant les premiers jours du processus de dégradation de la pectine et diminue avec l'âge. Les valeurs enregistrées pour *Trichoderma* sp. sont moyennes en comparaison à celles obtenues pour *A. alternata* et *Penicillium* sp.

La pectine n'a pas été bien dégradée par *Trichothecium roseum* et *F. avenaceum*, puisque l'activité de la PG estimée de ces deux champignons est faible.

3.4 DOSAGE DE L'ACTIVITÉ DE LA C.M. CELLULASE (Cx)

Tous les champignons étudiés ont montré l'aptitude à produire l'enzyme cellulolytique Cx. Ainsi, l'estimation du taux du glucose dans le milieu de culture liquide a révélé que *F. avenaceum* est plus apte à dégrader la CMC soluble par rapport aux autres champignons étudiés. L'activité cellulolytique de la Cx obtenue est très faible pendant les premiers jours de dégradation de la CMC et augmente en fonction de l'âge pour atteindre un maximum au 16^{ème} jour (tableau 9).

Les valeurs obtenues de l'activité cellulolytique de *Penicillium* sp. et d'*A. alternata* sont moins importantes que celles enregistrées pour *Fusarium avenaceum*. Par ailleurs, l'activité cellulolytique la plus faible a été notée chez *Trichothecium roseum* et *Trichoderma* sp.

De ces résultats, on peut conclure que certains champignons (*A. alternata*, *Penicillium* sp. et *Trichoderma* sp.) ont une activité pectique importante alors que chez d'autres champignons tel que *Fusarium avenaceum*, c'est l'activité cellulolytique qui est la plus dominante.

Tableau 8 : Comparaison de l'activité polygalacturonase (U) des différents champignons en fonction de l'âge des cultures pour un même niveau de traitement champignon.

Age de la culture	Champignons					
	E	S	P	Tc	Tr	F
4 jours	0,2830 ^a	0,2440 ^a	0,1260 ^a	0,0208 ^a	0,1051 ^a	0,0022 ^a
8 jours	0,2401 ^b	0,2195 ^b	0,1020 ^b	0,0159 ^b	0,0874 ^b	0,0012 ^b
12 jours	0,2300 ^c	0,1950 ^c	0,0831 ^c	0,0110 ^c	0,0110 ^b	0,0008 ^c
16 jours	0,1467 ^d	0,1466 ^d	0,0806 ^d	0,0012 ^d	0,0224 ^d	0,0003 ^d

Sur la même colonne, deux résultats suivis par la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% (test L.S.D).

E et S : isolats d'*Alternaria alternata*

P : *Penicillium* sp.

Tr: *Trichoderma* sp.

Tc: *Trichothecium roseum*

F : *Fusarium avenaceum*

Tableau 9 : Comparaison de l'activité cellulolytique (Cx) des différents champignons testés pour un même niveau de traitement âge

Champignons	Age de la culture			
	4 jours	8 jours	12 jours	16 jours
E	0,0046 ^d	0,0063 ^e	0,0382 ^b	0,0703 ^c
S	0,0010 ^e	0,0075 ^b	0,0204 ^d	0,0543 ^d
P	0,0062 ^b	0,0062 ^e	0,0139 ^e	0,0822 ^b
Tc	0,0064 ^b	0,029 ^b	0,0327 ^c	0,0453 ^e
Tr	0,0051 ^c	0,0088 ^c	0,0138 ^f	0,0425 ^f
F	0,0384 ^a	0,0399 ^a	0,0562 ^a	0,1649 ^a

Tableau 10 : Comparaison de l'activité cellulolytique (Cx) des différents champignons en fonction de l'âge des cultures pour un même niveau de traitement champignon

Age de la culture	Champignons					
	E	S	P	Tc	Tr	F
4 jours	0,0046 ^d	0,0010 ^d	0,0062 ^c	0,0064 ^d	0,0051 ^d	0,0384 ^d
8 jours	0,0063 ^c	0,0075 ^c	0,0062 ^c	0,029 ^c	0,0088 ^c	0,0399 ^c
12 jours	0,0382 ^b	0,0204 ^b	0,0139 ^b	0,0327 ^b	0,0138 ^b	0,0562 ^b
16 jours	0,0703 ^a	0,0543 ^a	0,0822 ^a	0,0425 ^a	0,0453 ^a	0,1649 ^a

Sur la même colonne, deux résultats suivis par la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% (test L.S.D).

E et S : isolats d'*Alternaria alternata*

P: *Penicillium* sp.

Tr: *Trichoderma* sp.

Tc: *Trichothecium roseum*

F: *Fusarium avenaceum*

4 DISCUSSION ET CONCLUSION

Dans cette étude, il a été observé que les champignons responsables de la pourriture des pommes sont capables de produire *in vitro* les enzymes pectinolytiques: la polygalacturonase et la pectine lysase. Cette production dépend de l'espèce fongique. En effet, la pectine lysase est importante chez l'isolat E d'*Alternaria alternata* et *Trichothecium roseum*, moyenne chez l'isolat S d'*Alternaria alternata* et *Trichoderma* sp. et faible chez *Penicillium* sp. et *Fusarium avenaceum*. La polygalacturonase est importante chez *A. alternata* et *Penicillium* sp. , moyenne chez *Trichoderma* sp., et très faible chez *Trichothecium roseum* et *Fusarium avenaceum*.

L'activité de la polygalacturonase est très importante durant les premiers jours de dégradation par contre, celle de la pectine trans-éliminase a augmenté avec l'âge des cultures. Ce résultat est identique à celui signalé par [18] qui ont travaillé sur les enzymes pectiques produites par *Botrytis cinerea*.

Plusieurs champignons sont capables de produire *in vitro* les enzymes pectinolytiques. La pectine méthyl-estérase et la polygalacturonase sont produites *in vitro* par les champignons responsables de la pourriture des fruits du citronnier, *Penicillium italicum*, *P. digitatum*, *Colletotrichum* et *Alternaria citri* [12] et sont détectées également dans les filtrats de culture de *Botryodiplodia theobromae* et *Aspergillus aculeatus* [2].

La polygalacturonase produite par *Penicillium italicum* et *P. digitatum* facilite la pénétration des hyphes dans la paroi cellulaire des fruits du citronnier durant le processus de dégradation [6]. Ces auteurs ont signalé que les tissus infectés par *P. italicum* présentent une déméthylation importante de la pectine, un gonflement de la paroi cellulaire et une plasmolyse des cellules. Il a été observé également que la dissolution de la paroi cellulaire n'a eu lieu que lors de la pénétration des hyphes de *P. digitatum* dans les tissus de l'hôte.

Le rôle que peuvent jouer les enzymes pectiques dans la pathogénèse d'*Aspergillus aculeatus* et *Botryodiplodia theobromae* a été montré par Adisa et Fajola [2]. Ainsi, l'application de la PTE et la PG aux oranges provoquent une

macération rapide des tissus. D'autres travaux ont montré que l'altération des tissus de la patate douce est due aux enzymes pectinolytiques et cellulolytiques produites par *Rhizopus stolonifer* [24].

En plus de l'activité pectinolytique observée, la plupart des champignons testés ont présenté une activité cellulolytique. Cependant, l'aptitude à dégrader la cellulose varie d'une espèce fongique à une autre. En effet, c'est *Fusarium avenaceum* qui s'est montré le plus apte à dégrader la CMC suivi de *Penicillium* sp. et d'*Alternaria alternata*. Par contre, l'activité cellulolytique la plus faible a été observée chez *Trichothecium roseum* et *Trichoderma* sp.

Cette variation dans l'activité cellulolytique a été observée également chez les espèces fongiques du même genre. Ainsi, cette activité est très importante chez *Penicillium corylophilum* et elle est faible chez *P. commune*, *P. funiculosum*, *P. italicum* et *P. rubrum* [19].

D'après Abdel-Hafez [1], les espèces du genre *Penicillium* sp. et *Alternaria alternata* sont des grands décomposeurs de la cellulose. Ce résultat rejoint celui déjà signalé par Flannigan [11]. Cet auteur a rapporté que *Alternaria alternata* possède une grande activité cellulolytique, mais ce résultat a été critiqué par Mazen [19], ce qui est en accord avec nos résultats.

L'activité enzymatique observée chez *Trichoderma* spp. est très faible pendant les premiers jours de culture en présence de CMC mais augmente avec le temps. Ce résultat concorde avec celui signalé par Yeoh *et al.* [30]. En effet, l'activité cellulolytique n'a été détectée chez *Trichoderma harzinum* et *T. konnigii* qu'après développement du mycélium dans le milieu de culture contenant la cellulose. D'après certains auteurs [7] ; [31], ces champignons sont capables de dégrader la cellulose insoluble en sucre soluble. De même, Rubridge [21] a signalé que la présence de la cellobiose dans milieu de culture peut induire la synthèse de la cellulase chez *Trichoderma viride*.

L'utilisation de la cellulose par les champignons dépend de leur habilité à produire deux types d'enzymes C1 et Cx [15] ; [16]. Les résultats obtenus au cours de nos essais montrent que tous les champignons testés produisent l'enzyme Cx capable de dégrader la CMC. Il en est de même pour *Fusarium oxysporum* et *F. moniliforme* [20].

D'autres champignons tels que *Aspergillus aculeatus* et *Botryodiplodia theobromae* sont capables de dégrader la cellulose en affectant d'une façon importante l'hydrolyse de la CMC, ce qui montre que ces deux champignons produisent les deux types de cellulase C1 et Cx dont les activités ont été détectées dans les filtrats de culture contenant la CMC [2].

Au cours de cette étude, une activité pectinolytique et cellulolytique a été observée chez les champignons responsables des pourritures des pommes provoquées par *Alternaria alternata*, *Penicillium* sp., *Trichothecium roseum*, *Trichoderma* sp. et sont fonction de l'espèce fongique étudiée. Ces enzymes pourraient être impliquées dans la macération des parois cellulaires des pommes comme l'ont suggéré les différents travaux réalisés dans ce domaine.

RÉFÉRENCES

- [1] Abdel-Hafez S.I.I., 1982. Cellulose-decomposing fungi of desert soils in Saudia Arabia. Mycopathologia, 78: 73-78.
- [2] Adisa V.A. et Fajola A.O., 1982. Pectinolytic enzymes associated with the soft rots of *Citrus sinensis* caused by *Aspergillus aculeatus* and *Botryodiplodia theobromae*. Mycopathologia, 77: 47-50.
- [3] Alabi R.O. et Naqvi S.H.Z., 1977. Production of cellulolytic and proteolytic enzymes by *Cercospora arachidicola*. Trans. Brit.Mycol. Soc., 68: 296- 298.
- [4] Bateman D.F et Millar R.I., 1966. Pectic enzymes in tissue degradation. Annu. Rev. Phytopathology, 4: 119-146.
- [5] Barash I. et Angel E., 1970. Isolation and properties of an exopolysaccharuronase produced by *Penicillium digitatum* during infection lemons fruits. Israel J. Bot. 19: 599-608.
- [6] Barmore C.R. et Brown G.E., 1980. Polygalacturonase from Citrus fruit infected with *Penicillium italicum*. Phytopathology, 71: 328-331.
- [7] Bisaria V.S. et Ghose T.K., 1981: Biodegradation of cellulosic materials: substrates, microorganisms, enzymes and products. Enzymes Microbiological Technology, 3: 90 -104.
- [8] Botton B., Burton A., Fevre M., Gauthier S., Guy P.H. , Larpent J.P., Reymond P., Sanglier J.J , Vayssier Y. et. Veau P., 1990. Moisissures utiles et nuisibles importance industrielle. Edition Masson, 511 p.
- [9] Chahal D.C et Gray D., 1968. The growth of selected cellulolytic fungi on wood pulp. In: Walters A.H et Elphick J.S. (Ed.). Biodeterioration Symposium . Elsevier Publishing, London : 584-593.
- [10] El Aissami A. 1990. Contribution à l'étude de la verticilliose de la luzerne : variabilité de la spécificité parasitaire et analyse de quelques mécanismes d'action du parasite. Thèse de docteur de troisième cycle. Université Mohamed V, Faculté des Sciences, Rabat : 187p.
- [11] Flannigan B., 1970. Degredation of arabinoxylan and carboxymethyl cellulose by fungi from barley kernels. Trans. Br. Myc. Soc., 55: 277-281;

- [12] Gorlenko M.V et Ordzhonikidze B.G., 1974. Pectinolytic enzymes of fungi pathogen to citrus fruits. Soobhcheniya Akademii Nauk Gruzinskoi SRP, 73: 201-203. Summary in rev. Plant Pathol. 50: 536.
- [13] Jerebzooff- Quintin S. et Jerebzooff S. ,1980. Métabolisme de l'asparagine et rythme endogène de sporulation chez *Leptosiphoria michotii* (west) Sacc. Physiol. Vég. 18: 147-156.
- [14] Lloyd A.O, 1968. The evaluation of resistance of cellulolytic textiles. In: Walters A.H. & J.S. Elpick (Ed.). Biodeterioration of materials. Proceedings of the 1st International Biodeterioration Symposium. Elsevier Publishing. London: 170-177.
- [15] Mandels M. et Reese E.T. , 1965 . Inhibition of cellulase. A. Rev. Phytopathology, 3 : 85-102.
- [16] Mandels M. et Steinberg D., 1976. Recent advances in cellulase technology. J. Ferment. Technol. Osaka, 54 : 267-286.
- [17] Mateos P.F. , Jimenez- Zurdo J. I., Chen J., Squartini A.S., Haack S. K., Martinez- Molina E., Hubbel D. H. et Dazzo F.B., 1992. Cell-Associated Pectinolytic and cellulolytic enzymes in *Rhizobium leguminosarum* biovar trifolii. Appl Environ Microbiol, 58: 1816-1822.
- [18] Martinez M.J., Martinez R. et Reyes F., 1988. Effect of pectin on pectinases in autolysis of *Botrytis cinerea*. Mycopathologia, 102: 37- 43.
- [19] Mazen M.B., 1973. Ecological studies on cellulose decomposing fungi in Egypt. Ph.D. Thesis, Bot. Dept., Faculty of science, Assiut University , Egypt.
- [20] Mehta A., Chopra S. et Mehta P., 1993. Antibiotic inhibition of pectolytic and cellulolytic enzyme activity in two *Fusarium* species. Mycopathologia, 124:185-188.
- [21] Rubridge T., 1984. Extracellular cellulose activity from *Trichoderma viride* grow in the presence of glucose. Trans. Br. Myc. Soc., 83: 522-524.
- [22] Ryu D. D.Y. et Mandels M., 1980. Cellulase biosynthesis and applications. Enz. Microb. Technol., 2: 91- 102.
- [23] Srivastava D.N., Echandi E. et Walker J.C., 1959. Pectolytic and cellulolytic enzymes produced by *Rhizopus stolonifer* . Phytopathology, 49: 145-148
- [24] Srivastava D.N., et Walker J.C., 1959. Mechanisms of infection of sweet potato rots by *Rhizopus stolonifer*. Phytopathology, 49: 400-406.
- [25] Spalding D.H., 1963. Production of pectinolytic and cellulolytic enzymes by *Rhizopus stolonifer*. Phytopathology, 49: 145-148.
- [26] Singh N., et Kunene I.S., 1980. Cellulose decomposition by the four isolates of *Pyricularia oryzae*. Mycologia, 72: 182-190.
- [27] Tribe H.T., 1955. Studies in the physiology of parasitism. XIX. On the killing of plant cells by enzymes from *Botrytis cinerea* and *Bacterium aroideae*. Ann. Bot. XIX: 351-368.
- [28] Wafeenschmidt S. et Jaenike L., 1987. Assay of reducing sugars in the nanomole range with 2'-Bicinchoninate. Analytical Biochemistry, 165: 337-340.
- [29] Wood R.S.K, 1970. The killing of plant cells by the soft rot parasites. In: Phytotoxins in plant diseases (Ed.) Wood R.S.K., A. Ballo et Graniti A. Acad. Press. New York And London : 273.
- [30] Yeoh H.H., T.K. Tan et Tian K. E., 1984. Cellulolytic enzymes of fungi isolated from wood materials. Mycopathologia, 87:51-55.
- [31] Zhu Y .S., Wu Y.Q., CHEN W., Tan C., Gao J.H., Fei J.X. et Shih C.N., 1982. Induction and regulation of cellulase synthesis in *Trichoderma Pseudokoningii* mutants EA3-867 and N2-78. Enz. Microb. Technol., 4: 3-12.

NEED FOR COST-BENEFIT ANALYSIS, PRODUCTIVITY AND EFFICIENCY IN EDUCATION

PASTOR PAUL NWAKPA

Department of Educational Foundations, Faculty of Education, Ebonyi State University, Abakaliki, Nigeria

Copyright © 2017 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: Need for cost-benefit analysis, productivity and efficiency in education has actually been x-rayed systematically, the various key words were precisely explained for a layman to understand. The social aspect of cost-benefit analysis, measurement of productivity, issues connected with productivity and efficiency, link between productivity and efficiency, low external productivity in the face of high internal efficiency and relationship between external productivity and cost benefit ratio were highlighted. Finally, conclusion and recommendations were made.

KEYWORDS: cost-benefit analysis, productivity, efficiency, education.

INTRODUCTION

The understanding of Cost-Benefit analysis, productivity and efficiency in education by the education stake holders will act as booster to the growth and development of education in any economy. The three concepts cost-benefit analysis, productivity and efficiency will ginger the operators in education industry to perform at their best and make them to be result oriented.

COST-BENEFIT ANALYSIS

Nwakpa (2013) saw Cost-Benefit Analysis as a technique for describing, quantifying and comparing costs and benefits of investment projects in order to determine whether, or to what extent those progress are worth while. There are four major steps in the process of comparing costs benefits of a project. There are:

- (1) Identification of all advantages and disadvantages of a project
- (2) Quantification of identified merits and demerits so as to place numerical value on each cost and each benefit.
- (3) Monetization of the quantified merits and demerits so as to bring all quantifiable costs and benefits to a common denominator of money.
- (4) Aggregation of monetized costs and benefits using appropriate formulae which include (a) Net present value(NPV), (b) Internal Rate of Returns (IRR) and (c) Benefit Cost Ratio (BCR)

SOCIAL ASPECT OF COST BENEFIT ANALYSIS

Babalola (2003) was of the opinion that cost-benefit analysis has both private and social aspects, when an individual wishes to establish an industry, he may want to know the costs and the benefits of such an industry and the differences between the costs and the benefits (Net benefit). If the value of the benefits is greater than the value of the costs, the investor will consider the project worthwhile. But if the value of the benefits is the same with the or less than the value of the costs, he may decide not to embark on such project because such project brings no gain. What matters to the private investors is whether or not the project is worthwhile. He is not primarily concerned with what the society will gain or lose from such an investment. Cost benefit analysis must not only identify and quantify private cost and benefit, it must also

measure social costs and benefits. That is, it must concern itself with what will be the positive and negative effects of the project on the society as a whole. For instance, an investor must not only concern himself with the private net benefit of establishing an industrial waste industry. He must also concern himself with the net benefit to the society. It is the social aspect of cost benefit analysis that distinguishes it from ordinary investment appraisal method or feasibility study.

Productivity according to Oguntoye (2002) denotes the relationship between output and one or all associated input in real terms. It may be defined simply as output per unit or input. The concept of productivity is based on the notion of production function which states that the volume of output depends on the volume of inputs used in production and on the state of the art or technology. The purpose of productivity measurement is to provide a yardstick of economic efficiency in different time periods for individual firm within an industry.

Productivity is to ensure that outputs are increased while inputs are kept static or even reduced.

MEASUREMENT OF PRODUCTIVITY

The following steps should be taken in order to measure productivity of a firm or an industry. (1) Definition of all inputs and outputs, (2) measurement of all inputs and outputs in qualitative terms, (3) Isolation of variation in quality of outputs and inputs (4) Expression of inputs and outputs in real term, (5) Combination of various real inputs and outputs into a single index, (6) Division of outputs by inputs.

EFFICIENCY

Simon 1945 in Nwakpa (2013) defines efficiency in layman's term as the ability to produce the desired effect with minimum of effort, expense or waste. The criterion of efficiency demand that, of two alternatives the same cost one be chosen which will lead to a greater attainment of the organizational objectives. It also demands that of two alternatives leading to the same degree of attainment is one being chosen which entails the lesser cost. On one hand and efficiency involves the maximization of outputs, if inputs are considered as fixed, and on the other hand, the minimization of inputs if outputs are considered as fixed. It is concerned with the maintenance of a positive balance of output over input.

LINK BETWEEN PRODUCTIVITY AND EFFICIENCY

It is through maximized productivity that maximum efficiency is achieved. The higher the output per input the higher the ability to produce the desired effect with minimum input and vice-versa. As earlier stated, the essence of productivity measurement is to provide a yardstick of efficiency. Two ways by which productivity can be maximized by an organization and therefore achieve maximum efficiency are listed below:(1) Any given set of inputs should be utilized so as to produce the largest value of output.(2) For a specified output and quality level, inputs should be chosen and utilized in order to minimize production costs.

ISSUES CONNECTED WITH PRODUCTIVITY AND EFFICIENCY IN EDUCATION

Distinctions Between Immediate Outputs And Ultimate Benefits Of Education.

The distinctions layed out in the table below must be made between immediate outputs and ultimate benefits of education in order to understand the difference between productivity and efficiency in education.

Criterion	Immediate output	Ultimate benefit
(1) Composition	Composed of all that a graduate acquired in the process of being educated. For example, all the acquired learning skills and attitudes that students carry away from the educational system when they brought it initially.	Composed of all that can be gained through the application of the skills, learning and attitude acquired by graduates. For example, better jobs, higher income, more satisfying, family life, greater sense of participation, higher productivity, better living standards, supply of more effective leaders etc.
(2) Connotation	Connotes learning achievement on the difference between entry and exit behaviours of graduates.	Connotes advantages of education both individuals and the society. It concerns the relevance of the knowledge, skills and attitude acquired while in school.
(3) Measurement.	Examination results can be used to measure the difference between what students carry away from the educational system and what they brought to it initially. The number of graduates can also be compared with the number who were admitted initially. The rate of drop out can therefore affect immediate output.	Both qualitative and quantitative measures of the difference education has made in the life of the graduates and in the economy. Economic measures used include life time earnings, increased productivity and tax contribution resulting from the education acquired.

LOW EXTERNAL PRODUCTIVITY IN THE FACE OF HIGH INTERNAL EFFICIENCY

An educational system can have high internal efficiency yet low external productivity. This can happen when there is high learning achievement or added value but low socio-economic impact of the knowledge, skill and attitude acquired in the education system. May be the educational system is producing graduates with little or no repetition or dropout, and at the same time wrong things have been taught. The education is not relevant to either the needs of the students or that of the society.

Specialist in educational management, may have been trained but if too few jobs are available in that field, the investment in their training is likely to produce few benefits. Thus, the relevance and fitness of what an educational system teaches it's students at a particular time and place has a major bearing on the system's ultimate productivity.

I will want to emphasize the point that ultimate productivity may also be affected by the inability of the economy to effectively put into use the knowledge, skills and attitude acquired by students in the process of their education. A relevant course may attract little or no benefit if the economy does not create job opportunity for the graduates or the school leavers.

RELATIONSHIP BETWEEN EXTERNAL PRODUCTIVITY AND COST-BENEFIT RATIO:

Cost-Benefit Ratio of an educational system is an indicator of the external productivity according to Adeogun (1999). External productivity relates cost of producing learning results in a particular period with the cumulative benefits that subsequently accrue from those learning results over a long period. Similarly, cost-benefit ratio is the relationship between the cost of producing results (output) and the cumulative benefits of education. If the accrued benefits to individual and society substantially exceed the educational costs, then that particular educational effort can be viewed as a good investment.

CONCLUSION

The knowledge of Cost-Benefit Analysis, Productivity and Efficiency to the education stake holders in Nigeria and beyond needs not to be over emphasized. It equips all the actors in the education sector for optimal performance. Cost benefit analysis enables one to actually invest or not in a particular project or programme and if eventually invested in a project, it makes one work very hard in order to achieve his goal. So it is a worthwhile topic for investors in any organization.

RECOMMENDATION

The importance of this topic makes the writer to recommend the following:

- (1) It is important that every investor must know the cost and benefit of any project before embarking on it.
- (2) Every investor must be made to know that without high level of productivity that he will not achieve his goals or make profits (benefits).
- (3) That high level of productivity cannot easily be achieved without high level of efficiency. Thus, efficient workers are required in every organization in order to achieve high productivity and benefit.

REFERENCES

- [1] Adeogun, A.A (1999). School plant planning and facilities management. Lagos: Frame Unity (Nig) Ltd.
- [2] Babalola, J.B. (2003). Fundamentals of Economics of Education. Ibadan: University Press
- [3] Oguntoye, A.O (2002) Financing Education in Nigeria. Ibadan: University Press
- [4] Nwakpa, P. (2013). Economics of Education. Abakaliki: Omega Print Media and Publishing Coy.
- [5] Simon, H.A. (1945). Administrative Behavior. New York: The Free Press.

CURRICULUM IMPLEMENTATION AND THE SCHOOL ADMINISTRATORS/TEACHERS, CHALLENGES AND REMEDIES IN NIGERIA

PASTOR PAUL NWAKPA

Department of Educational Foundations, Faculty of Education, Ebonyi State University, Abakaliki, Nigeria

Copyright © 2017 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: Curriculum implementation is the act of translating the curriculum document into action in the classroom by the teacher and so concluding any issue on curriculum implementation without mentioning the teacher will be like one going for cry and leaving his/her eyes behind, like an Igbo adage will say. This is to say that curriculum implementation is the arduous work of the teacher. The teacher's duty as a curriculum implementer cannot be over emphasized and so the paper on curriculum implementation and the teacher: challenges and way forward. The paper examines the concept of curriculum, the concept of curriculum implementation, curriculum implementation and the effective teacher, challenges of the teacher as a curriculum implementer which include: Non-involvement of teachers in curriculum planning and development processes, conducive school environment among others were highlighted and discussed. Based on the findings, possible way forward/remedies were made which among others include: those teachers should be involved in curriculum planning; the school environment should be pupils/student-friendly.

KEYWORDS: curriculum implementation, school administrators, teachers, Nigeria.

INTRODUCTION

Curriculum is the sum total of all learning experiences and the intended learning outcomes that are offered to the learners in an auspices of a school. Curriculum is also the vehicle through which educational goals/objectives/aims are being achieved. Countries hopes and aspirations are expected to be attained through the use of the school curriculum while also modifying and educating their youths. In view of the above explanations, school curriculum must be creatively and painstakingly incorporated or integrated (Ugwu, 2003) considering the identified needs of the industry and the globe at large.

It is the teacher that executes these curriculum activities/curriculum actions/documents and so the teacher and the curriculum moves side by side. This implies that one cannot discuss elaborately on curriculum without the mention of the teacher who is the curriculum implementer. As a curriculum implementer it means that the teacher is the one who brings the curriculum documents to limelight and to reality. The work of the teacher in curriculum implementation cannot be over-emphasized. Therefore, the paper will be discussed under the following sub-headings: The Concept of Curriculum. The Concept of Curriculum Implementation. Curriculum Implementation and the Effective Teacher Challenges of the Teacher as a Curriculum Implementer Recommendations

THE CONCEPT OF CURRICULUM

Curriculum as viewed by Alebiosu (2005) is an instrument that dictates the affairs of every educational system. It is the vehicle through which knowledge and other learning activities are disseminated.

This indicates that the curriculum is a road map for learning and as such focuses on knowledge and skills that deemed fit for learning. Mkpa (1987) in Mkpa and Izuagba (2009:2) defined curriculum as:

The planned and guided learning experiences and intended learning outcomes, formulated through the systematic reconstruction of knowledge and experience under the auspices of the school for the learner's continuous and willful growth and personal social competence.

The above definition by Mkpa and Izuagba (2009) is being termed "fairly comprehensive because it reflects the changing conceptions of curriculum, as it resolves the means-end distinction, the curriculum-instruction distinction, as well as precisely stating what a curriculum does not entail passing on from one generation to the other, static and stale knowledge, rather it recognizes the fact that what is learnt changes reflecting new needs, emergent problems, desires of learner; society and new subject matter. It went further to make distinction between the roles of the school and other socializing agencies in curriculum planning and development.

Adekole and Ajeyalemi (1994) in Ivowi (2009), defined curriculum as a systematic organization of a set of intentions about learning experiences for certain learners in certain justifiable arrangement of sequence and resources. They went further, to list the implications of this definition, among which are the following:

- A curriculum is a blue print for activities, and
- A curriculum involves a highly technical and rational decision-making process.

The above definition and implication show that curriculum is documentation, a blue print on which all the activities of the educational systems are based upon. It also means that curriculum is a frame work of action for the educational system. It further went on to say that curriculum requires deliberate actions, technical and rational reasoning.

THE CONCEPT OF CURRICULUM IMPLEMENTATION

What is curriculum implementation?

This involves the dissemination of the structured set of learning experiences, the provision of resources to effectively execute the plan, and the actual execution of the plan in the classroom setting where teacher-learner interactions take place (Ivowi, 2009). In curriculum implementation, the learner for whom the programme is being planned interacts with the contents and materials in order to acquire the necessary skills, attitudes and abilities (Mkpa and Izuagba) (2009). They went further to define curriculum implementation as the actual engagement of the learner with the planned learning opportunities. This means that curriculum implementation is that stage of the curriculum process where the learner through the guide of a teacher interacts with learning activities so as to maximize learning as will be noticed in the learners new behaviour /new approach to issues.

CURRICULUM IMPLEMENTATION AND THE EFFECTIVE TEACHER

Another name for the teacher is curriculum implemented The teacher is one who translates the curriculum document into operating curriculum through a joint effort of hers/his, the learners and other interest groups as viewed by Mkpa (1987). This implies that the task of implementing the curriculum lies on the teacher. The teacher does not just implement the content as it is, rather he breaks the content into teachable units. Precisely what comes to the teacher is not the curriculum plan rather the syllabus which he breaks down to get the scheme of work, down to the unit of plan and finally to the lesson plan which is being used daily in his/her teaching.

WHO IS AN EFFECTIVE TEACHER?

According to Hornby (2000), an effective teacher is one who teaches in order to achieve the desired objective. This implies that an effective teacher give all it takes, strives towards the achievement of that stated objective.

An effective teacher is one who is skillful. He/she is a teacher who is innovative in nature, a teacher who is resourceful. A teacher who knows the right approaches, techniques and methods appropriate for the dissemination of knowledge (learning) in his/her class (Obilo, 2010).

According to Kanno (1997), it is a teacher who knows the right mode of communication to employ and when necessary to employ it. For instance, speaking/learning mode of communication should be employed in a face to face interaction in a classroom while visualizing/observing mode should be used when the teacher is not physically present since message could be transmitted through films, Internet and television. It is a teacher who is not lackadaisical about his/her teaching, he/she plans his/her lesson note ahead and has (he hunger and is always ready to read and improve professionally; he/she attends

seminars, workshops and conferences to upgrade/ acquire more knowledge. It is a teacher who has job satisfaction-(Obilo, 2010)

CHALLENGES OF THE TEACHER AS A CURRICULUM IMPLEMENTER

Due to the arduous nature of curriculum implementation the teacher encounters a lot of challenges as will be discussed below:

- a. **Non-Involvement of the Teachers in Curriculum Planning and Development Process:** The teacher takes the final decision as regards the actual learning experiences to be provided and so not incorporating him/her in the planning and development process is like separating the curriculum from instruction, Mkpa and Izuagba (2009). This implies that the teacher is not just a receiver of the curriculum but a modifier and transmitter. Also for him/her not to derail from the objectives, goals and aims of the curriculum planned, he/she must be part of the curriculum planning and development process.
- b. **(Unconducive School Environment:** it is believed that learning can only take place in a conducive environment. By a conducive learning environment the paper meant spacious and well- ventilated class, seats. There should be no distraction of any kind or noise, no interference to disrupt the learning activities. A school environment where all these ingredients are found wanting, curriculum implementation will be hindered and the teacher in question will not be able to carry out his/ her duties effectively and efficiently. This implies that the school environment is not student/pupil-friendly.
- c. **Heavy Academic Load:** according to Afangidch (2009) in Obilo and Sangoleye (2010), some global and emerging issues such as family life education, citizenship, HIV/AIDS, drug abuse among others are introduced as curriculum content to be learnt by students/pupils. This is in addition to the already existing school subjects. In fact, it should be noted that the time allotted for the implementation of these heavy academic load is not adequate considering the incessant unrest which has now become a tradition in our educational system, again, teachers now combine normal class period with school lessons especially in the primary and secondary schools, whereas in the tertiary institutions they combine both sandwich, evening and regular programme with other programmes like distance and weekend programmes. All this possess big challenge for the teacher as a curriculum implementer.
- d. **Teacher Factor:** Teachers are the determinant of effective and efficient curriculum implementation at every level, so they should be granted in their respective areas of specialization. This implies that the teacher should be competent, effective, always available, should have job satisfaction. The teacher should always be eager to read in order to update his/her knowledge, he should attend conferences and seminars so also to acquire new knowledge for he cannot give what he/she has not, since what he/she transfers to the learners they will take. No wonder the National Policy on Education, FRN (2004), stated that no nation will rise above the qualities of its teachers. Teachers of today once they are employed, they feel they don't need education/learning again, they relax and become lazy and at the same time, obsolete. This possess a big challenge to them for they can no longer move along with the emergence of different teaching and learning innovations.
- e. **Student Factor:** Students practice examination malpractice, extortion of money, they threaten their teachers once they discipline/punish them for unruly behaviour in the school. This constitutes a big challenge to the teacher as a curriculum implementer. This is due to the level of corruption and poverty in Nigeria and so every child wants to get money quick, either to cater for self or family need.
- f. **Parent Factor:** Most parents, especially the illiterate and ignorant ones do not know the value of education and so don't provide their children/wards with school materials like textbooks, writing materials. Most a times they threaten the teachers for punishing their children either due to truancy or any other form of indiscipline. The parents also see the teachers as poor people due to societal attitude towards them and so felt they should not be respected. All these mentioned above possess great challenges to the teachers.
- g. **Working Conditions:** Government does not take care of the teachers as should be. Teachers are being neglected by the government. Teachers' salaries are being delayed together with their allowances. They are not being properly placed in terms of salary structure. Due to this kind of working conditions, teachers have no job satisfaction and so their working conditions possess a big challenge to them.

CONCLUSION

It is obvious that the work of the teacher as a curriculum implementer cannot be over emphasized. As an effective curriculum implementer, he/she has to be innovative, resourceful and skillful among other qualities.

Again for the teacher as a curriculum implementer to function effectively and efficiently, the outlined challenges must be tackled.

RECOMMENDATIONS

1. The teachers should be involved in curriculum planning and development processes.
2. The school environment should be pupil/ student friendly, with the effort of the school management and the government.
3. More teachers should be employed to help in teaching of this school subjects. Again, the curriculum content should be revisited to reduce the work loads that are not necessary. Finally, adequate time should be allotted to the teaching of these subjects and teachers being taken care of to minimize the incessant unrest that disrupts the academic calendar.
4. Teachers should have the zeal to always study and so grants should be given to them to further their studies. They should also be eager to attend conferences, seminars, workshops, and other in-service training programmes.
5. Teachers¹ salaries and other working conditions should be revisited by the government.
6. There should be a joint effort of the school teachers and parents (P.T.A- Parents Teachers Association) on how to better the students and the entire school.
7. Awareness should be created either by individuals, government or (NGOs) Non-Government Organizations on the need for education so that parents will hear and provide for their children's and wards school materials.

REFERENCES

- [1] Alebiosu, A.A. (2005). Curriculum innovation: Challenges for Nigerian education. In S.O Oriaifo (eds) *curriculum Issues in contemporary education*. Book in Honour of Prof. (Mrs.) Ebele J. Maduewesi. Benin: Da-Sylva Influence.
- [2] Anokam, E.G. (2009). *Roles and challenges of an ideal teacher of the 21st century*. In Mkpa, M.A., Kanno T. N., Obasi, A., Offorma G.C, Ugwuegbulam, C.N., Ezenwa, P., Izuagba, A.C., Njoku, O.O., Obiefuna, C.A. and Anyinwu, S.U. (eds) *The pedagogue. Journal of curriculum studies*. In Honour of Dr. Rose N, Amadi. Owerri: Joe Mankpa publishers.
- [3] Federal Government of Nigeria (2004). *National policy on education* Lagos: NERDC. Hornby. A.S. (2000). *Oxford advanced learner's dictionary*. Oxford University Press.
- [4] Kanno, T.N. (1997). *Teaching practice, micro-teaching and methodology of Education in Nigeria*. Aba: excel consult services Ltd.
- [5] Ivowi, U.M.O. (2009). Definition or meaning of curriculum. In Ivowi, U. M.O Nwufu, K., Nwagbara, C, Nzewi, U. M., Offorma, G.C. *Curriculum Diversification in Nigeria*. Ibadan: CON.1-16.

ACTIVITE ANTIBACTERIENNE DES EXTRAITS BRUTS AQUEUX ET CONCENTRES DE QUELQUES PLANTES MEDICINALES SUR LES STAPHYLOCOQUES RESISTANTS AUX ANTIBIOTIQUES COURANTS A KISANGANI (RD CONGO)

[STUDY OF THE ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF SOME MEDICINAL PLANTS ON THE ISOLATES OF STAPHYLOCOCCUS RESISTANT TO CURRENT ANTIBIOTICS AT KISANGANI (DR CONGO)]

K.J.P. ETOBO¹, W.R. OLEKO¹, and S.M. NSHIMBA²

¹Université de Kisangani, Faculté des Sciences, Laboratoire de Phytopathologie et Microbiologie, RD Congo

²Université de Kisangani, Faculté des Sciences, Laboratoire d'Ecologie et Gestion de la Biodiversité Végétale (LEGEVIV), RD Congo

Copyright © 2017 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 order to test the antibacterial activity of extracts of some medicinal plants used for treatment of some bacterial infections in Kisangani, study was conducted on twenty traditional recipes using watery extracts and concentrated aqueous extracts. Aqueous crude extracts were obtained according to the method of preparation of traditional healers. The antibacterial activity was determined using classic method of diffusion on agar. Aqueous extract of *Carica papaya* and *Psidium guajava* presented a maximum inhibition diameter of 20 mm on one crude of *Staphylococcus*. With concentrated aqueous crude extracts, the highest inhibition diameter of 19 mm was obtained with the association of *Citrus limon* and *Aframomum laurentii*.

The T Student test applied to our results showed that the difference is high significant between the two extracts of plants. Future research in this area should be promoted to make available for people effective and cheap products against germs which become more and more resistant to common antibiotics in Kisangani.

KEYWORDS: antibacterial activity, medicinal plants, *Staphylococcus*, antibiotics resistant.

RESUME: Dans le but de tester l'activité antibactérienne des extraits de quelques plantes médicinales utilisées dans le traitement de certaines affections bactériennes à Kisangani, une étude a été réalisée sur vingt recettes traditionnelles en utilisant les extraits bruts aqueux et concentrés. Les extraits bruts aqueux ont été obtenus conformément au mode de préparation des tradipraticiens. L'activité antibactérienne a été déterminée selon la méthode classique de diffusion sur gélose. Il ressort des principaux résultats que l'extrait aqueux de *Carica papaya* et *Psidium guajava* a présenté une inhibition de 20 mm de diamètre sur une souche de Staphylocoques. Avec les extraits bruts aqueux concentrés, le plus grand diamètre d'inhibition était de 19 mm avec l'association *Citrus limon* et *Aframomun laurentii*. Dans l'ensemble, les extraits bruts aqueux concentrés ont inhibés un grand nombre de souches par rapport aux extraits bruts.

Le test T de Student appliqué aux résultats montre que la différence est très significative entre les deux extraits. Les recherches ultérieures dans ce domaine sont donc à encourager en vue de mettre à la disposition de nos populations des produits efficaces et bon marché contre les germes de plus en plus résistants aux antibiotiques courants à Kisangani.

MOTS-CLEFS: Activité antibactérienne, plantes médicinales, Staphylocoques, résistance aux antibiotiques.

1 INTRODUCTION

Malgré la découverte des microorganismes par Louis Pasteur et Robert Koch, pères fondateurs de la microbiologie au dix-neuvième siècle et en dépit de l'identification de nombreux agents infectieux et de la multiplication des vaccins à la suite de leurs travaux, les microorganismes ont continué à poser de sérieux problèmes de santé publique jusqu'au milieu du vingtième siècle. On était loin, à cette époque, de disposer de vaccins contre l'ensemble des maladies infectieuses. La pneumonie, la diphtérie, la syphilis, la tuberculose, pour n'en citer que quelques-unes, faisaient des ravages. Malgré la mise en place de règles d'asepsie dans les hôpitaux, les petites comme les grandes blessures étaient souvent à l'origine de septicémies mortelles et l'accouchement même comportait toujours le risque de fièvre puerpérale, malgré les progrès de l'hygiène [1].

La découverte des antibiotiques est venue révolutionner l'histoire de la médecine en permettant de traiter de nombreuses maladies bactériennes mortelles comme la peste, la tuberculose, la pneumonie, la syphilis ou le tétanos. Ceux-ci, à leurs débuts, ont sauvé beaucoup de vies humaines. On a cru détenir la panacée contre les maladies infectieuses. Mais on ignorait à l'époque, de nombreux aspects de la biologie des micro-organismes. Parallèlement à l'action salutaire, se préparaient les désillusions futures [2].

En effet, les antibiotiques ont entraîné la sélection de souches de plus en plus résistantes et de virulence accrue. Les maladies infectieuses anciennes réapparaissent maintenant en force avec des caractères nouveaux, ceux à large spectre et présents à fortes doses commencent à provoquer la transformation de germes inoffensifs, hôtes habituels de la peau et des muqueuses, en germes virulents et résistants à la thérapeutique, d'où l'émergence de nouvelles affections bactériennes [2].

L'antibiothérapie pratiquée selon les modalités de la seconde moitié du XX^e siècle et replacée dans l'histoire de la médecine au cours des âges, apparaîtra bientôt comme un feu de paille bénéfique à court terme, désastreux à long terme par les conséquences engendrées. Jusqu'aujourd'hui, on continue à découvrir des bactéries résistantes à tous les antibiotiques. C'est ainsi qu'à Marseille en France, une bactérie résistante à tous les antibiotiques connus a été détectée chez un patient [3]. L'OMS a donc lancé une campagne de lutte contre la résistance aux antimicrobiens : pas d'action aujourd'hui, pas de guérison demain.

A Kisangani, une étude récente [4] a montré une baisse très significative de la sensibilité des germes aux antibiotiques.

En effet, trouver de nouvelles molécules efficaces pour traiter les infections bactériennes est devenu un enjeu majeur de la recherche microbiologique, car aucune nouvelle famille d'antibiotiques n'a été découverte depuis plus de vingt-cinq ans [1].

La crise socio-économique que traverse le monde en général et la République Démocratique du Congo (RDC) en particulier fait que les conditions de vie des populations les exposent à toute sorte de maladie étant donné que tout le monde n'a pas accès aux soins de santé primaires à cause de son coût de plus en plus élevé, de l'absence des services médicaux essentiels occasionnés par le délabrement des structures de santé, de la multiplication des officines et centres de santé privés et l'utilisation de la médecine traditionnelle comme alternative à la crise du système de santé pour une grande partie de la population.

La médecine traditionnelle est la somme des connaissances, compétences et pratiques qui reposent sur les théories, croyances et expériences propres à une culture et qui sont utilisées pour maintenir les êtres humains en bonne santé ainsi que pour prévenir, diagnostiquer, traiter et guérir des maladies physiques et mentales [1].

Elle reste très populaire dans le monde. Depuis 1990, elle fait une apparition remarquable dans de nombreux pays développés et en développement. Dans certains pays d'Asie et d'Afrique, 80% de la population dépendent de la médecine traditionnelle pour les soins de santé primaires.

Les plantes médicinales constituent la forme la plus lucrative de médecine traditionnelle, dégageant des milliards de dollars de revenu. Elle permet de traiter diverses maladies infectieuses et chroniques: de nouveaux médicaments antipaludiques ont été mis au point grâce à la découverte et à l'isolement de l'artémisinine tirée de l'*Artemisia annua* L., une plante utilisée en Chine depuis près de 2000 ans [1].

Par ailleurs, les produits à base de plantes contrefaits, de mauvaise qualité ou modifiés que l'on trouve sur les marchés internationaux constituent des menaces sérieuses pour la sécurité des patients [1].

A Kisangani et ses environs une bonne partie de la population recourt aux plantes médicinales pour se soigner tel que l'a démontré l'enquête ethnobotanique réalisé par Etobo [4]. C'est ainsi que nous nous proposons dans cette étude de tester l'activité antibactérienne de ces plantes sur les souches résistantes aux antibiotiques courants à Kisangani.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 GENERALITES SUR LA VILLE DE KISANGANI

Troisième ville de la DRC, Kisangani est le chef-lieu de la Province Orientale (figure 1). La ville est située dans la cuvette centrale congolaise, à 0° 31' 00" Nord et 25° 11' 00" Est. Son altitude moyenne est de 396 m [5]. Sur le plan administratif, Kisangani est constitué de six communes : Kisangani, Makiso, Mangobo, Kabondo, Tshopo et Lubunga, couvrant une superficie totale de 1.910 km²

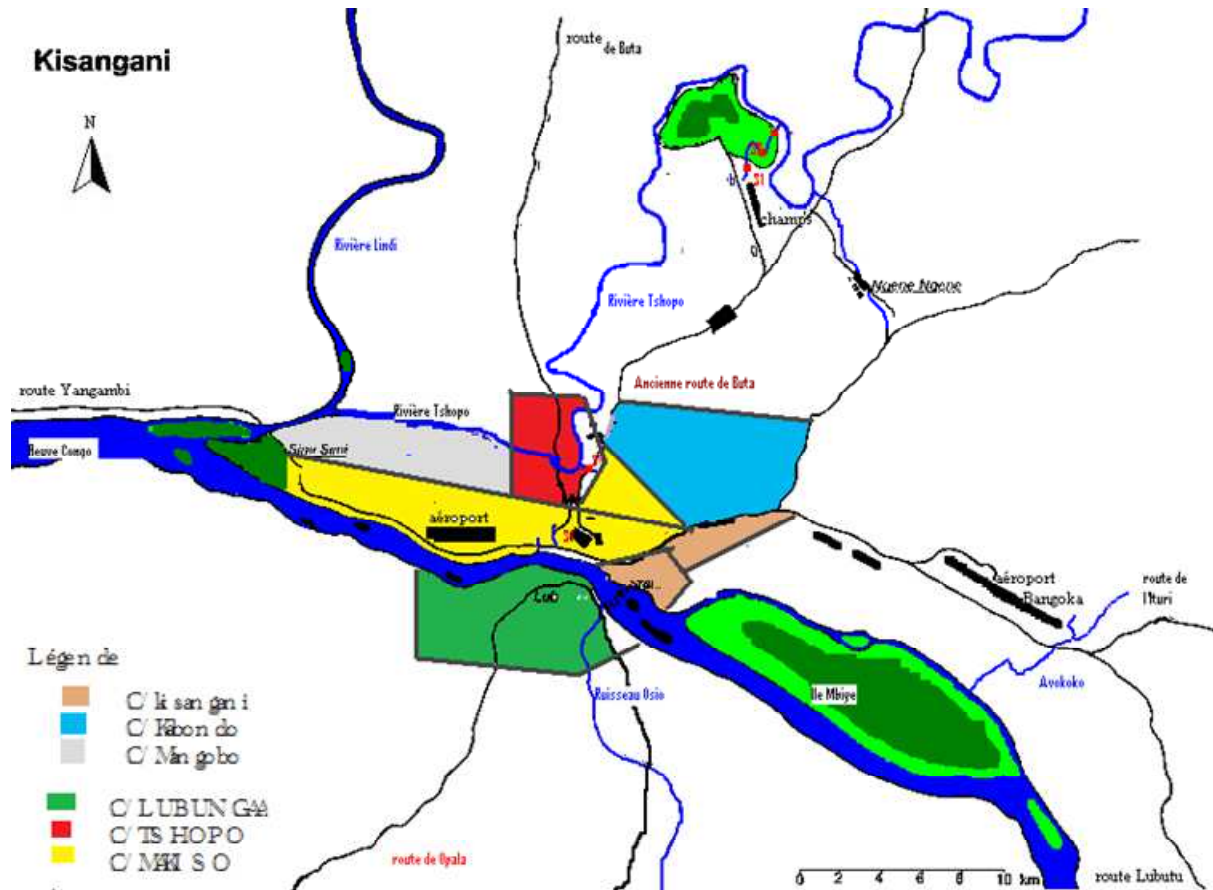


Fig. 1 : Carte de la ville de Kisangani (Source : [4])

Sa population s'élève à environ 1 310 587 habitants, soit une densité de 686 habitants par km².

Dans la région de Kisangani, les précipitations sont abondantes, mais irrégulièrement réparties sur l'année. La moyenne annuelle de pluviométrie calculée pour une période de 50 ans (de 1956 à 2005) affiche 1.724 mm, pour une température annuelle de moyenne de 25,3°C. La hauteur mensuelle des précipitations est supérieure à 60mm [6].

Toutefois, ce régime de pluies détermine deux saisons humides, la plus importante allant de septembre à Novembre, avec un maximum en octobre, et l'autre de mars à mai. Par ailleurs, deux saisons à faible pluviosité se dégagent : janvier ou grande saison sèche et juillet-août ou petite saison sèche. En 2007, l'humidité relative moyenne de la région a été de 86,9%. L'insolation mensuelle est faible et varie de 31,5% à 57% [6].

L'ensemble des données éoclimatiques ainsi que la position de la ville de Kisangani à proximité de l'Équateur lui confèrent un climat équatorial du type Af dans la classification de Köppen. Ce type climatique est caractéristique des régions où la température moyenne du mois le plus froid est supérieure à 18°C [7].

En se basant sur la nature du matériau parental et sur le niveau de drainage du sol, les sols de Kisangani peuvent être classés globalement en deux principaux groupes : les sols issus du substrat rocheux et les sols dérivés, se développant sur les alluvions. Ces sols sont en général de nature ferralitique, sablo-argileux et acide. Ils sont profonds et fortement lessivés par les eaux pluviales. [6].

Le complexe adsorbant est pauvre en matière organique et riche en oxydes d'aluminium et de fer. La capacité d'échange cationique effective est très faible (< 10 méq/100 g de sol), le pH est acide (4,5 à 5,5) [8].

MATERIEL VEGETAL

Les différentes plantes qui ont fait objet de cette étude ont été obtenues après une enquête ethnobotanique réalisée par ETOBO [4]. En vertu du principe de convergence [9], 20 recettes ont été retenues.

Ces plantes sont reprises dans le tableau 1 et illustrées sur la figure 2:

Tableau 1 : Différentes plantes utilisées

	Espèces	Nom vernaculaire	Partie utilisée	Maladie traitée
1	<i>Carica papaya</i> L. (Caricaceae) et <i>Psidium guajava</i> L. (Myrtaceae)	Payi payi et Mapela (lingala)	Feuilles	dysenterie bacillaire
2	<i>Euphorbia hirta</i> (Euphorbiaceae)	Kabudimbu (Tshiluba) ; Djembolembo (Swahili)	plante entière	Choléra et dysenterie Bacillaire
3	<i>Melia azedarach</i> L. (Meliaceae)		feuilles et Graines	blennorragie et syphilis, fièvre typhoïde
4	<i>Mangifera indica</i> L. (Anacardiaceae)	Manga (Swahili)	Ecorces	dysenterie bacillaire
5	<i>Citrus limon</i> L. (OSBECK) (Rutaceae)	Citronnier (français) Ndimu (Swahili)	Jus	Blennorragie
6	<i>Carica papaya</i> L. (Caricaceae) et <i>Piper guineensis</i> K.SCHUM & THONN (Piperaceae)	Payi payi et Ketshu (lingala)	Racines Graines	blennorragie et syphilis
7	<i>Costus lucanusianus</i> J.BRAUN (Costaceae) et <i>Cyphostemma adenocaula</i> DESC (Vitaceae)	Kakukaku(Swahili) et Muandula(Swahili)	Ecorces Feuilles	Coqueluche
8	<i>Bidens pilosa</i> L. (Asteraceae)	Tshomatshoma(Topoke)	plante entière	blennorragie, syphilis
9	<i>Ageratum conyzoides</i> L. (Asteraceae)	Yalibotcha(Topoke) ou Basolambuli (Lokele, Turumbu)	Feuilles	Blennorragie
10	<i>Ricinus communis</i> L. (Euphorbiaceae)	Tondo tondo(Kisongye)	racines et Graines	blennorragie, syphilis et dysenterie bacillaire
11	<i>Amaranthus viridis</i> L. (Amaranthaceae)	Bitekuteku (Tshiluba) Ndunda (Lingala)	Racines	dysenterie à <i>E. coli</i>
12	<i>Catharanthus roseus</i> (L.) G.DON (Apocynaceae)	rose amère (Français)	Racines	dysenterie bacillaire
13	<i>Musa sp</i> (Musaceae), <i>Allium sativum</i> (Aliaceae), <i>Piper guineensis</i> (Piperaceae) et <i>Carica papaya</i> L. (Caricaceae)	Bananier Ffrançais) ail Ffrançais) Ketshu (Swahili) Payi payi (Swahili)	Fruit Bulbe Graines Graines	blennorragie, dysenterie bacillaire
14	<i>Persea americana</i> MILLER (Lauraceae)	Avocatier (Français)	Amandes	gastro-entérite aiguë
15	<i>Cassia occidentalis</i> L. (Fabaceae)	Nzolo mutshi (Kisongye)	Racines	dysenterie bacillaire
16	<i>Rauvolfia vomitoria</i> AFZZAL (Apocynaceae)	Kapondaponda(Kisongye)	Racines	syphilis, gonococcie
17	<i>Psidium guineense</i> SWARTZ (Myrtaceae)	Kajima ngiesu (Kisongye)	Racines	syphilis, blennorragie
18	<i>Ananas comosus</i> (L.) MERR (Bromeliaceae) et	Nanasi (Swahili), Mbata a mema	Jus	gastrite surinfecté

19	<i>Nymphaea lotus</i> L. (Nymphaeaceae)	(Kisongye)	Feuilles	Coqueluche
	<i>Citrus limon</i> (L.) OSBECK (Rutaceae) et <i>Aframomum laurentii</i> K.SCHUM (Zingiberaceae)	citronier (Francais)	Racines	
20	<i>Vernonia amygdalina</i> L. (Asteraceae) et <i>Jatropha curcas</i> L. (Euphorbiaceae)	Tondolo (Lingala)	Racines	blennorrhagie chronique, Syphilis
		Nsabalulu (Kisongye) et Kapulayi (Kisongye)	Feuilles Graines	

Selon DEBUIGNE [10] le matériel est récolté le matin, en temps chaud et sec. On cueille les plantes dans les lieux peu fréquentés. Les plantes doivent être saines.

Ces plantes sont illustrées par la figure 2 ci-après :



Figure 2 : Différentes plantes utilisées (A= *Piper guineensis* K. SCHUM ; B= *Aframomum laurentii* K. SCHUM ; C= *Ananas comosus* (L.) MERR ; D= *Carica papaya* L. ; E= *Ricinus communis* L. ; F= *Persea americana* MILLER ; G= *Jatropha curcas* L. ; H= *Vernonia amygdalina* DEL. ; I= *Nymphaea lotus* L. ; J= *Rauvolfia vomitoria* Affzal ; K= *Bidens pilosa* L. ; L= *Euphorbia hirta* L. ; M= *Ageratum conyzoides* L. ; N= *Cassia occidentalis* L. ; O= *Costus lucanusianus* J. BRAUN ; P= *Musa* sp. ; Q= *Mangifera indica* L. ; R= *Citrus limon* L. (OSBECK) ; S= *Amaranthus viridis* L. ; T= *Catharanthus roseus* (L.) G. DON

2.2 SOUCHES BACTERIENNES

Les souches bactériennes testées dans cette étude ont été isolées de sang transfusé à Kisangani et caractérisées par ETOBO [4]. Il s'agit de vingt souches de *Staphylococcus aureus*, dix sept souches de *Staphylococcus epidermidis* et une souche de *Staphylococcus* spp. L'antibiogramme réalisé par le même auteur avait révélé que ces souches sont résistantes aux antibiotiques courants à Kisangani.

2.3 METHODES

2.3.1 ACTIVITÉ ANTIBACTÉRIENNE DES EXTRAITS BRUTS AQUEUX SUR LES SOUCHES BACTÉRIENNES

Les extraits bruts aqueux des plantes ont été obtenus conformément aux différentes descriptions des tradipraticiens. Les différentes plantes qui ont fait objet de cette étude ont été récoltées à Kisangani et les préparations sont reprises ci-dessous :

- 1- *Carica papaya* L. (Caricaceae) et *Psidium guajava* L. (Myrtaceae) : une poignée de feuilles est récoltée, piler, mélanger avec un litre d'eau, laisser reposer pendant 1 heure ;
- 2- *Euphorbia hirta* L. (Euphorbiaceae) : récolter une botte, laver, bouillir dans 2 litres d'eau, quantité finale: 1 litre.
- 3- *Melia azedarach* L. (Meliaceae) : récolter environ un kg de feuilles et une bonne quantité des graines, bouillir dans 3 litre d'eau, quantité finale: 2 litres;
- 4- *Mangifera indica* L. (Anacardiaceae) : récolter 1 à 2 kg d'écorce, nettoyer, bouillir dans 3 à 4 litres d'eau, quantité finale: 2 à 3 litres;
- 5- *Citrus limon* (L.) OSBECK (Rutaceae) : extraire le jus, administrer par voie urinaire
- 6- *Carica papaya* L. (Caricaceae) (1) et *Piper guineensis* K.SCHUM &THONN (Piperaceae) (2) : récolter 1 kg de racines de papayer et une poignée de graine de (2), piler, bouillir dans 2 litres d'eau, quantité finale : 1 litre ;
- 7- *Costus lucanusianus* J.BRAUN (Costaceae) (1) et *Cyphostemma adenocaulis* DESC (Vitaceae) (2) : les écorces de tiges de (1) sont pilés, on y ajoute une botte de feuille de (2) et 1 litre d'eau, après cuisson (1/2 litre) ;
- 8- *Bidens pilosa* L. (Asteraceae) : récolter une poignée, laver, bouillir dans 3 litres d'eau, quantité finale:2-2,5 litres;
- 9- *Ageratum conyzoides* L. (Asteraceae) : récolter une botte de feuilles, broyer puis mélanger avec le jus de deux cannes à sucre et filtrer ;
- 10- *Ricinus communis* L. (Euphorbiaceae) : récolter 1 kg de racines et 20-30 graines, nettoyer, bouillir dans 2 litres d'eau, quantité finale: 1 litre ;
- 11- *Amaranthus viridis* L. (Amaranthaceae) : récolter les racines, laver, découper (1-2 kg) cuisson dans 3-4 litres d'eau jusqu'à la coloration de la solution quantité finale: 0,5-2,5 litres ;
- 12- *Catharanthus roseus* (L.) G.DON (Apocynaceae) : récolter une botte de racines, piler, mélanger dans ¼ litre d'eau, laisser reposer quelques heures ;
- 13- *Musa sp* (Musaceae), *Allium sativum* (Aliaceae), *Piper guineensis* K.SCHUM&THONN (Piperaceae) et *Carica papaya* L. (Caricaceae) : prendre une banane, 1 bulbe d'ail, une poignée de *Piper guineensis* et les graines d'une papaye mure, piler, mélanger dans ½ litre d'eau,
- 14- *Persea americana* MILLER (Lauraceae) : extirper 10-20 amandes, piler, ajouter 4 litres d'eau, bouillir, quantité finale : 2 - 2,5 litres,
- 15- *Cassia occidentalis* L. (Fabaceae) : récolter une botte de racines, nettoyer, piler, bouillir dans 2 litres d'eau, quantité finale: 1 litre ;
- 16- *Rauvolfia vomitoria* AFZZAL (Apocynaceae) : récolter 0,5-0,9 kg de racines, sectionner, bouillir à température élevée dans 3 litres d'eau, quantité finale: 1 à 1,5 litre ;
- 17- *Psidium guineense* SWARTZ (Myrtaceae) : récolter environ 1kg de racines, laver, découper, bouillir dans 2 litres d'eau, quantité finale 1-1,5 litre ;
- 18- *Ananas comosus* (L.) MERR. (Bromeliaceae) et *Nymphaea lotus* L. (Nymphaeaceae) : extraire le jus de 5 ananas, cueillir 2 à 3 kg de feuilles de *Nymphaea lotus* et piler, mélanger le jus et les feuilles, puis ajouter 3 litres d'eau, quantité finale: 5 litres;
- 19- *Citrus limon* (L.) OSBECK (Rutaceae) (1) et *Aframomum laurentii* K.SCHUM (Zingiberaceae) (2) : récolter 1 kg de racine de (1), nettoyer, découper, mélanger avec 1 litre de jus de (2), bouillir dans 2 litres d'eau, quantité finale un litre ;
- 20- *Vernonia amygdalina* DEL.(Asteraceae) (1) et *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) (2) : 20 graines de (2) sont pilées puis mélangée dans 2 litres d'eau avec une poignée de feuilles de (1), après cuisson, filtré, quantité finale: 1 litre.

2.3.2 ACTIVITÉ ANTIBACTÉRIENNE DES EXTRAITS BRUTS CONCENTRÉS

Dix ml de chaque extrait tel que préparés ci-haut, sont prélevés puis, concentrés par évaporation (à une température ne dépassant pas 50° C) jusqu'à obtenir une quantité d'environ 2 ml [11]. Les disques sont préparés tel que décrit ci-après.

2.3.3 PRÉPARATION DES DISQUES

Les disques ont été réalisées avec du papier filtre (Whatman N° 1) de 7 mm de diamètre, stérilisé à l'autoclave. Ces disques ont été imbibés des différentes drogues puis séchés à 37°C. Après ensemencement et incubation à 37°C pendant 24 heures, le diamètre d'inhibition a été mesuré à l'aide d'une latte graduée.

2.3.4 PRÉPARATION DE L'INOCULUM

Un aliquot d'une culture pure prélevé à l'aide d'une anse de platine stérile est émulsionné dans 5 ml de bouillon nutritif (ou l'eau peptonée). L'incubation est effectuée à l'étuve jusqu'à l'obtention d'une opacité visible (10^7 /ml) ; celle-ci correspondant, au début à la solution standard de BaSO_4 , au NaCl à 8,5 g/l [12].

2.3.5 ENSEMENCEMENT PAR LA MÉTHODE DE KIRBY ET BAUER (ÉCOUVILLONNAGE)

On plonge un écouvillon stérile dans l'inoculum. L'excès de bouillon ou de l'eau peptonée est rejeté par pression et rotation de l'écouvillon contre la paroi de tube. Ensuite, on étale l'inoculum sur la gélose de MUELLER HINTON en faisant passer l'écouvillon deux ou trois fois sur toute la surface du milieu, en tournant chaque fois sur toute la surface du milieu, en tournant chaque fois la boîte de 60°C, de façon à assurer un ensemencement uniforme, puis on laisse sécher les boîtes 15 minutes à 37°C [10,12,13].

2.3.6 DÉPÔT DES DISQUES TESTS

Les disques sont déposés aseptiquement sur la gélose au moyen d'une pince stérile. Les disques doivent bien adhérer à la gélose et être déposés de manière à éviter le chevauchement des zones d'inhibition de telle sorte que la distance entre les centres de disques de 15 mm. Ensuite, on laisse les boîtes 15 minutes à la température du laboratoire pour laisser diffuser les antibiotiques et on les retourne avant d'être incubées à l'étuve 18 à 24 heures à 37°C [10,12].

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 ACTIVITÉ ANTIBACTÉRIENNE DES EXTRAITS BRUTS AQUEUX SUR LES STAPHYLOCOQUES

Selon Balansard [14] le choix des tests pharmacologiques destinés à mettre en évidence l'activité d'une plante doit être conduit en fonction des résultats de l'étude ethno- pharmacologique, raison pour laquelle l'activité antibactérienne des extraits bruts aqueux tels qu'utilisés par les tradipraticiens constitue la première étape de cette étude, ces extraits sont repris dans le tableau 1 ci-dessus.

Les résultats de diamètres d'inhibition obtenus en testant ces extraits sur les souches de Staphylocoques résistantes aux antibiotiques courants à Kisangani sont présentés par la figure 3.

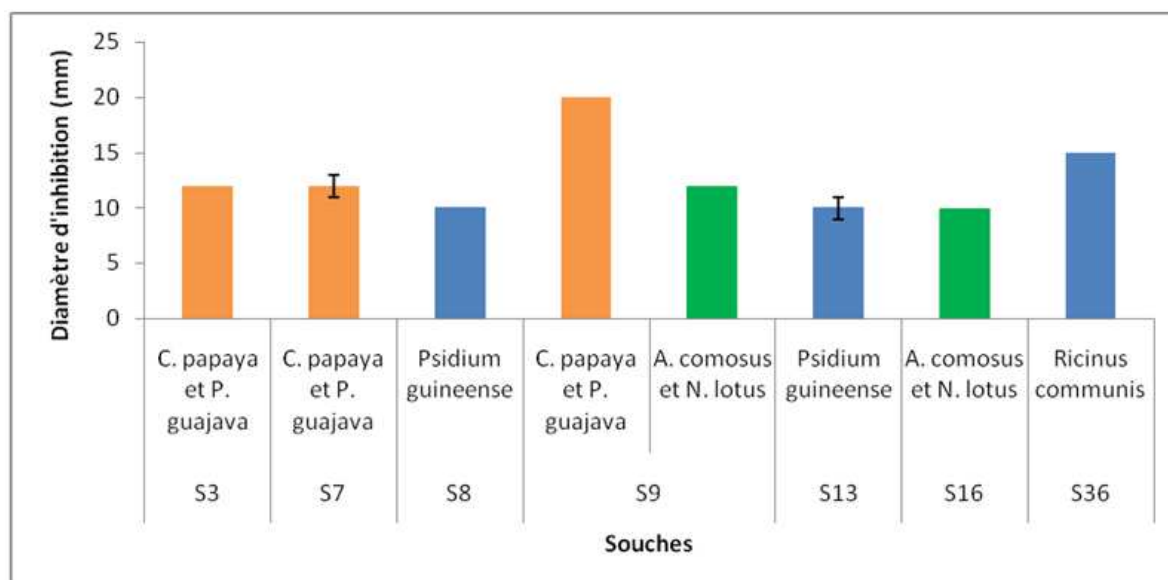


Fig. 3 : Diamètre d'inhibition des extraits bruts aqueux sur les souches des Staphylocoques

Cette figure montre que sur les 20 extraits testés, seuls 4 ont inhibé 7 souches sur les 38. Il s'agit de l'extrait 1 de *Carica papaya* et *Psidium guajava* qui a inhibé trois souches, de l'extrait 10 de *Ricinus communis* qui a inhibé une souche, de l'extrait 17 de *Psidium guineense* qui a inhibé deux souches et de l'extrait 18 de *Ananas comosus* et *Nymphaea lotus* qui a inhibé deux souches.

Le plus grand diamètre d'inhibition de 20 mm a été obtenu avec l'extrait 1 de *Carica papaya* et *Psidium guajava* sur la souche 9 tandis que le plus petit diamètre de 10 mm a été obtenu avec l'extrait 17 sur les souches 8 et 13 et l'extrait 18 sur la souche 16.

Ndjele et Bigawa [15] avaient montré que *Jatropha curcas* inhibait la croissance de *Staphylococcus aureus*, cela n'a pas été le cas avec ces souches.

Foma *et al.* [16] avaient trouvé une activité de 50% sur les Staphylocoques avec *Rauvolfia vomitoria* alors que dans cette étude, cette plante n'a présenté aucune activité.

Selon une étude menée par Patel *et al.* [17] l'extrait aqueux de feuilles de *Mangifera indica* est actif sur les Staphylocoques de plaques dentaires avec une activité inhibitrice supérieure à celle des pâtes dentifrices commercialisées et d'après les recherches de Aouissa [18] l'extrait aqueux de feuilles du manguier constituerait une source avantageuse de médicament traditionnelle améliorée très accessible et reviendrait moins cher aux populations.

Pour sa part, de Souza *et al.* [19] ont obtenu des divers résultats avec des extraits aqueux totaux de quelques plantes : *Melia azedarach*, *Psidium guajava*, *Mangifera indica* ont présentées une activité sur les Staphylocoques alors que *Piper guineensis* n'a pas réagi comme dans ce cas.

Kambu *et al.* [20] avaient évalué l'activité antimicrobienne de quelques préparations traditionnelles antidiarrhéiques utilisées dans la ville de Kinshasa et avaient obtenus une inhibition de *Staphylococcus aureus* par les plantes suivantes : *Jatropha curcas*, *Mangifera indica* et *Psidium guajava*. Les deux premières plantes n'ont pas réagi pour ce qui est de cette recherche.

La différence observée avec les autres auteurs serait due au fait que cette étude a eu recours à un groupe spécifique des germes déjà résistantes aux antibiotiques courants, aussi, la sensibilité à un antibactérien pouvant différer d'une souche à l'autre. D'autre part, le taux d'ingrédient actif d'une plante peut varier suivant l'espèce, la saison ou l'âge de la plante, c'est pourquoi dans cette étude, la récolte des plantes s'est faite conformément aux recommandations de Debuigne [21].

On constate que les souches de Staphylocoques deviennent non seulement résistantes aux antibiotiques courants, mais aussi aux extraits de plantes tels qu'utilisés par les tradipraticiens.

3.2 ACTIVITÉ ANTIBACTÉRIENNE DES EXTRAITS BRUTS AQUEUX CONCENTRÉS SUR LES STAPHYLOCOQUES

La figure 4 ci-après présente les diamètres d'inhibition de 20 extraits bruts aqueux concentrés sur les souches de Staphylocoques.

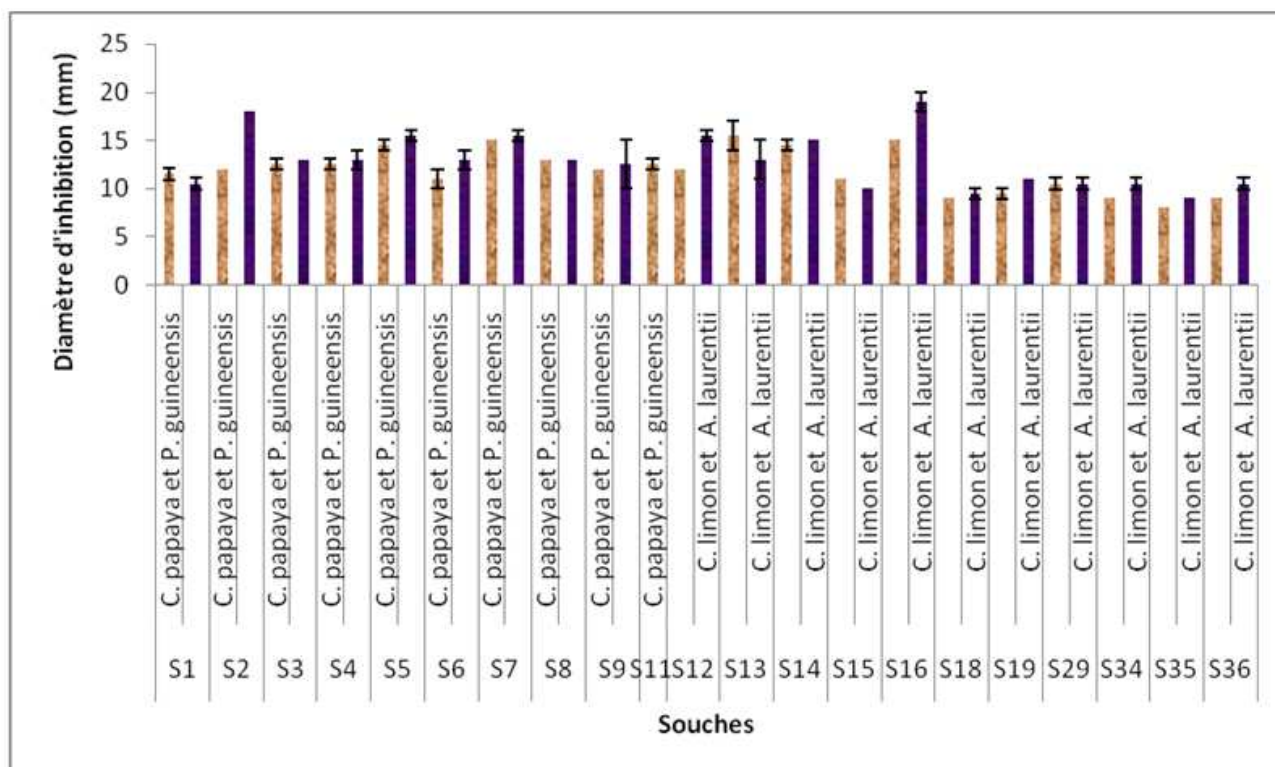


Fig.4: Diamètres d'inhibition des extraits bruts aqueux concentrés sur les souches de Staphylocoques

Cette figure montre que sur l'ensemble de 20 extraits, 2 seulement ont inhibé la croissance de 21 souches sur les 38 testés, il s'agit des extraits 6 de *Carica papaya* et *Piper guineensis* et 19 de *Citrus limon* et *Aframomum laurentii*.

L'extrait 19 de *Citrus limon* et *Aframomum laurentii* a donné le plus grand diamètre d'inhibition de 19 mm sur la souche 16 suivi de 18 mm du même extrait sur la souche S2 tandis que le plus petit diamètre de 8 mm a été obtenu avec l'extrait 6 sur la souche S35.

Comparativement aux travaux réalisés par Mbuyi et al. [22] sur l'activité de quelques plantes utilisées dans le traitement des diarrhées infectieuses, nous pouvons retenir ce qui suit : les extraits bruts aqueux de *Mangifera indica* avaient présenté une certaine activité sur les Staphylocoques alors que dans ce cas ils n'ont pas réagi. Les raisons évoquées ci-haut peuvent aussi l'être pour expliquer cette différence.

Le test T de Student appliqué à ces deux extraits nous donne les valeurs suivantes : $t = -8,5372$ avec $df = 999,877$ et $p\text{-value} < 2,2 \times 10^{-16}$. La différence est donc très significative.

4 CONCLUSION

Face au problème accru de la résistance des germes aux antimicrobiens et vue la crise socio-économique que traverse le monde en général et la République Démocratique du Congo en particulier où tout le monde n'a pas accès aux soins de santé primaire, une bonne partie de la population recourant ainsi à la médecine traditionnelle, la présente étude s'est proposée d'apporter sa contribution à la résolution de cette difficulté.

Les différents extraits testés révèlent que les préparations des tradipraticiens ne sont pas efficaces sur les Staphylocoques et que la concentration permet d'améliorer l'activité antibactérienne sur ces souches résistantes aux antibiotiques courants à Kisangani.

Les tradipraticiens pourraient donc améliorer leur traitement en concentrant leurs préparations.

Une autre préoccupation majeure actuellement demeure le manque de collaboration entre la médecine moderne et les tradipraticiens. Une recommandation particulière s'adresse à ces derniers afin de se concentrer sur l'éducation et la formation en vue de s'assurer que les connaissances et qualifications soient adéquates, ce qui aiderait à un usage rationnel en vue d'une complémentarité des types de soins de santé proposés en utilisant correctement les produits de qualité.

Nous suggérons aux chercheurs : de poursuivre les recherches dans ce domaine afin d'arriver à mettre à la disposition de la population les médicaments traditionnels améliorés pourquoi pas des nouvelles molécules plus efficaces.

REFERENCES

- [1] OMS: Plantes médicinales. , 2007 Disponible sur www.oms.org
- [2] C Gaudy et J. Buxeraud: Antibiotiques: Pharmacologie et thérapeutique. Elsevier Masson, Paris, 273 p., 2005
- [3] C., Peltier: Une bactérie résistante à tous les antibiotiques découverte à Marseille, 2011. Disponible sur www.futura-science.fr
- [4] K. Etobo: Etude de l'activité antibactérienne de quelques plantes médicinales sur les souches isolées de sang transfusé à Kisangani (RDC). DEA, Unikis, Fac. Sciences, 93 p. , 2007
- [5] M. Nyakabwa: Phytocénose de l'écosystème urbain de Kisangani. Thèse de doctorat, Unikis, Fac. Sciences, Tome 1, 481 p., 1982
- [6] M. Kahindo: Potentiel en produits forestiers autres que le bois d'œuvre dans les formations forestières de la région de Kisangani. Cas des Rotins *Eremospatha haullevileana* DE Wild et *Laccosperma secundiflorum* (P.BEAUV.) KUNTZE) de la réserve forestière de Yoko (Province Orientale, RD CONGO). Thèse de doctorat, Unikis, Fac. Sciences, 269 p. , 2011
- [7] M., J.P. Mate: Phytomasse et minéralomasse des Haies des légumineuses améliorantes en cultures en allées à Kisangani (République Démocratique du Congo). Thèse de doctorat ; ULB, Faculté des Sciences, 235 p. , 2001
- [8] D., Dhed'a, R. , Swennen, M. Moango, et G. Blomme : Rapport sur l'enquête diagnostique sur la culture des bananier et bananier plantain dans les zones périphériques de la ville de Kisangani et quelques villages du district de la Tshopo (RDC). 101p. , 2011
- [9] J. Lejoly: Gestion durable des ressources naturelles, Unikis, Fac. Sc. , 2006
- [10] R. Caquet: 250 examens de laboratoire. Prescription et Interprétation. 10^e éd. Elsevier Masson, Paris, 437p. , 2008
- [11] M., Mbuyi, L.B Kumbukama, et L. Ambali: Etude comparée de l'activité antibactérienne in vitro des extraits bruts et celles des alcaloïdes totaux isolés de *Penianthus longifolius* Miers (Menispermaceae) et de *Cognauxia trilobata* Cogn (Cucurbitaceae) in Ann. Fac. Sc. UNIKIS, Vol 10, pp 119-126, 1994
- [12] M. Cheesbrough: District laboratory practice in tropical countries. Part 2, Cambridge University Press. 434p. , 2000
- [13] M.N. Ngemenya , J.A. Mbah, P. Tane and V.P.K. Titanji : Antibacterial effects of some Cameroonian Medicinal plants against common pathogenic Bacteria. Afr. J. Trad.CAM.3(2) ; Research Paper; pp.84-93, 2006
- [14] G. Balansard : Analyse critique des protocoles pharmacologiques utilisés pour la recherche d'extraits et de substances pures d'origine végétale à propriétés antibactériennes ou antiparasitaires. Laboratoire de Pharmacognosie, Faculté de Pharmacie, Marseille, 11 p. , (sd)
- [15] M.B. Ndjele et S. Bigawa : Etude de l'action de quelques plantes Bull.Soc.Roy.Bot.Bel. 115, pp.240-242, 1982
- [16] M. Foma, M. Mbudi, M. Kilyobo, M. Bamana, et M. Bungubetshi: Détermination de l'activité antibactérienne de six espèces sur quelques souches de Staphylocoques et de Streptocoques in Ann.Fac.Sc. UNIKIS, Vol.9, pp.103-114, 1993
- [17] V.K. Patel and H. Venkatakrishna-Bhatt: Folklore therapeutic indigenous plants in periondotal disorders in India (Review, experimental and clinical approach). Int J Clin Pharmacol Ther Toxicol; 26 (4); pp.176-184, 1988
- [18] I.W-R. Aouissa: Etude des activités biologiques et de la toxicité aiguë de l'extrait aqueux des feuilles de *Mangifera indica* L. Thèse de doctorat, Université de Bamako, 127 p. , 2002
- [19] C., de SOUZA, K. KOUMAGLO et M. GBEASSOR: Evaluation des propriétés antimicrobiennes des extraits aqueux totaux de quelques plantes médicinales in Pharm. Méd. tra. afr, UNIVERSITE DU BENIN, LOME pp 103-112, 1995
- [20] K., Kambu, L., Tona, N., Luki, K. Cimanga, et W. Makuba: Evaluation de l'activité antimicrobienne de quelques préparations traditionnelles anti diarrhéiques utilisées dans la ville de Kinshasa in Bull. Méd. Trad. Pharm.,Vol.3,N°1.Paris, pp15-24, 1989
- [21] G. Debuigne: Petit Larousse des plantes Médicinales. Larousse, Paris, 383p. , 2009
- [22] M., Mbuyi, S., Bigawa, L.B., Kumbukama, W.B., Tchatchambe, et B., Omande: Recherches sur l'activité antimicrobienne de quelques espèces végétales utilisées dans le traitement des diarrhées infectieuses en médecine traditionnelle Zaïroise in Ann. Fac. Sc., UNIKIS, Vol 6, pp 97-110, 1989.

Strategic mine planning approach for determination of operational pushbacks using Datamine NPV Scheduler: case study of the Mashamba East open pit mine, Democratic Republic of Congo

Patrick Mukonki May and Augustin Muhota Kawinda

Mining Engineering Department,
University of Lubumbashi, Faculty of Engineering, University of Lubumbashi,
Lubumbashi, Haut-Katanga province, RD Congo

Copyright © 2017 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 Mashamba East open pit mine is a copper-cobalt operation located in the Democratic Republic of Congo, in the mineral-rich Katanga Province 10 km southeast of Kolwezi town. Previously owned by Gecamines (a state-owned mining company), Mashamba East pit was recently separated from the neighbouring Mashamba West deposit, which now belongs to a Chinese company (Sicomines). The challenges in the mine optimization and the pushback approach will be to take into account the presence of a waste dump on the south of the deposit, the small distance between the pit and the property limits to the east and west of the deposit, and finally, the presence of a tailings storage facility to the north of the pit. Running the input data through Datamine NPV Scheduler showed that it is possible to design operational pushbacks to produce a well-balanced schedule and mining sequence. Mashamba East pit is located in a confined area, and this paper outlines the approach taken to achieve a viable mining sequence, taking into account the abovementioned restrictions. NPV Scheduler software will be used to optimize and determine pushbacks, while Minesight software will be used to design the ultimate pit and the operational pushbacks.

KEYWORDS: mine optimization, ultimate pit, long term open pit mine planning, Lersch-Grossman algorithm.

1 INTRODUCTION

International Modern strategic mine planning techniques are widely used in the industry to develop open pit mines and to predict returns on investment for both small-scale and large-scale open pit operations. Today it is possible for mine planners to run multiple simple or complex scenarios that satisfy corporate objectives using powerful computer software. The Mashamba East open pit mine has been planned based on a corporate target of 3.2 Mt of ore per year to be sent directly to the mill (the B4 mill) and approximately 30 Mt of waste material to at the waste dump to the south of the mine, using CAT 777F dump trucks and CAT6030FS front-end shovels. The pit area is constrained in the north by a tailing storage facility (TSF), to the south by the mine waste dump, on the east side by the property boundary, and on the west side, by the Mashamba West operation of Sicomines (a Chinese mining company). This paper discusses the steps, the design approach in terms of access location, and the planning strategy on how to develop the Mashamba East open pit mine, given these spatial constraints.

1.1 LOCATION

Mashamba open pit is located in the Kolwezi (Figure 1) area within the Central African Copperbelt in the Democratic Republic of Congo (DRC). The geological setting is summarized in Figure 2.

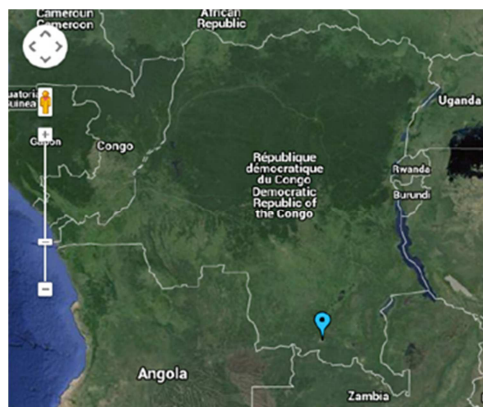


Fig1. Kolwezi town location

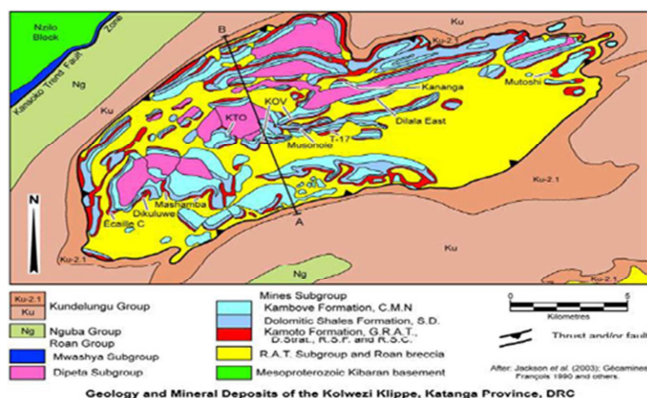


Fig2.Mashamba open pit geological setting

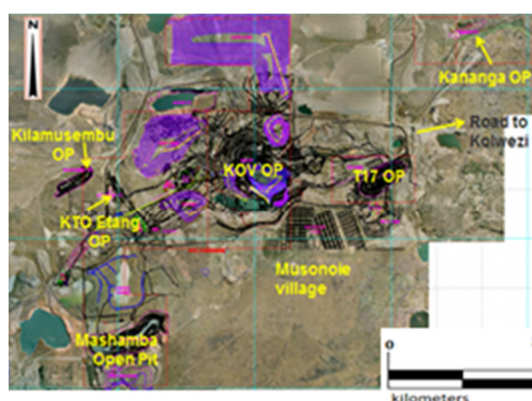


Fig3. Mashamba open pit mine location in the Katanga mining limited property

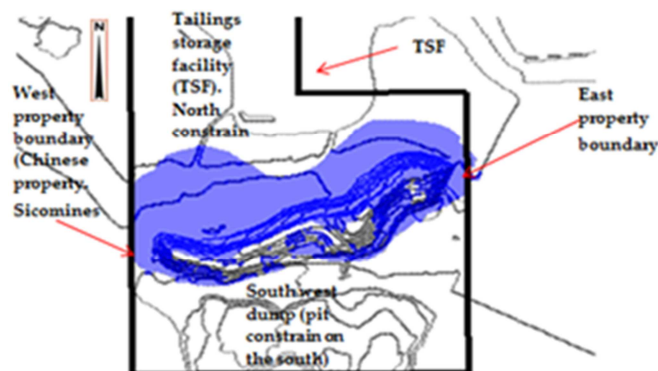


Fig4. Mashamba open pit mine (blue shaded) location and spatial constraints

1.2 HISTORICAL CONTEXT AND OWNERSHIP

Kamoto Copper Company SA (KCC) has owned the property and the associated the mining and exploitation rights since 2006. Katanga Mining Limited (KML) holds a 75% stake in KCC. La Generale des Carrieres et des Mines (GCM) and La Société Immobilière du Congo (SIMCO), state-owned mining companies in the DRC, own the other 25% of KCC. Table 1 summarizes the different permits that the company acquired in order to operate legally in the DRC.

Table 1. Kamoto Copper Company permits that include the Mashamba open pit mine.

Property	Exploitation permit number no.	Rights granted	Holder	Area of title	Valid until
Kamoto underground mine and Mashamba East open pit	PE525	Cu, Co and associated minerals	KCC	13 blocks, 11.04 km ²	03/04/2024 Renewable
T-17 open pit	PE11602	Cu, Co, nickel and gold	KCC	2 blocks, 1.698 km ²	03/04/2024 Renewable
Extension of Kananga	PE11601	Cu, Co, nickel and gold	KCC	1 block, 0.849 km ²	07/05/2022 Renewable
Property	Exploitation permit number no.	Rights granted	Holder	Area of title	Valid until
KOV open pit	PE4961	Cu, Co and associated minerals + use of surface	KCC	10 blocks, 8.49 km ²	03/04/2024 Renewable
Tilwezembe open pit	PE4963	Cu, Co and associated minerals + use of surface	KCC	9 blocks, 7.64 km ²	03/04/2024 Renewable
Kananga Mine	PE4960	Cu, Co and associated minerals + use of surface	KCC	13 blocks, 11.04 km ²	03/04/2024 Renewable

2 METHODOLOGY

The Mashamba East open pit mine geological model was reviewed in the third quarter 2014 by AMEC consulting company, and reserves in the entire model are shown as per the summary in Table 2. The pit geotechnical area has been split into two zones: zone 1 to the north, which will be optimized with an overall slope angle of 40 degrees, and the south zone or zone 2, which will be optimized with an overall slope angle of 25 degrees (see sketch in Figure 5).

Table 2. Material in the block model inventory using NPV Scheduler

Material split in the block model	tons
Ore	56 ,203 ,269
Waste	25, 752 ,558 ,961
Total	25, 808 ,762 ,184

The ore is classified into three main categories: INFOX or oxide copper material, INFMX or mixed copper material, and INFSUL or sulphide copper material. Oxide and mixed ore are processed by crushing, milling, flotation, and electrowinning (EW), and sulphide material by crushing, milling, and roasting. A detailed ore and waste material inventory is given in Table 3.

Table 3. Detailed material split in the block model inventory using NPV Scheduler

Material split	Code	tons
INFOX	7	48,719,243
INFMX	8	6,200,519
INFSUL	9	1,283,508
Waste	10	25,752,558,961

The geotechnical zones are shown in Figure 5.

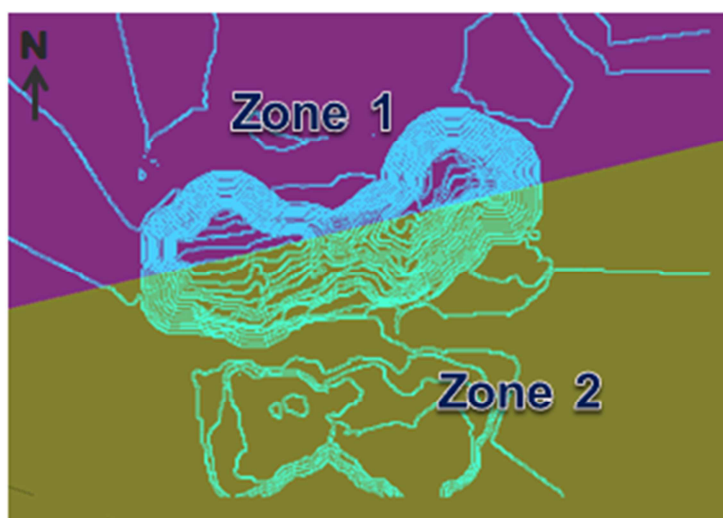


Fig5. Mashamba open pit mine geotechnical zones

This study was conducted under Glencore corporate office in June 2015, using the economic parameters in Tables 4–7.

Table 4. Copper price assumptions

Price		2013	2014	2015 (before copper price crash)	Units
	Copper	6,178	6,500	6,500	\$/ton
		2.8	2.95	2.95	\$/lb.
	Cobalt	25,062.00	24,250.82	24,250.82	\$/ton
		11.37	11	11	\$/lb.

Table 5. Mining costs applied to waste, oxide, mixed, and sulphide materials

Waste, oxide, mixed, and sulphide material		2013	2014	2015	Units
	Base	3.15	3.538	4.06	\$/ton mined
	Reference	1,450	1,450	1,450	
	Incremental below reference using CAT 793 trucks	0.0273	0.0273	0.0273	\$/ton mined
	Incremental below reference using CAT 777 trucks	0.0271	0.0271	0.0271	\$/ton mined

Table 6. Processing costs applied to waste, oxide, and mixed materials.

Oxide and mixed mill concentrator	2013	2014	2015	Units
Processing cost	17	18.75	18.97	\$/ton processed
SX-EW	0.54	0.27	0.274	\$/saleable copper
Copper mill recovery (TCU KTC)	71.92	74.24	74.24	%
Cobalt mill recovery (TCO KTC)	70.32	43.84	43.84	%
TCU SX-EW recovery	87.82	85.5	85.5	%
TCO SX-EW recovery	51.79	30	30	%

Table 7. Processing costs applied to sulphide materials

Sulphide mill concentrator	2013	2014	2015	Units
Processing cost	7	7.24	7.24	\$/ton processed
Roaster and SX-EW	0.36	0.18	0.18	\$/saleable copper
Copper mill recovery (TCU KTC)	88	90	90	%
Cobalt mill recovery (TCO KTC)	79.1	65	65	%
TCU SX-EW recovery	83.82	87.4	87.4	%
TCO SX-EW recovery	49.45	30	30	%

The methodology used for the study is summarized in Figure 6, using the abovementioned geotechnical and technical parameters.

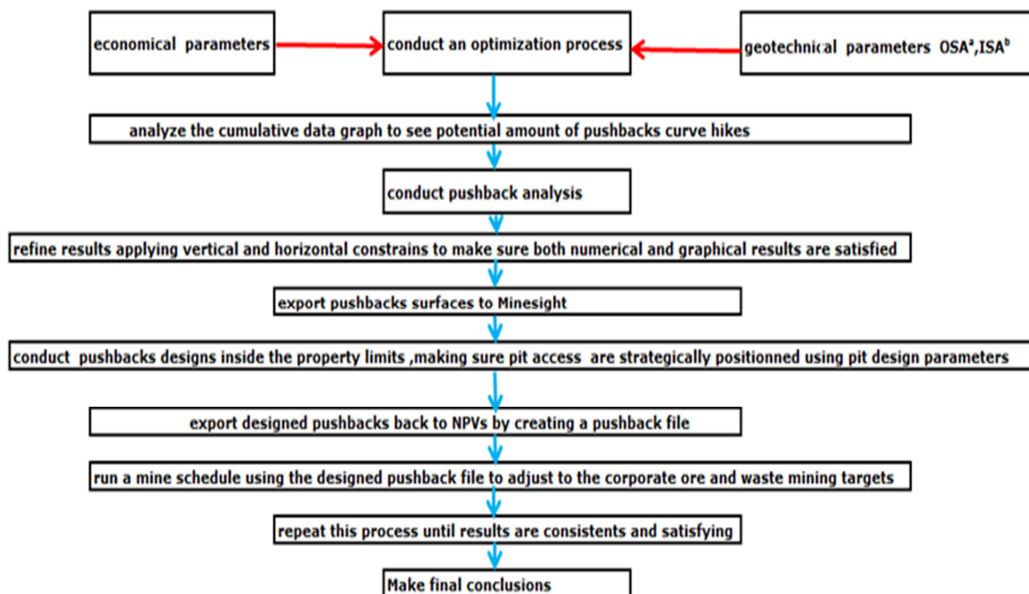


Fig6. Mashamba open pit overall strategic methodology

2.1 THE MASHAMBA EAST OPEN PIT MINE OPTIMIZATION APPROACH

Based on the input data and various constrains, (including the property boundary limits as per Figure 4, an optimization process was run which resulted in the following outputs.

2.2 ULTIMATE PIT LIMITS

Ultimate pit limits are shown in Figure 7, and the results are summarized in Table 8.

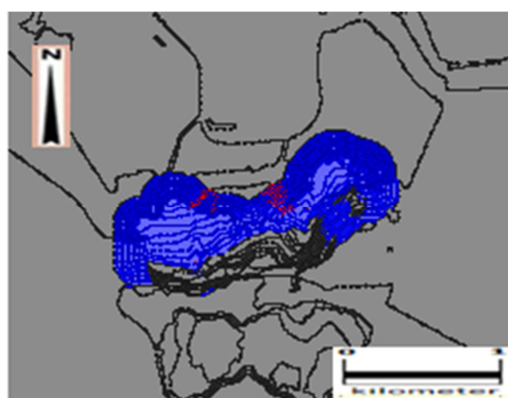


Fig7. Mashamba ultimate pits (NPV output surface)

Table 8. Ultimate pit (Pit78) ore and waste quantities where the revenue factor is 100%

Phase pit n°.	NPV(t)	Worst case NPV(t)	Total material(t)	Ore(t)	Waste(t)
Pit 72 (94)	669, 723, 070	657, 256, 811	127, 789, 503	17, 500, 715	110, 288, 788
Pit 73 (95)	669, 775, 058	657, 296, 697	127, 853, 369	17, 510, 615	110, 342, 754
Pit 74 (96)	671, 561, 100	658, 760, 846	129, 837, 747	17, 703, 390	112, 134, 357
Pit 75 (97)	671, 670, 580	658, 853, 180	129, 945, 547	17, 711, 640	112, 233, 907
Pit 76 (98)	672, 398, 691	659, 444, 206	130, 856, 347	17, 809, 540	113, 046, 807
Pit 77 (99)	673, 717, 969	660, 430, 551	132, 739, 855	17, 976, 740	114, 763, 115
Pit 78 (100)	673, 878, 780	660, 524, 659	133, 054, 708	18, 017, 165	115, 037, 543

The cumulative graph of the pit optimization is shown in Figure 8.

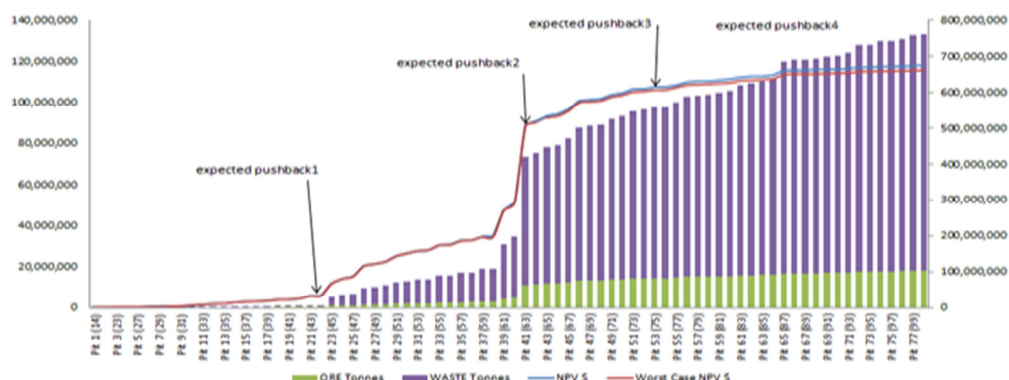


Fig8. Mashamba ultimate pit cumulative graphs and expected pushbacks

2.3 PUSHBACK ANALYSIS (THE CHALLENGE IN APPLYING THE STRATEGIC APPROACH)

Based on the graph in Figure 8, there are some sharp hikes on pit 23, pit 42, pit 53, and pit 77, which is almost the ultimate pit limit size. This indicates that there are likely to be four or five pushbacks. At this stage, the number of pushbacks is speculative and the data has to be run through the NPV Scheduler pushback analysis tool for validation. Note that at this level of analysis, pit access and the ramp system are not yet incorporated.

- **Scenario 1– Unconstrained (Sequence inside Property Limits)**

Figure 9 illustrates the pushback sequence with no size constraints applied.

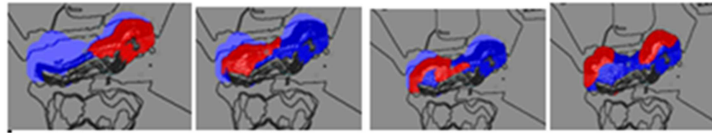


Fig9. Mashamba pushback sequence, without size constraints (from pushback 1 to 4, left to right)

Figure 9 shows that pushback 1 leaves a small amount of material that is later mined in pushback 4; this also shows that pushback 3 tends to be between (overlap) the East pit and the West pit. Although the tonnages generated are practical (see Table 9), the graphical sequence has to be adjusted using horizontal constraints polygons to ensure the physical practicality of the pit design.

Table 9. Pushback table (constraint-free scenario)

Pushback n ^o	Tons
1	29 ,756 ,485
2	34 ,398 ,144
3	20 ,500 ,145
4	48 ,399 ,934
Total	133, 054 ,708

- **Scenario 2 –Some Polygon Constraints Applied Inside Property Limits**

For scenario 2, some polygon constraints were applied iteratively in the x, y directions to adjust the pushback sizes in order to achieve a practical mining sequence.

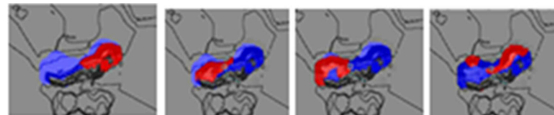


Fig10. Mashamba pushback sequence using iterative polygons and size constraints inside the property limits

Figure 10 shows that (from left to right) pushbacks 1, 2, and 3 have been adjusted to an appropriate size (remembering the ore and waste targets stated previously) but pushback 4 still leaves residual material to the west of the pit that needs to be incorporated in a practical mineable pushback. “Practical” also takes into account the need to minimize fleet or shovel relocations around the pit to avoid availability issues that impact production in general.

Table 10. Pushback table (constrained scenario)

Pushback no.	Tons
1	29,756,485
2	34,398,144
3	35,563,204
4	33,336,875
Total	133,054,708

• **Scenario 3 –Constrained Sequence inside Property Limits**

The last scenario (Figure 11) is a result of a combination of multiple other iterations to achieve an almost homogenous material distribution within all four pushbacks:

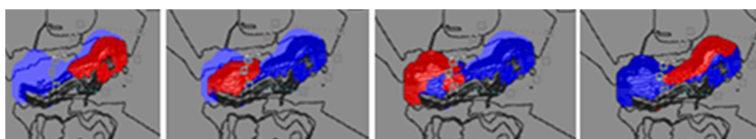


Fig11. Mashamba pushbacks – final sequence inside the property limits

Table 11. Pushback table (final scenario: graphical and numerical results are satisfactory)

Pushback no.	Tons
1	29,756,485
2	34,593,658
3	38,201,702
4	30,502,863
Total	133,054,708

As mentioned previously, the pushback configuration does not contain access and ramping systems. Before dealing briefly with pit design, a mining schedule has to be produced that will tell us the life of mine and how the 3.2 Mt of ore and 30 Mt of waste material per year will be achieved.

2.4 MINING SCHEDULE

To achieve material targets, the following schedule was generated (Table 12 and Figure 12).

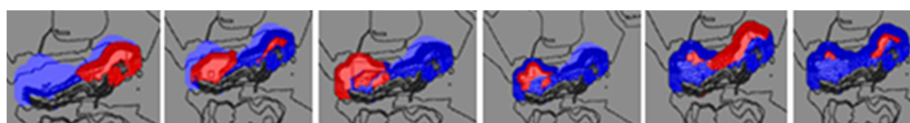


Fig12. Mashamba development sequence per year (from left to right)

Table 12. Mining schedule for Mashamba East pit

Year	Rock tons	NPV \$	INFOX tons	INFMX tons	INFSUL tons	ORE tons
1	27,906,285	114,965,021	3,100,273			3,100,273
2	32,840,258	91,648,648	1,668,700	628,023	803,732	3,100,455
3	29,480,902	56,104,674	1,342,605	1,401,301	357,500	3,101,406
4	10,964,800	114,043,905	2,118,875	979,550		3,098,425
5	27,977,263	41,755,960	3,099,531			3,099,531
6	3,885,200	68,569,149	2,517,075			2,517,075
Total	133,054,708	487,087,357	13,847,059	3,008,874	1,161,232	18,017,165

Now that both graphical and numerical schedule achievability have been attained, we can introduce the access and ramping system.

After designing each pushback separately, including ramps, using Minesight, we superimposed each pushback surface to create a **pushback file** in the scheduler. Several schedules were run, and the results for the most satisfactory are summarized in Table 13:

Table 13. Mining-adjusted schedule for Mashamba East pit (ramping system included)

Year	Rock (tons)	NPV(\$)	INFOX (tons)	INFMX(tons)	INFSUL(tons)	ORE (tons)
1	40,360,089	55,229,078	3,251,369			3,251,369
2	37,547,912	79,682,909	2,313,168	207,829	727,953	3,248,950
3	29,192,906	67,493,972	1,344,503	1,584,275	321,272	3,250,050
4	25,881,614	77,930,111	1,977,410	1,159,021	113,284	3,249,715
5	26,846,028	51,788,898	3,251,760			3,251,760
6	1,801,800	27,087,588	1,033,175			1,033,175
Total	161,630,348	359,212,556	13,171,384	2,951,124	1,162,508	17,285,019

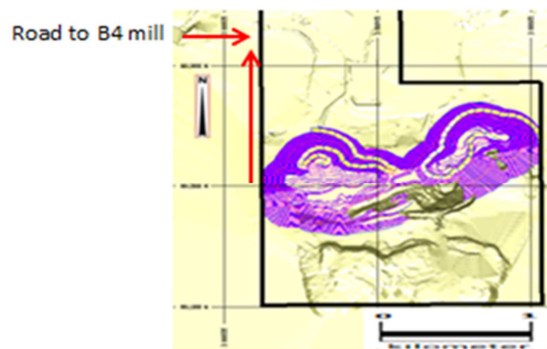


Fig13. Mashamba East final pit with ramping system and access included

3 FINDINGS AND DISCUSSION

Adding a ramping system using 30 m wide ramps to access the pit from the north seems to be a better idea to avoid crossing the property boundaries by expanding the pit on the east and west sides, although it would have been beneficial to have an access at the west of the pit so as to provide direct access to the road to B4 mill. Also, this helps to minimize switchbacks and thus minimize the pit size. Addition of the ramping system increased the total material mined by almost 20%, but this can be reduced by refining the pit design to minimize waste material. Total material mined in year 4 shows a sharp drop on the original schedule with no ramp, but it is corrected (smoothed) with the additional material that is included by adjusting the schedule with the ramping system, and this has the advantage of maintaining a fairly homogeneous fleet size for the entire life of the mine, which avoids underutilization of equipment (see Figure 14). The NPV is very aggressive on year 1 of the original schedule (\$114.9 million) but seems to follow a realistic and well-distributed trend along the life of the mine after adding ramps in the adjusted schedule. Although the highest NPV occurs at year 2 (\$79 million) of the adjusted schedule, it is only in the first one-third (early returns on investment are guaranteed) of the entire life of the mine and seems to carry on until year 4 before starting to drop (see Figure 15).

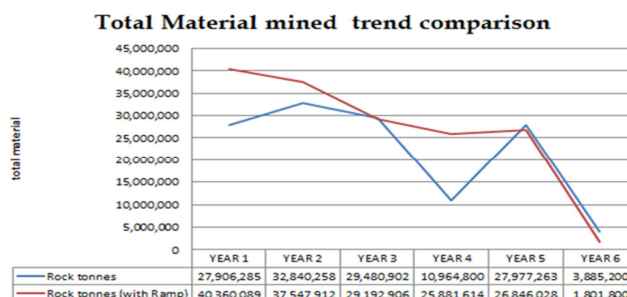


Fig14. Total material mined trends

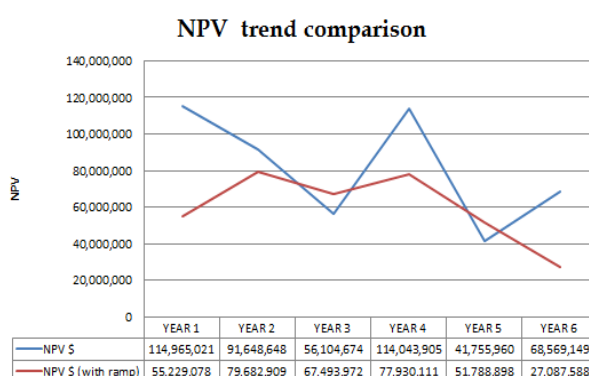


Fig15. NPV trend comparison

4 CONCLUSION

Mine planning, as it is conducted in the modern industry, seems to follow a generic methodology and pattern, but every mine is a different case. This study has demonstrated the great potential for generating a consistent schedule and life of mine results, by the application of a pushback file (size-controlled) in addition to a ramping system.

We demonstrated how, based on a cumulative pit shell graph analysis, it is possible to determine a first estimate on the pushbacks to be used to control the size of a pit in a confined area and to develop it into a well-defined mining schedule. In this study, although the results were not attained in a single run, we highlighted the steps of a strategic mine planning approach (strategic both on graphical material distribution per pushback, and numerical approach in terms of targets to achieve) to resolve this specific case study. Mashamba East open pit mine was intended to be a satellite pit of the bigger KOV pit, and a multi-pit approach that takes into account the simultaneous development of the two mines will need to be conducted to compare the resulting mining sequence for stronger validation of the results. This will be discussed in further papers if the opportunity arises in the future.

REFERENCES

- [1] A. C. Madowe, "The mine planning process for an open pit diamond mine operation –A case study on Letseng diamond mine Lesotho," Proceedings of Diamonds –source to use, Muldersdrift, South Africa, 12-13 March 2013, Southern African Institute of Mining and Metallurgy, Johannesburg. 2013
- [2] Z. E. Elahi, R. Kakaie and A. Yousefi, "A new algorithm for optimum open pit design: Floating cone method III," *Journal of Mining and environment*, vol. 2, pp. 118–125, 2011.
- [3] K. Dagedelen, "Open pit optimization - strategies for improving economics of mining projects through mine planning," *Proceedings of the 17th International Mining Congress and Exhibition of Turkey - IMCET 2001*.
- [4] K. Dagedelen, "Mine production scheduling optimization 'the state of the art'," *Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Littleton, Colorado*.
- [5] W. Hustrulid and M. Kuchta: Open pit Mine planning and design. vol.1-Fundamentals. 3rdEd. Balkema, Rotterdam–Brookfield. 1998
- [6] B. Jayanta: Principles of Mine planning. 2nd Ed. Allied Publishers, New Delhi, India. 2007

- [7] C. R. Ian: Mining Economics and Strategy. 1st Ed. Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Littleton, Colorado. 1998
- [8] P.C. Juan: Management of Mineral resources-Creating Value in the Mining Business Applications. Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Littleton, Colorado. 2002
- [9] J.M. Rendu: *An Introduction to Cut-Off Grade Estimation*. 1st Ed. Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Littleton, Colorado. 2008
- [10] F.T. Thomas: *Evaluating Mineral Projects: Applications and Misconceptions*. 1st Ed. Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Littleton, Colorado. 1998

ABSENTEISME DU AU PALUDISME DANS LES ECOLES DE BUKAVU EN RDC

Debonheur SHABANI MALEMBA

MPH : Economiste de la santé, ERSP de l'UCB,
Ecole Régionale de Santé Publique, Université Catholique de Bukavu, Bukavu, Sud – Kivu, RD Congo

Copyright © 2017 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: Malaria remains a word problem and a major preoccupation of public health for tropical countries, particularly for Africa's Sub-Saharan countries. Released International financing to fight against malaria clearly increased going from more less U.S. \$ 100 million in 2000 to U.S. \$ 1.94 billion in 2013. It is worth mentioning the DRC and Nigeria, all on their own represent the heaviest burden of malaria, 40% of the world total. In South Kivu, about one million of new cases are recorded every year, according to the WHO office in Bukavu. The release of the proportion of school absenteeism due to malaria can realize his tragic contribution to ruin education and even the development of the student. After the surveys were conducted in schools with clinics, it emerges that malaria alone takes 30.8% of school absenteeism. Stakeholders and the public should be better informed of the consequences and enforce measures to prevent malaria.

KEYWORDS: exposed, malaria, absent, destruction of education, obstacles to development and poverty.

RESUME: le paludisme demeure un problème d'ampleur mondiale et une préoccupation majeure de santé publique pour les pays tropicaux, particulièrement pour les pays de l'Afrique Sub-saharienne. Les financements internationaux débloqués pour lutter contre le paludisme se sont nettement accrus, passant d'un peu moins de US\$ 100 millions en 2000 à US\$ 1,94 milliard en 2013. Il sied de signaler que la République démocratique du Congo et le Nigeria, à eux seuls, représentent le plus lourd fardeau du paludisme, soit 40 % du total mondial. Au Sud-Kivu, près d'un million de nouveaux cas sont enregistrés chaque année, selon le bureau de l'OMS à Bukavu. Le dégagement de la proportion d'absentéisme scolaire due au paludisme permet de se rendre compte de sa contribution tragique à la ruine de l'éducation et même au développement de l'étudiant. Après les enquêtes ont été menées dans les écoles pourvues de dispensaires, il se dégage que le paludisme à lui seul prend 30,8 % d'absentéisme à l'école. Les acteurs et la population devraient être mieux informés des conséquences et respecter les mesures de prévention du paludisme.

MOTS-CLEFS: exposition, paludisme, absentéisme à l'école, ruine de l'éducation, frein au développement et pauvreté.

1 INTRODUCTION

Connu depuis l'antiquité, mais toujours d'actualité, le paludisme ou malaria est une endémie redoutable, dont l'agent et le mode de transmission sont bien connus depuis la fin du XIX^{ème} siècle. Nombreuses activités de recherche et d'énormes ressources ont été consacrées à la mise en œuvre des moyens capables de réduire l'impact de cette maladie en termes de morbidité et de mortalité. Toutefois, l'augmentation des financements internationaux de moins US\$ 100 millions en 2000 à 1,94 milliard en 2013, a ralenti au cours des dernières années, passant à une moyenne de 4 % par an entre 2009 et 2013, par rapport à une moyenne annuelle de 43 % entre 2005 et 2009¹. Malgré tout, le paludisme demeure un problème d'ampleur mondiale².

¹ OMS, Rapport 2013 sur le paludisme dans le monde. Disponible sur <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs094/fr/>, Consulté le 08 mai 2014.

² P.N.L.P. "Faire Reculer le Paludisme", Plan stratégique 2009 - 2013, p.11.
Disponible sur, http://www.document.minisanterdc.cd/document/doc_96.pdf, consulté le 23 mai 2013.

L'Afrique reste le continent le plus touché avec 90 % de la mortalité mondiale. La maladie prive les parents de leur travail et les enfants ne vont pas à l'école, privant ainsi les familles de revenus et d'opportunités³.

Au Mali, lors d'un essai randomisé par Save the children en partenariat avec le Programme National de lutte contre le paludisme, dans une région de Sikasso en Novembre 2010, auprès des enfants d'âge scolaire dans 80 écoles, les résultats de cette étude ont confirmés : 80% des enfants de l'école avait des parasites de paludisme dans leur sang, 65 % étaient anémiques ; moins de 5% avaient la fièvre, ce qui signifie que la majorité des cas de paludisme étaient asymptomatiques ; Seulement 42 % des enfants scolarisés ont dit avoir dormi sous une moustiquaire la nuit précédant l'enquête.

Au cours de la dernière décennie, la couverture par des interventions de lutte anti vectorielle s'est considérablement élargie en Afrique subsaharienne. Malgré tout, le paludisme demeure une préoccupation majeure de santé publique pour les pays tropicaux, particulièrement les pays de l'Afrique Sub-saharienne⁴. Les estimations du pourcentage des ménages possédant au moins une MII ont atteint 53 % en 2011 et sont restées stables en 2012. Toutefois, en raison d'une distribution moins importante de MII et de la résistance accrue des moustiques aux insecticides, les progrès réalisés dans la lutte anti vectorielle pourraient être compromis⁵.

Plus de 80 % des décès imputables au paludisme en 2012 ont eu lieu dans seulement 17 pays, notamment la République démocratique du Congo et le Nigeria, qui à eux seuls représentent le plus lourd fardeau du paludisme, soit 40 % du total mondial⁶.

Au Sud Kivu, près d'un million de nouveaux cas sont enregistrés chaque année, selon le bureau de l'OMS à Bukavu. Les dernières enquêtes menées par les experts dans ce domaine montrent que, dans cette province, seuls 39,5 % de ménages possèdent les moustiquaires⁷.

Malgré toutes les dispositions prises pour une mobilisation sociale et pour l'adoption d'un comportement favorable à la lutte anti vectorielle, le paludisme persiste toujours à Bukavu. Ce qui pourrait entraîner des coûts liés aux soins de santé privant ainsi les ménages des ressources nécessaires pour leur épanouissement.

Ainsi, après l'adoption de la politique nationale de lutte contre le paludisme, il s'avère nécessaire de dégager la proportion d'absentéisme scolaire due au paludisme afin de se rendre compte des conséquences néfastes de celui-ci à l'éducation et même au développement de l'étudiant.

2 OBJECTIFS DE RECHERCHE

OBJECTIF GÉNÉRAL

Contribuer à recueillir des données pouvant servir de support aux décideurs et de référence aux chercheurs.

OBJECTIF SPÉCIFIQUE

Dégager de la proportion d'absentéisme scolaire due au paludisme.

³ OMS, Rapport mondial sur le paludisme, 2012

Disponible sur http://www.who.int/malaria/publications/world_malaria_report_2012/wmr2012_summary_and_keypoint_fr.pdf, consulté 25 Avril 2013.

⁴ P.N.L.P. "Faire Reculer le Paludisme", Plan strategique 2009 - 2013, p.11

Disponible sur, http://www.document.minisanterdc.cd/document/doc_96.pdf, consulté le 23 mai 2013.

⁵ Rapport OMS 2012, sur le paludisme dans le monde.

Disponible sur http://www.who.int/malaria/publications/world_malaria_report_2012/wmr2012_summary_and_keypoint_fr.pdf, consulté le 17 mai 2013.

⁶ OMS, Rapport mondial sur le paludisme, 2013

Disponible sur

http://www.who.int/malaria/publications/world_malaria_report_2013/wmr13_resume_points_essentiels.pdf?ua=1; consulté 08 Mai 2014.

⁷ PNUD, Unité de lutte contre la pauvreté, Province du Sud-kivu, p. 14

disponible sur http://www.cd.undp.org/content/dam/dem_rep_congo/docs/povred/UNDP-CD-Profil-PROVINCE-Sud-Kivu.pdf, Consulté le 25 avril 2013.

3 DELIMITATION DE L'ETUDE

Comme toute étude scientifique, notre sujet est délimité dans le temps, dans l'espace ainsi que dans le domaine pour mieux cerner notre recherche.

DÉLIMITATION DANS LE TEMPS

Elle s'étale sur l'année scolaire 2012-2013.

DÉLIMITATION DANS L'ESPACE

Notre recherche est limitée à la zone de santé urbaine d'Ibanda sise ville de Bukavu, à l'Est de la RDC.

SUR LE PLAN THÉMATIQUE

Cette étude concerne l'absentéisme scolaire due au paludisme.

4 LIMITATION DE L'ETUDE

Nous n'avons pas pu enquêter toutes les écoles, car nombreuses d'entre elles n'ont pas de dispensaire.

5 INTERET DU SUJET

INTÉRÊT PERSONNEL

Les conséquences du paludisme sont énormes sur le plan social et économique. Ces raisons expliquent notre intérêt personnel pour ce sujet comportant de lourdes conséquences sur l'étudiant en particulier, et sur la société en général.

INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

Bien que les activités et recherches sur la lutte contre le paludisme soient intensifiées, le paludisme demeure un problème majeur de santé publique.

La présente étude pourrait permettre de réaliser une mise au point sur la proportion d'absentéisme scolaire due au paludisme. Elle pourrait également servir en guise de support aux décideurs et de référence aux chercheurs.

6 MATERIEL ET METHODES

Les enquêtes ont été menées dans les écoles pourvues de dispensaires suivant le modèle du questionnaire en annexe ; et où les élèves vivant dans la Zone de santé d'Ibanda ont été suivis, notamment le collège Alfajiri, le collège Saint Paul, le Lycée International, l'institut Bwindi et le Lycée Wima.

L'encodage et l'analyse des données récoltées et traitées ont été réalisés à l'aide des logiciels Excel 2010. La proportion d'absentéisme scolaire du au paludisme a été dégager dans les absences scolaires totales.

7 RESULTATS

Tableau I : Absentéisme à l'école du au paludisme

Cas non paludisme	Cas paludisme	Proportion paludisme (%)
171	76	30,8

Au vu de ces résultats, le paludisme à lui seul prend 30,8 % d'absentéisme à l'école, ce qui explique sa contribution tragique à la ruine de l'éducation et même au développement de l'étudiant.

8 DISCUSSION DES RESULTATS

Le paludisme à lui seul prend 30,8 % d'absentéisme à l'école ce qui explique sa contribution tragique à la ruine de l'éducation et même au développement de l'étudiant. Ces résultats renforcent ceux trouvés au Mali, lors d'un essai randomisé par Save the children en partenariat avec le Programme National de lutte contre le paludisme, dans une région de Sikasso en Novembre 2010, auprès des enfants d'âge scolaire dans 80 écoles, qui confirme que 80 % des enfants d'âge scolaire ont le paludisme. Le paludisme cause l'anémie qui réduit la capacité des enfants à se concentrer et à apprendre en classe ; et cause l'absentéisme scolaire. Bien que ces résultats n'ont pas donné une proportion chiffrée d'absentéisme, néanmoins confirme tout de même que le paludisme cause l'absentéisme scolaire.

Aussi ce pourcentage (30,8 %) est en baisse, lorsqu'on le compare à 40 % trouvé à la suite d'une enquête menée par l'Unicef en Côte d'Ivoire/2006 sur l'absentéisme scolaire dû au paludisme. Cette différence peut être expliquée non seulement par l'environnement qui est aussi différent, mais aussi par plusieurs interventions de lutte anti vectorielle réalisées après cette enquête.

9 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

CONCLUSION

Le présent travail a eu pour objectif de dégager la proportion d'absentéisme scolaire du paludisme, afin d'apprêter un outil pouvant servir de support aux décideurs et aux chercheurs. Au terme de la présente étude, il se dégage que le paludisme à lui seul prend 30,8 % d'absentéisme à l'école.

RECOMMANDATIONS

Eu égard à ce qui précède, nous formulons les recommandations suivantes pour la réduction du taux d'absentéisme scolaire du au paludisme dans la Zone de Santé d'Ibanda :

- de renforcer les dispositifs de démoustication sur l'espace public ;
- de former les enseignants sur la lutte anti vectorielle pour mener des leçons participatives sur la prévention du paludisme.
- Encourager l'instauration des comités ou clubs anti-paludisme dans chaque école pour évaluer et promouvoir la lutte anti vectorielle.
- Capitaliser la journée mondiale du paludisme à l'école.

REFERENCES

- [1] APP « L'Alliance pour la prévention du paludisme », Boîte à outils pour les campagnes de distribution massive visant à augmenter la couverture et l'utilisation de moustiquaires imprégnées d'insecticide longue durée, Seconde édition 2012.
- [2] Lavoisier, Epidémiologie : Principes et méthodes quantitatives, Paris, 2009.
- [3] Nicolas Treich, l'Analyse coût-bénéfice de la Prévention des Risques, Université de Toulouse, Décembre 2005.
- [4] OMS, LE PALUDISME CHEZ LA FEMME ENCEINTE, Lignes directrices pour la mesure des indicateurs clés utilisés aux fins du suivi et évaluation, 2007.
- [5] Prof Pierre Aubry et Prof Emirate, Médecine Tropicale, paludisme à Madagascar, 2006, P.1
- [6] PNL, Faire Reculer le Paludisme, PLAN STRATEGIQUE 2009 – 2013, Janvier 2009, RD Congo.
- [7] PNL, Guide technique de formation en prévention et prise en charge du paludisme, 2010, p.31.
- [8] Audibert M, Evaluation de la lutte anti vectorielle : Approche économique, Médecine Tropicale, 2009.
- [9] CENTRE NATIONAL D'EXPERTISE SUR LE VECTEUR, Surveillance et Contrôle des moustiques aux points d'entrée ouverts au trafic international, Octobre 2012, Paris, p. 23.
- [10] Jacky KABWE KABEYA et All, Impact de la moustiquaire imprégnée d'insecticide sur le paludisme parmi les enfants de moins de cinq ans : Cas de la RD Congo.
- [11] DOANNIO J.M.C et all, Représentations sociales et pratiques liée à l'utilisation des moustiquaires imprégnées dans la lutte contre le paludisme en Côte d'Ivoire, publié dans Med Trop 2003 ; pp 45-52,66.
- [12] Centre d'expertise sur les vecteurs « CNEV », Guide méthodologique de surveillance et contrôle des moustiques aux points d'entrées au trafic international, France, Octobre 2012.
- [13] Kevin S et all, traitement du paludisme aux Etats-Unis : une revue systématique, publié dans le journal Américain des Maladies Vol 297, numéro 20, Atlante USA, Mai 2007

- [14] MINISANTE RWANDA, Manuel de formation pour la prise en charge du paludisme au Rwanda, PNILP, KIGALI, juillet 2008, pp165
- [15] OMS : Bureau Afrique, Profil entomologique du paludisme en RDC, Septembre 2007
- [16] OMS, Rapport d'un groupe d'étude, PALUDISME : LUTTE ANTIVECTORIELLE ET PROTECTION INDIVIDUELLE, Série de Rapports techniques 936, 2006.
- [17] OMS, Rapport mondial sur le paludisme, 2005.
- [18] OMS, Rapport mondial sur le paludisme, 2006.
- [19] OMS, Rapport mondial sur le paludisme, 2007.
- [20] OMS : Rapport mondial sur le paludisme ,2008.
- [21] OMS, Rapport mondial sur le paludisme, 2009.
- [22] OMS, Rapport mondial sur le paludisme, 2010.
- [23] OMS, Rapport mondial sur le paludisme, 2011.
- [24] OMS, Rapport mondial sur le paludisme, 2012.
- [25] OMS, Rapport mondial sur le paludisme, 2013.
- [26] Plan d'action 2009 du District sanitaire de Bukavu, p 24.
- [27] Plan National stratégiques de lutte contre le paludisme 2007-2011 ; Rapport de EDS République Démocratique du Congo 2007.
- [28] PNLP-RDC, Fiches techniques paludisme, version 2005.
- [29] PNUD, Pauvreté et conditions de vie des Ménages, Province du Sud – Kivu, Mars 2009.
- [30] Save the children et all, lutte contre le paludisme au Mali, 2010.
- [31] TALANI P et all, lutte contre le paludisme par le moustiquaire imprégnées à Brazzaville, journal le KIOSQUE, journal Médecine d'Afrique noire, n° 5212, décembre 2005, pages 687-690.
- [32] Thaddée YHAWÉ, paludisme un combat de tous les jours, Syfiat RDC2009.
- [33] UNICEF, Combattre le paludisme est un investissement pour le futur !, Cote D'Ivoire, 2006.
- [34] WHO: RBM, Overivew of malaria control activities and program progress, Brasil, 2005, p 5.
- [35] Aurelien A.AHOLOUKPE, des représentations socioculturelles liées à la moustiquaire imprégnée en milieu rural au Bénin : cas de l'arrondissement de Ouèdo à Abomey-calavi, Mémoire inédit, Université de Bénin, 2006, p 35.
- [36] D OANNION JMC, Transmission du paludisme à Kaffiné, un village de riziculture irrigué de la Côte d'Ivoire et essaie de lutte par l'utilisation des moustiquaires « O lyset Net » en zone de résistance des Anopheles gambiae s. (Gillet, 1902) aux pyrèthrimoïdes. Thèses de Doctorat d'Etat des Sciences Naturelles, Université de Cocody-Abudjan, 2003, p 214.
- [37] DOSSOU-YOVO J – Etude éthiologique des moustiques vecteurs du paludisme en rapport avec les aspects parasitologiques de la transmission du paludisme dans la région de Bouaké. Thèse de Doctorat d'Etat, Université d'Abidjan-cocody, Côte d'Ivoire, 2003, p 345.
- [38] Eddy Kieto ZOLA, Analyse comparative de la prise ne charge et du coût des soins d'un épisode du paludisme simple chez les enfants de moins de 5 ans dans les centres de sante St Joseph, Esengo et Deborah, Ecole de Santé Publique de l'Université de Kinshasa - DES en Economie de la Santé, 2004.
- [39] IYAMUREMYE Vincent, Degré d'utilisation des moustiquaires imprégnées d'insecticides par les femmes enceintes en CPN et ses déterminants dans la Zone de l'hôpital MIBILIZI au RWANDA, I.S.T.M /Bukavu 2009, inédit.
- [40] KALEBO WATANGA, Degré d'adhésion à l'utilisation des moustiquaires imprégnées d'insecticides à Bukavu, I.S.T.M /Bukavu 2009, inédit.
- [41] NGONGO MUNDALA, la prévention du paludisme chez la femme enceinte dans Zone de Santé Urbaine de Bukavu, I.S.T.M /Bukavu 2000, inédit.
- [42] Michel vaillant, Déploiement d'une nouvelle stratégie de traitement d'une maladie à transmission vectorielle : application au paludisme , analyse des pratiques thérapeutiques, et conséquences sur l'épidémiologie de P. falciparum en Casamance, Sénégal, 1996 – 2009, Thèse pour le Doctorat de l'Université Bordeaux 2, 2010.
- [43] Pierre AKILIMALI ZALAGILE, Déterminants de l'utilisation de la moustiquaire imprégnée d'insecticide en faveur des enfants de moins de cinq ans dans la ville de Kinshasa, Ecole de Santé Publique de l'Université de Kinshasa -Maitrise en Santé Publique-Economie de la Santé 2008.
- [44] Roserie AZONDEKON, Contrôle de qualités des Moustiquaires Imprégnées Commercialisées ou distribuées au Benin, Université d'Aubomey Calavi, 2007.
- [45] SANDRA INCARDONA, Le paludisme au Cambodge épidémiologie, diagnostic moléculaire à haut débit, et variabilité du gène ARNr 18S des quatre espèces infectant l'homme, Thèse de doctorat de l'Université Paris 7, juin 2007.

LUTTE ANTI VECTORIELLE DANS LA PREVENTION DU PALUDISME : APPROCHE EPIDEMIOLOGIQUE

Debonheur SHABANI MALEMBA

MPH : Economiste de la santé, Ecole Régionale de Santé Publique, Université Catholique de Bukavu,
Bukavu, Sud - Kivu, RD Congo

Copyright © 2017 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: *Context:* Malaria remains a word problem and a major preoccupation of public health for tropical countries, particularly for Africa's Sub-Saharan countries. Released International financing to fight against malaria clearly increased going from more less U.S. \$ 100 million in 2000 to U.S. \$ 1.94 billion in 2013. It is worth mentioning the DRC and Nigeria, all on their own represent the heaviest burden of malaria, 40% of the world total. In South Kivu, about one million of new cases are recorded every year, according to the WHO office in Bukavu.

Objective: To analyze the risk

Methodology: by a cohort study of 3,337 people observed in 422 households from January first to December 31th 2013. The last approach was completed by economic analysis from Audibert method. The data were collected from households, BCZS, hospitals and schools.

Results: the people who do not sleep under mosquito-nets filled with insecticide are more than twice exposed (RR : 2.5) to malaria than those sleeping under mosquito-nets filled with insecticide; the people sleeping under ITN, but living in a non-cleaned up environment are more than four times (RR : 4.2) exposed to malaria than those sleeping under ITN, but living in a cleaned up environment.

Conclusion: the cleaning up of environment combined with the use of ITN constitutes a very efficient strategy. It can be added that the Remediation joined the use of IBD and reveals the very effective strategy. He added only use of ITN is also efficient in the reduction of morbidity.

KEYWORDS: Exhibition, malaria, morbidity, expenses, obstacle to development and poverty.

RESUME: *Contexte:* le paludisme demeure un problème d'ampleur mondiale et une préoccupation majeure de santé publique pour les pays tropicaux, particulièrement pour les pays de l'Afrique Sub-saharienne. Les financements internationaux débloqués pour lutter contre le paludisme se sont nettement accrus, passant d'un peu moins de US\$ 100 millions en 2000 à US\$ 1,94 milliard en 2013. Il sied de signaler que la République démocratique du Congo et le Nigeria, à eux seuls, représentent le plus lourd fardeau du paludisme, soit 40 % du total mondial. Au Sud-Kivu, près d'un million de nouveaux cas sont enregistrés chaque année, selon le bureau de l'OMS à Bukavu.

Objectif: analyser le risque d'exposition au paludisme.

Méthodologie: une étude de cohorte de 3 337 personnes suivies chaque mois, dans 422 ménages, du 1^{er} janvier au 31 Décembre 2013. Les données ont été recueillies à partir des ménages, du BCZS, des hôpitaux et des écoles.

Résultats: les personnes qui ne dorment pas sous MII sont exposées deux fois plus (RR : 2,5) au paludisme que celles qui dorment sous MII ; les personnes dormant sous MII, mais vivant dans un environnement non assaini sont exposées plus de quatre fois (RR : 4,2) au paludisme que celles dormant sous MII, mais vivant dans un environnement assaini ;

Conclusion: l'assainissement de l'environnement joint à l'utilisation de la MII se révèle ainsi la stratégie très efficace. Il s'y ajoute que la seule utilisation de la MII se veut aussi efficace dans la réduction de la morbidité. Les acteurs et la population devraient être mieux informés du risque et respecter les mesures de prévention du paludisme.

MOTS-CLEFS: Exposition, paludisme, morbidité, dépenses, frein au développement et pauvreté.

1 INTRODUCTION

1.1 PROBLEMATIQUE

Connu depuis l'antiquité, mais toujours d'actualité, le paludisme ou malaria est une endémie redoutable, dont l'agent et le mode de transmission sont bien connus depuis la fin du XIX^{ème} siècle. Malgré tout, le paludisme demeure un problème d'ampleur mondiale, et une préoccupation majeure de santé publique pour les pays tropicaux, particulièrement les pays de l'Afrique Sub-saharienne¹.

Les dix dernières années ont été marquées par une expansion considérable du financement et de la mise en œuvre des programmes de lutte contre le paludisme. Les financements internationaux débloqués pour lutter contre le paludisme se sont nettement accrus, passant d'un peu moins de US\$ 100 millions en 2000 à US\$ 1,94 milliard en 2013².

Malgré les récentes avancées, près de la moitié de la population mondiale continue à vivre dans des régions où la menace du paludisme persiste ; la maladie demeure la principale cause de mortalité chez les jeunes enfants : un enfant meurt toutes les soixante secondes. Les interventions de lutte peuvent mettre fin à des millions de décès infantiles évitables et éviter les pertes économiques causées par le paludisme. Dans le monde, 220 millions de cas, dont 660 000 décès, ont été recensés en 2010³.

L'Afrique reste le continent le plus touché avec 90 % de la mortalité mondiale. La maladie prive les parents de leur travail et les enfants ne vont pas à l'école, privant ainsi les familles de revenus et d'opportunités⁴.

Plus de 80 % des décès imputables au paludisme en 2012 ont eu lieu dans seulement 17 pays, notamment la République démocratique du Congo et le Nigeria, qui à eux seuls représentent le plus lourd fardeau du paludisme, soit 40 % du total mondial⁵.

Au Sud Kivu, près d'un million de nouveaux cas sont enregistrés chaque année, selon le bureau de l'OMS à Bukavu. Les dernières enquêtes menées par les experts dans ce domaine montrent que, dans cette province, seuls 39,5 % de ménages possèdent les moustiquaires⁶.

Le Rapport mondial sur le paludisme 2012, met en évidence les progrès accomplis vers les objectifs mondiaux d'éradication du paludisme fixés pour 2015 et décrit les défis actuels de la lutte antipaludique mondiale et son éradication⁷.

La R.D. Congo s'est approprié, l'initiative « faire reculer le paludisme » (FRP) en février 2001. Cette stratégie FRP est une vision mondiale lancée en 1998 par l'OMS, l'UNICEF, la Banque Mondiale et le PNUD, pour lutter contre le paludisme en tant que facteur de pauvreté et de sous-développement des communautés. Tenant compte du développement des événements de la lutte antipaludique au cours de l'année 2008, le plan stratégique 2007-2011 de la RD Congo a été révisé et s'est mué en plan stratégique 2009-2013, dont l'objectif visé est de réduire de 50% la morbidité et la mortalité spécifiques dues au paludisme d'ici 2013. Le plan stratégique national de lutte contre le paludisme en RDC a adopté les mesures sélectives et durables : la chimioprophylaxie, le traitement intermittent de la femme enceinte, l'utilisation des matériaux traités à l'insecticide, notamment la moustiquaire imprégnée d'insecticide (MII), la pulvérisation intra domiciliaire, le traitement des

¹ P.N.L.P. "Faire Reculer le Paludisme", Plan strategique 2009 - 2013, p.11

Disponible sur, http://www.document.minisanterdc.cd/document/doc_96.pdf, consulté le 23 mai 2013.

² OMS, Rapport mondial sur le paludisme, 2013 Disponible sur

http://www.who.int/malaria/publications/world_malaria_report_2013/wmr13_resume_points_essentiels.pdf?ua=1; consulté 08 Mai 2014.

³ Roll back malaria « Faire reculer le paludisme », Disponible sur <http://www.rbm.who.int/fr/worldmaliaday/child-dies-every-60-sec.html>, consulté le 13 juin 2013 .

http://www.who.int/malaria/publications/world_malaria_report_2012/wmr2012_summary_and_keypoint_fr.pdf, consulté 25 Avril 2013.

⁴ OMS, Rapport mondial sur le paludisme, 2012

Disponible sur http://www.who.int/malaria/publications/world_malaria_report_2012/wmr2012_summary_and_keypoint_fr.pdf, consulté 25 Avril 2013.

⁵ OMS, Rapport mondial sur le paludisme, 2013 Disponible sur

http://www.who.int/malaria/publications/world_malaria_report_2013/wmr13_resume_points_essentiels.pdf?ua=1; consulté 08 Mai 2014.

⁶ PNUD, Unité de lutte contre la pauvreté, Province du Sud-kivu, p. 14, disponible sur

http://www.cd.undp.org/content/dam/dem_rep_congo/docs/povred/UNDP-CD-Profil-PROVINCE-Sud-Kivu.pdf, Consulté le 25 avril 2013.

⁷ OMS, Rapport mondial sur le paludisme, 2012 Disponible sur

http://www.who.int/malaria/publications/world_malaria_report_2012/wmr2012_summary_and_keypoint_fr.pdf, consulté 25 Avril 2013.

gîtes larvaires, l'assainissement du milieu avec la participation communautaire et des services compétents de l'Etat, en collaboration avec le Ministère de la Santé⁸.

Malgré toutes les dispositions prises pour une mobilisation sociale et pour l'adoption d'un comportement favorable à la lutte anti vectorielle, le paludisme persiste toujours à Bukavu. Ce qui pourrait entrainer des coûts liés aux soins de santé privant ainsi les ménages des ressources nécessaires pour leur épanouissement.

Ainsi, après l'adoption de la politique nationale de lutte contre le paludisme, il s'avère nécessaire d'explorer le niveau du risque d'exposition au paludisme.

1.2 OBJECTIF DE RECHERCHE

1.2.1 OBJECTIF GÉNÉRAL

Contribuer à l'amélioration de l'état de santé de la population par la réduction de la morbidité et de la mortalité due au paludisme.

1.2.2 OBJECTIF SPÉCIFIQUE

Analyser le risque d'exposition au paludisme ;

1.3 HYPOTHESES DU TRAVAIL

La persistance du paludisme serait liée :

- au risque élevé par rapport à la lutte anti vectorielle engagée dans sa prévention ;

1.4 DELIMITATION DE L'ETUDE

Comme toute étude scientifique, notre sujet est délimité dans le temps, dans l'espace ainsi que dans le domaine pour mieux cerner notre recherche.

1.4.1 DÉLIMITATION DANS LE TEMPS

Elle se situe sur la période allant de Janvier à Décembre 2013.

1.4.2 DÉLIMITATION DANS L'ESPACE

Notre recherche est limitée à la zone de santé urbaine d'Ibanda sise ville de Bukavu, à l'Est de la RDC.

1.4.3 SUR LE PLAN THÉMATIQUE

Cette étude concerne l'exploration du niveau d'exposition au paludisme.

1.5 LIMITATION DE L'ETUDE

Nous n'avons pas pu estimer le coût intangible (douleurs, émotions, choc, irréparabilité,...) afin de l'intégrer dans le coût total de la maladie.

⁸ P.N.L.P. "Faire Reculer le Paludisme", Plan strategique 2009 - 2013, p.11
Disponible sur, http://www.document.minisanterdc.cd/document/doc_96.pdf, consulté le 23 mai 2013.

1.6 INTERET DU SUJET

1.6.1 INTÉRÊT PERSONNEL

Le paludisme étant la première cause de morbidité et mortalité en R.D. Congo, les conséquences de cette pathologie sont énormes sur les plans médico-sanitaire, social et économique. Dans la prévention de ce fléau, la réduction de contacts entre vecteur et homme, si pas l'élimination totale du vecteur pose des problèmes inhérents à l'efficacité et au coût engagé.

Toutes ces raisons évoquées ci-dessus expliquent notre intérêt personnel pour ce sujet comportant de lourdes conséquences sur les familles en particulier, et sur la société en général.

1.6.2 INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

Bien que les activités et recherches sur la lutte contre le paludisme soient intensifiées, le paludisme demeure un problème majeur de santé publique. La lutte anti vectorielle pour l'élimination du risque se trouve confrontée à plusieurs obstacles.

La présente étude pourrait permettre de réaliser une mise au point sur :

La situation actuelle du risque ; Elle pourrait également servir en guise de support aux décideurs et de référence aux chercheurs.

2 GENERALITES SUR LE PALUDISME ET SUR LE COUT DE SOINS

2.1 GENERALITES SUR LE PALUDISME

2.1.1 EPIDEMIOLOGIE

2.1.1.1 DÉFINITION DU PALUDISME

- Etymologiquement pour les francophones, le paludisme vient du mot latin « Palus » qui signifie marais, alors que les anglophones parlent de malaria « Mala ria » ou mauvais air⁹.
- Le paludisme est une maladie infectieuse aigue due au plasmodium et transmise par des moustiques femelles du genre anophèle¹⁰.

2.1.1.2 RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE DE L'AGENT PATHOGÈNE

Cinq espèces de Plasmodium sont susceptibles d'infester l'homme :

- *Plasmodium falciparum* : le plus redoutable, responsable de la fièvre tierce maligne est répandu en zone tropicale et surtout en Afrique intertropicale ;
- *Plasmodium malariae* est l'agent de la fièvre quarte. Il est présent aussi bien en zone tempérée qu'en zone tropicale ;
- *Plasmodium vivax* est responsable de la fièvre tierce bénigne ; il se rencontre un peu partout. Il est par contre rare en Afrique de l'Ouest et centrale où sa transmission est limitée par une résistance génétiquement déterminée l'absence des antigènes du groupe Duffy ;
- *Plasmodium ovale*, très proche de *Plasmodium vivax*, est responsable de la fièvre tierce bénigne. Il est fréquent en Afrique intertropicale
- Dans les régions forestières d'Asie du Sud-Est sévit le *Plasmodium knowlesi* responsable de paludisme du singe, enregistré ces dernières années chez les humains¹¹.

⁹ Pierre Aubry et Emirite, *Médecine Tropicale, paludisme à Madagascar, 2006, P.1*

¹⁰ PNUD/BM/OMS, *Recherches concernant les maladies tropicales, 1981, Genève, P.44*

¹¹ OMS, *Rapport 2013 sur le paludisme dans le monde, disponible sur <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs094/fr/>, Consulté le 08 mai 2014.*

2.1.1.3 CYCLE ÉVOLUTIF DU PLASMODIUM

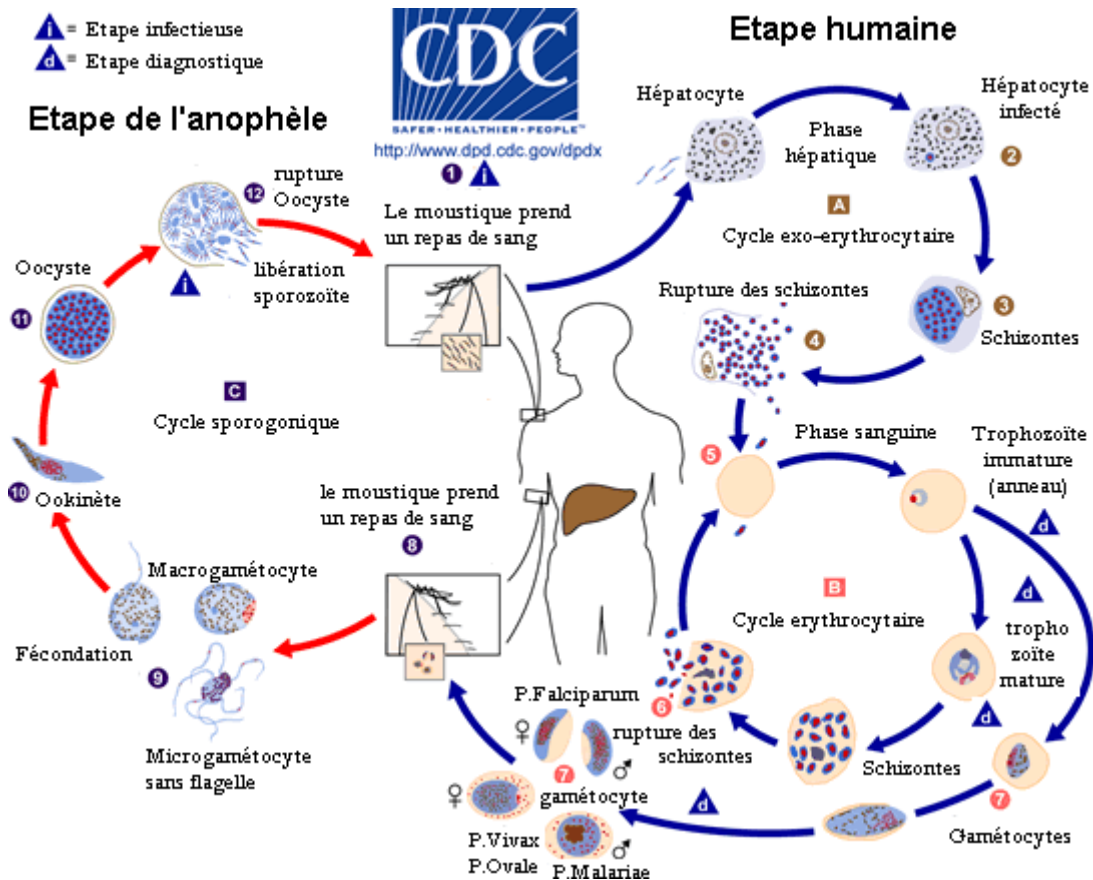


Fig. 1. Cycle évolutif du *Plasmodium*

Source : <http://www.cdc.gov/malaria/>, consulté le 05 mai 2014.

Au cours de son cycle biologique, le *Plasmodium* change constamment de taille et de morphologie ainsi que d'habitat (figure 1).

- Chez l'homme, s'effectuent des multiplications asexuées ou schizogonies, dans les hépatocytes, d'abord (schizogonie exoérythrocytaire ou stade tissulaire du parasite), puis à l'intérieur des globules rouges : schizogonie endoérythrocytaire (figure 1).
- Chez le moustique (*Anophèle*), un cycle sexué aboutit à la formation de sporozoïtes infectants inoculés à l'homme par la piqûre de l'insecte (fig. 1)

2.1.1.4 CONTRÔLE DU PALUDISME

La lutte contre le paludisme passe par deux stratégies principales : la lutte anti vectorielle et l'utilisation des antipaludiques.

2.1.1.4.1 LA LUTTE ANTI VECTORIELLE

La lutte anti vectorielle est historiquement la première méthode de prévention du paludisme. Elle repose sur l'abaissement des taux de transmission en s'appuyant sur trois approches fondamentales¹² :

- la lutte mécanique et écologique ;
- la lutte biologique et génétique ;
- l'utilisation des insecticides chimiques.

2.1.1.4.1.1 LA LUTTE MÉCANIQUE ET ÉCOLOGIQUE

➤ La lutte mécanique

Elle constitue un moyen de lutte individuelle et est basée sur l'utilisation des moustiquaires de lit, des grillages aux portes et aux fenêtres.

➤ La lutte écologique

C'est l'ensemble des mesures environnementales qui font obstacle à la reproduction des moustiques ou qui conduisent à l'élimination des gîtes larvaires. Elle vise la destruction des gîtes et la modification de l'environnement de façon à le rendre défavorable à la survie de l'arthropode. L'ensemble de ces moyens se résume par :

- la mise en place des mesures visant à ne pas créer de zone à risque (Zone susceptible de recueillir les eaux stagnantes en particulier) par le drainage d'eau ou assèchement des zones marécageuses ;
- l'obturation des creux ou suppression des zones d'ombre ;
- le ramassage ou enlèvement des déchets et le traitement des ordures ménagères pouvant constituer des gîtes larvaires ;
- Entretien ou gestion de l'espace vert afin de supprimer les gîtes larvaires et d'éviter de créer des Zones de repos des moustiques¹³.

2.1.1.4.1.2 LA LUTTE BIOLOGIQUE ET LA LUTTE GÉNÉTIQUE

➤ La lutte biologique

La lutte biologique contre les moustiques consiste à introduire dans leurs biotopes des espèces qui sont leurs ennemis naturels, par exemple des parasites, des microorganismes pathogènes ou des prédateurs. Il peut s'agir d'insectes, de virus, de bactéries, de protozoaires, de champignons, de végétaux divers, de nématodes ou de poissons¹⁴.

Un certain nombre d'organismes se sont révélés efficaces contre les larves de moustiques. Les plus importants sont :

- les poissons larvivores (*Cyclidea, gambusia*)
- les moustiques prédateurs du genre *Toxorhynchites* dont les larves se nourrissent de larves d'autres moustiques ;
- les libellules dont les larves se nourrissent de larves de moustiques ;
- les copépodes cyclopoïdes : petits crustacés qui s'attaquent aux larves de moustiques ;
- les nématodes qui parasitent les larves des moustiques ;
- les champignons qui se développent dans l'organisme des larves de moustiques ;
- les larvicides bactériens, qui sont des toxines produites par *Bacillus thuringiensis* H-14 et par *Bacillus sphaericus* ;

De tous ces agents, seuls deux sont utilisés : les poissons larvivores et les larvicides bactériens.

¹² CENTRE NATIONAL D'EXPERTISE SUR LE VECTEUR, *Surveillance et Contrôle des moustiques aux points d'entrée ouverts au trafic international*, Octobre 2012, p. 23.

¹³ CENTRE NATIONAL D'EXPERTISE SUR LE VECTEUR, *Surveillance et Contrôle des moustiques aux points d'entrée ouverts au trafic international*, Octobre 2012, p. 23.

¹⁴ Roserie AZONDEKON, *Contrôle de qualité des Moustiquaires Imprégnées Commercialisées ou distribuées au Bénin*, Université d'Aubomey Calavi, 2007. Disponible sur http://www.memoireonline.com/12/09/2932/m_Contrle-de-qualite-des-moustiquaires-impregnees-commercialisees-ou-distribuees-au-Benin0.html; Consulté 2 Janvier 2014.

➤ La lutte génétique

La lutte génétique emprunte des moyens qui affectent les insectes nuisibles au sein même de leur patrimoine génétique. Cette méthode de lutte a pour but d'introduire dans les populations naturelles un nombre important d'individus génétiquement modifiés.

Il existe de nombreux procédés de modification du patrimoine génétique des moustiques tel celui élaboré par l'Américain E. KIMPLING en 1937 qui consiste à utiliser des mâles stérilisés par des irradiations ou des substances chimiques.

Ces mâles stériles vont s'accoupler avec des femelles sauvages, qui en définitive pondront des œufs non viables et n'engendreront pas de descendance.

D'autres méthodes reposent sur l'utilisation de l'incompatibilité cytoplasmique. Celle-ci consiste à sélectionner dans des élevages, des mâles hybrides nés cette fois, de la multiplication des souches dont les origines sont géographiquement éloignées. Le lâcher de ces mâles hybrides dans des populations indigènes aboutit, comme pour le cas précédent, à des croisements qui engendrent des œufs non viables.

La translocation des chromosomes permet d'introduire de graves aberrations chromosomiques au niveau des adultes. Ces translocations encore en expérimentation sont transmissibles de façon héréditaire et devraient, si elles sont soutenues à grande échelle, provoquer la disparition des populations naturelles. Les effets des translocations sont multiples¹⁵. Elles se manifestent généralement par une baisse de fertilité et de la longévité des moustiques, une production élevée de mâles et une baisse notable de leur capacité vectorielle. Bien que la lutte génétique ait montré la faisabilité sur des aires restreintes, elle n'en demeure pas moins une méthode onéreuse, qui demande du personnel qualifié et du matériel de haute technologie¹⁶.

2.1.1.4.1.3 LA LUTTE CHIMIQUE

Les moyens de lutte chimique reposent sur l'emploi des produits chimiques à effet larvicide, répulsif ou insecticide. Les produits peuvent être d'origine naturelle ou synthétique. Les larvicides tuent par contact, par ingestion ou par suffocation. Quant aux adulticides, ils tuent par contact et peuvent avoir également un effet excito-répulsif sur les insectes¹⁷.

Les insecticides

Les insecticides sont parmi les molécules de synthèse les plus utilisées par l'homme contre les insectes. Ils exercent un effet excito-répulsif sur les insectes. Leur homologation dépend de l'efficacité et du maintien de ces molécules dans les milieux naturels. Les insecticides utilisés en santé publique sont aussi bien d'origine naturelle que synthétique.

a) Les insecticides d'origine naturelle

Les molécules d'origine végétale dotées d'un effet insecticide sont connues depuis très longtemps. La nicotine, la roténone, les pyréthrinés et les produits pétroliers ont été les premiers insecticides naturels à être utilisés contre les insectes ravageurs des cultures mais aussi les insectes nuisants et vecteurs de maladies.

- La roténone, extrait de la plante *Derris elliptica*, a une action << knock down >> sur les moustiques ;
- Les pyréthrinés extraites du pyrèthre ont toujours servi de << tête de série >> à la fabrication de composés de synthèse dont les propriétés physicochimiques, l'activité et la stabilité dépassent largement les pouvoirs du produit naturel. Ils immobilisent très rapidement les arthropodes par leur effet << knock down >> ;
- Les nicotinoïdes de synthèse, dérivés de la nicotine ont une action inhibitrice sur l'acétylcholinestérase et pourraient dans les années à venir servir comme insecticides précieux, pour lutter contre les insectes qui ont développé des résistances aux groupes des organophosphorés et des carbamates ;

¹⁵ Roserie AZONDEKON, *Contrôle de qualité des Moustiquaires Imprégnées Commercialisées ou distribuées au Bénin*, Université d'Aubomey Calavi, 2007. Disponible sur http://www.memoireonline.com/12/09/2932/m_Contrle-de-qualite-des-moustiquaires-impregnees-commercialisees-ou-distribuees-au-Benin0.html; Consulté 2 Janvier 2014.

¹⁶ Idem

¹⁷ Roserie AZONDEKON, *Contrôle de qualité des Moustiquaires Imprégnées Commercialisées ou distribuées au Bénin*, Université d'Aubomey Calavi, 2007. Disponible sur http://www.memoireonline.com/12/09/2932/m_Contrle-de-qualite-des-moustiquaires-impregnees-commercialisees-ou-distribuees-au-Benin0.html; Consulté 2 Janvier 2014.

- La molécule d'azadirachtine contenue dans les fruits et les feuilles du neem provoque chez les insectes qui l'absorbent ou subissent son contact, des troubles de la nutrition et une inhibition du développement qui aboutissent généralement à la mort ;
- Les avermectines aussi produites par *Streptomyces avermectilis* sont des insecticides coûteux mais remarquablement efficaces. A fortes doses, les avermectines paralysent les insectes et perturbent les échanges hydriques alors qu'à des doses sublétales ces produits provoquent une inhibition de la prise alimentaire, de la fécondation et de l'oviposition.

Le règne animal fournit également des substances insecticides naturelles. Le ver marin *Lumbriconereis heteropoda* élabore une molécule appelée néréistoxine qui s'avère un puissant neurotoxique vis-à-vis des insectes. Son mode d'action est principalement centré sur l'inhibition de l'acétylcholinestérase et bloque la transmission synaptique au niveau du système nerveux¹⁸.

b) Les insecticides d'origine synthétique

➤ **Les organochlorés**

Le dichloro-diphényl-trichloro-éthane (DDT), la dieldrine et l'hexachlorocyclohexane (HCH) sont les organochlorés les plus utilisés. Sous forme de concentré émulsionnable, ils agissent en milieu aquatique, en particulier contre les larves. En poudre mouillable, ils ont une bonne rémanence spécialement sur les murs. Le DDT fut le premier insecticide ayant provoqué une révolution dans la lutte anti vectorielle à cause de sa remarquable stabilité et son coût bas. La dieldrine est un insecticide très efficace mais plus coûteux que le DDT, et son emploi dans les programmes de santé publique a été rendu impossible à cause de sa forte toxicité pour l'homme. Le HCH, deux fois plus toxique et deux fois moins rémanent que le DDT, n'avait guère de résultats satisfaisants.

Les organochlorés agissent sur le système nerveux aussi bien chez les vertébrés que chez les invertébrés. Ils interviennent dans la répartition des ions potassium (K^+) à l'intérieur du nerf et empêchent le départ de ces ions chargés de rééquilibrer la différence de potentiel existant au repos entre l'extérieur et l'intérieur de l'axone. Ils provoquent chez l'insecte, l'apparition de tremblement de corps et des appendices. Ensuite, dans un délai plus ou moins long suivant les espèces, il se produit une paralysie totale¹⁹.

➤ **Les organophosphorés**

L'apparition d'une résistance des vecteurs aux organochlorés a conduit à leur remplacement par les organophosphorés et des carbamates. Ces produits sont plus coûteux, généralement toxiques à l'homme, et ils ont fréquemment un effet rémanent plus court que celui des organochlorés utilisés en santé publique. Ces trois facteurs contribuent à l'élévation des coûts d'exploitation, à la multiplication des cycles d'épandage, à l'augmentation des masses à transporter et ils obligent à mettre en œuvre des mesures et un équipement de sécurité plus onéreux.

Parmi quelques centaines de composés organophosphorés, le malathion est l'insecticide le plus utilisé dans les programmes de lutte antipaludique. Les organophosphorés provoquent chez le moustique une excitabilité suivie de tremblement des extrémités et une paralysie entraînant la mort. Ils agissent en inhibant la cholinestérase. Il s'ensuit une accumulation de l'acétylcholine au niveau de la fente synaptique. L'insecte meurt d'hyperactivité et de convulsions.

➤ **Les carbamates**

Ce groupe important est composé d'un grand nombre de molécules parmi lesquelles les plus connues et les plus utilisées en santé publique sont le propoxur, le carbonyl, le bendiocarb et tout dernièrement le carbosulfan.

¹⁸ Roserie AZONDEKON, *Contrôle de qualités des Moustiquaires Imprégnées Commercialisées ou distribuées au Benin*, Université d'Aubomey Calavi, 2007. Disponible sur http://www.memoireonline.com/12/09/2932/m_Contrle-de-qualite-des-moustiquaires-impregnees-commercialisees-ou-distribuees-au-Benin0.html; Consulté 2 Janvier 2014.

¹⁹ Roserie AZONDEKON, *Contrôle de qualités des Moustiquaires Imprégnées Commercialisées ou distribuées au Benin*, Université d'Aubomey Calavi, 2007. Disponible sur http://www.memoireonline.com/12/09/2932/m_Contrle-de-qualite-des-moustiquaires-impregnees-commercialisees-ou-distribuees-au-Benin0.html; Consulté 2 Janvier 2014.

Le propoxur est un carbamate très efficace contre les insectes domestiques et remplace quelquefois le DDT en traitement spatial extérieur contre les anophèles. Il est très peu toxique pour l'homme et disponible sous forme de poudre mouillable et de concentré pour émulsion. Tout comme les organophosphorés, les carbamates sont des inhibiteurs des cholinestérases²⁰.

➤ **Les pyréthriinoïdes**

Derniers nés de la chimie organique et pourtant conçus à partir des « ancestrales » pyréthrines naturelles, les pyréthriinoïdes ou pyréthrines de synthèse prennent depuis une vingtaine d'années une place de plus en plus importante sur le marché des insecticides. Les pyréthrines naturelles et les premiers pyréthriinoïdes n'étaient pas stables à la lumière, ce qui limitait leur emploi à l'hygiène domestique. Or, avec l'avènement des molécules photostables, cette famille regroupe maintenant des insecticides très actifs qui ne présentent aucun effet cumulatif sur l'environnement, et pratiquement aucune action toxique sur les vertébrés supérieurs. La plupart de ces molécules montrent toutefois une toxicité assez élevée pour les animaux à sang froid, notamment les poissons et les batraciens. Les plus connus et les plus puissants de ces composés sont : la perméthrine, la deltaméthrine, la cyperméthrine, l'alphaméthrine, la lambda-cyhalothrine.

Les pyréthriinoïdes immobilisent très rapidement les arthropodes par leur effet << knock down >> ; ils provoquent une modification de la perméabilité de la gaine nerveuse aux ions potassium (K⁺) et sodium (Na⁺) et perturbent l'équilibre entre ces deux ions. Outre cet effet << knock down >>, la perméthrine possède un bon effet répulsif sur les moustiques. Cet effet de répulsion s'ajoute à une action létale, ce qui renforce l'efficacité de la moustiquaire imprégnée de perméthrine pour la prévention du paludisme²¹.

➤ **Les répulsifs**

La nuisance des insectes a motivé les chimistes à synthétiser de nouveaux répulsifs chimiques. Les principaux répulsifs de synthèse contre les insectes sont : le diéthyltoluamide (DEET), le diméthylphalate (DMP), l'indolone (IND), le 2-éthyl-1,3 hexanediol (EHD) et le diéthylphénylacétamide (DEPA).

Présentés sous forme de crèmes ou bombes, ces répulsifs sont considérés comme une mesure de protection individuelle. Les répulsifs développent leur action en se comportant comme des molécules d'eau. Ils provoquent une élévation du taux d'humidité qui fait éloigner les moustiques. Ils sont très efficaces contre les arthropodes piqueurs mais la durée de protection ne dure que quelques heures.

Assainissement de l'environnement : La principale méthode de lutte contre les anophèles était axée sur le stade larvaire, ce qui demandait des connaissances sur les habitudes des vecteurs locaux²². Rendre un milieu sain, ici c'est créer un environnement sans moustique, étant donné que l'assainissement de l'environnement poursuit comme objectif l'annulation ou réduction du risque, afin de protéger l'homme qui est au centre de tout intérêt. Est considéré opérationnellement assaini, tout environnement où il y a absence visible de moustique et de signes de sa présence ou favorisant la formation des gîtes larvaires (présence de l'eau stagnante, récipients abandonnés pouvant recueillir l'eau, mauvaise gestion de l'espace vert, zone d'ombre,...). Est opérationnellement non assaini, tout environnement présentant l'un de ces éléments.

2.1.1.4.1.4 LES MOUSTIQUAIRES IMPRÉGNÉES COMME MÉTHODE DE LUTTE ANTI VECTORIELLE

➤ **Des moustiquaires imprégnées d'Insecticide à Longue durée d'action (MIILDA)**

Le premier réflexe de l'homme contre la piqûre des moustiques est de se mettre à l'abri de ces insectes. Les moustiquaires assument ainsi pleinement ce rôle. Elles l'assumeront mieux si elles sont imprégnées d'insecticide à effet nocif ou répulsif sur les moustiques. Le concept de moustiquaires imprégnées localement vient ainsi de naître. Pour maintenir leur efficacité, elles doivent être ré imprégnées régulièrement.

²⁰ Roserie AZONDEKON, *Contrôle de qualités des Moustiquaires Imprégnées Commercialisées ou distribuées au Bénin*, Université d'Aubomey Calavi, 2007. Disponible sur http://www.memoireonline.com/12/09/2932/m_Contrle-de-qualite-des-moustiquaires-impregnees-commercialisees-ou-distribuees-au-Benin0.html; Consulté 2 Janvier 2014.

²¹ Idem

²² OMS, *Rapport d'un groupe d'étude, PALUDISME : LUTTE ANTIVECTORIELLE ET PROTECTION INDIVIDUELLE, Série de Rapports techniques 936*, 2006.

➤ Le concept MIILD

Les MIILD sont obtenues par un processus industriel de même que le MILDA, au cours duquel l'insecticide d'imprégnation est incorporé dans les fibres des moustiquaires soit à haute température lors du tissage des fibres polyéthylène (cas des OlysetNet) ou par enrobage à température relativement basse pendant la confection des fibres polyester (cas des PermaNet). On obtient ainsi des moustiquaires dont les fibres contiennent des molécules d'insecticide qui remontent progressivement à la surface des fibres et qui seront graduellement relarguées afin de lutter contre les moustiques adultes. Les MIILD ont été expérimenté avec succès au Sénégal et en Côte d'Ivoire²³.

Leur efficacité est comparable à celle des moustiquaires imprégnées localement mais leur durée d'efficacité serait de 3 à 4 ans. Au niveau communautaire, les MIILD semblent répondre véritablement aux préoccupations des Programmes Nationaux de Lutte contre le Paludisme (PNLP). Seulement il existe un scepticisme sur les normes d'efficacité et de durabilité des MIILD.

2.2 REVUE DE LA LITTÉRATURE

Depuis plusieurs décennies, le paludisme est de plus en plus réfractaire aux efforts déployés pour le combattre. Nombreuses activités de recherche et d'énormes ressources ont été consacrées à la mise en œuvre des moyens capables de réduire l'impact de cette maladie en termes de morbidité et de mortalité. Toutefois, l'augmentation des financements internationaux de moins US\$ 100 millions en 2000 à 1,94 milliard en 2013, a ralenti au cours des dernières années, passant à une moyenne de 4 % par an entre 2009 et 2013, par rapport à une moyenne annuelle de 43 % entre 2005 et 2009²⁴.

Dans la Région Afrique, la proportion de la population exposée qui a été protégée a augmenté, passant de moins de 5 % en 2005 à 11 % en 2010, puis est tombée à 8 % en 2012, avec 58 millions de bénéficiaires. En Afrique subsaharienne, la proportion de la population ayant accès à une MII a fortement augmenté entre 2005 et 2011, mais a plafonné ces deux dernières années pour repasser à 42 % en 2013. En Afrique subsaharienne, le rapport de l'OMS, montre qu'en plus de l'impact sur la morbidité, de nombreuses études ont montré que les interventions pour prévenir et traiter le paludisme sont très rentables, avec des rapports coût-bénéfice élevés. Avec un coût de 2 à 24 \$US par année de vie ajustée sur l'incapacité (DALY) évitée, la seule intervention ayant une rentabilité supérieure est la vaccination infantile 1 – 5 \$. Coût par DALY évitées (\$US)²⁵.

Au cours de la dernière décennie, la couverture par des interventions de lutte anti vectorielle s'est considérablement élargie en Afrique subsaharienne. D'ailleurs, les estimations du pourcentage des ménages possédant au moins une MII ont atteint 53 % en 2011 et sont restées stables en 2012. Toutefois, en raison d'une distribution moins importante de MII et de la résistance accrue des moustiques aux insecticides, les progrès réalisés dans la lutte anti vectorielle pourraient être compromis²⁶.

En Côte d'Ivoire, les moyens les plus utilisés sont les serpentins fumigènes (50 %) et les bombes aérosols (31 %)²⁷.

En R.D. Congo, Une étude menée par KIETO ZOLA à Kinshasa en 2005, auprès de 200 malades/gardes malades sur l'Analyse comparative de la prise en charge et du coût des soins d'un épisode du paludisme simple chez les enfants de moins de 5 ans dans les centres de sante St Joseph, Esengo et Deborah relève que le coût total des soins est de 5151 Fc soit 11,4\$ Usa/malade/épisode paludisme au CS St Joseph, le coût total des soins est de 3021 Fc soit 6,7\$ Usa/malade/épisode paludisme au CS Esengo ; et le coût total des soins est de 9405Fc soit 21\$ Usa /malade/épisode paludisme au CS Deborah .

²³ Programme National de Lutte contre le paludisme, 2010, guide technique de formation en prévention et prise en charge du paludisme, p.31

²⁴ OMS, Rapport 2013 sur le paludisme dans le monde, disponible sur <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs094/fr/>, Consulté le 08 mai 2014.

²⁵ Rapports d'un groupe d'étude de l'OMS, 2006, paludisme: lutte antivectorielle et protection individuelle, p. 17. Disponible sur http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_936_fre.pdf, consulté le 22 mai 2013.

²⁶ Rapport OMS 2012, sur le paludisme dans le monde. Disponible sur http://www.who.int/malaria/publications/world_malaria_report_2012/wmr2012_summary_and_keypoint_fr.pdf, consulté le 17 mai 2013.

²⁷ J.M.C DOANNIO et al, 2006, représentations sociales et pratiques liées à l'utilisation des moustiquaires dans la lutte contre le paludisme en Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest). Disponible sur http://revuemedecinetroppicale.com/045-052_-_ao_-_doannio.pdf, consulté le 04 juin 2013.

Cependant cette étude montre aussi que la proportion d'enfants de moins de 5 ans ayant passé la nuit sous MII la veille de l'enquête est de 43,1%. Cette proportion n'est pas très différente de 46%, trouvée par Tshetu et al. à Lingwala en 2006.²⁸

Enfin, l'Enquête Démographique et de Santé-RDC 2007 donne une proportion différente soit 20,2%. En outre, cette étude donne aussi les raisons de la non utilisation de la MII, notamment : la sensation de la chaleur /étouffement (23,4 %), la non disponibilité de la MII dans la maison (25,1%), le problème financier (17,7%)²⁹. Le niveau de couverture de la R.D. Congo dans l'utilisation des MILD est trop faible, soit moins de 10%³⁰.

3 MATERIEL ET METHODES

3.1 PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE

3.1.1 SITES D'ENQUÊTE ET DURÉE D'ENQUÊTE

Les sites d'enquête sont les ménages de 8 aires choisies aléatoirement parmi les 13 aires de la zone de santé d'Ibanga. Le choix porté sur cette structure est motivé par le fait qu'elle se trouve dans le milieu urbain ; ce qui pouvait permettre d'augmenter la compliance à l'étude, grâce à notre rapprochement. Une prise de contact, avec les différents responsables de la zone de santé et des aires de santé, a été effectuée pour expliquer les raisons de l'étude. Nous signalons, à cet effet, qu'une enquête préliminaire a été organisée pour s'imprégner des informations générales sur la zone de santé.

La zone de santé d'Ibanga fonctionne depuis juin 2003. Avant cette date, elle était un secteur sanitaire depuis 1998, avec son partenaire traditionnel la 8^{ème} CEPAC (Communauté des Eglises pentecôtistes en Afrique Centrale).

D'après les données du bureau de la Zone de Santé d'Ibanga, les pathologies dominantes, par ordre d'importance décroissant, se présentent de la manière suivante :

1. le paludisme ;
2. les infections respiratoires aiguës ;
3. les maladies diarrhéiques ;
4. la fièvre typhoïde
5. et les infections urinaires.

²⁸ Eddy Kieto Zola, 2005, *Analyse comparative de la prise en charge et du coût des soins d'un épisode du paludisme simple chez les enfants de moins de 5 ans dans les centres de santé St Joseph, Esengo et Deborah*, Disponible sur, http://www.memoireonline.com/11/07/714/m_analyse-comparative-soins-paludisme-simple-enfants-moins-de-5-ans0.html, consulté le 03 juin 2013.

²⁹ Pierre AKILIMALI ZALAGILE, *Déterminants de l'utilisation de la moustiquaire imprégnée d'insecticide en faveur des enfants de moins de cinq ans dans la ville de Kinshasa*, Ecole de Santé Publique de l'Université de Kinshasa - Maîtrise en Santé Publique-Economie de la Santé 2008. Disponible sur le site : http://www.memoireonline.com/10/09/2788/m_Determinants-de-lutilisation-de-la-moustiquaire-impregnée-dinsecticide-en-faveur-des-enfants-de-mo0.html, consulté le 22 mai 2013.

³⁰ PNLP « Faire Reculer le Paludisme » - Plan stratégique 2009 – 2013, p.67
Disponible sur http://www.document.minisanterdc.cd/document/doc_96.pdf, consulté le 03 janvier 2013.

3.1.2 ETAT DE SANTÉ DE LA POPULATION

➤ La prévalence du paludisme

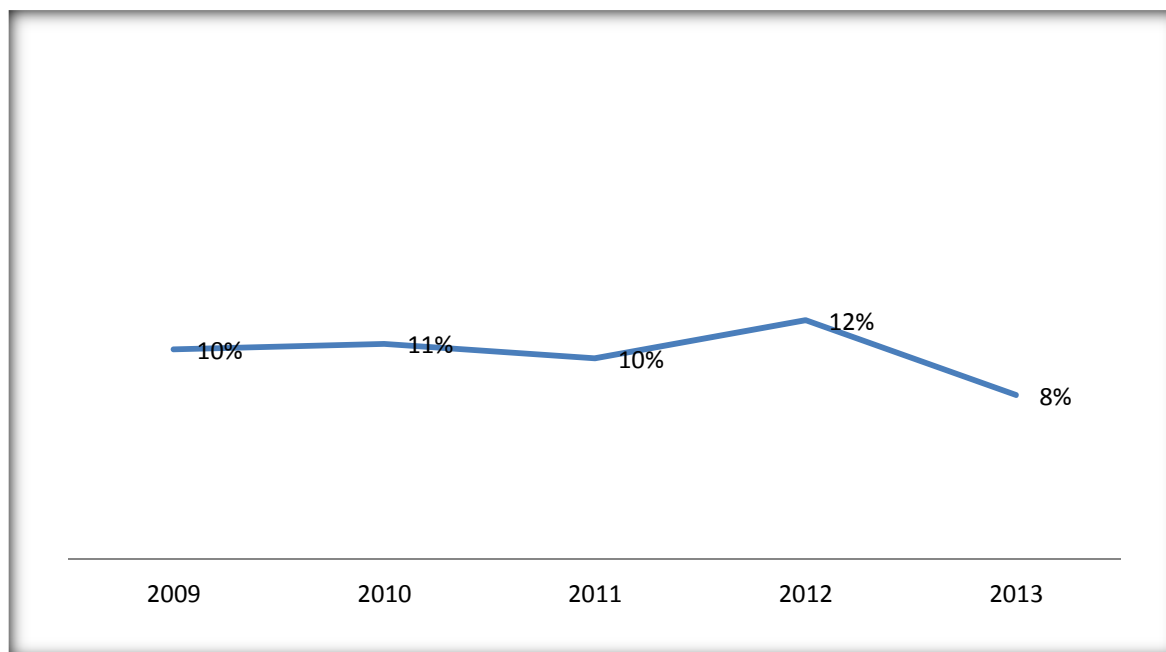


Fig. 2. Évolution de la prévalence du paludisme de 2009 à 2013 dans la Zone Santé d'Ibanda.

Source : Rapports d'activités mensuelles ZS Ibanda

Au regard de l'évolution de la prévalence du paludisme de 2009 à 2013, on constate que celle-ci est presque statique les trois premières années, mais elle subit successivement une montée en 2012 et une descente en 2013 (figure 2).

➤ La mortalité spécifique liée au paludisme

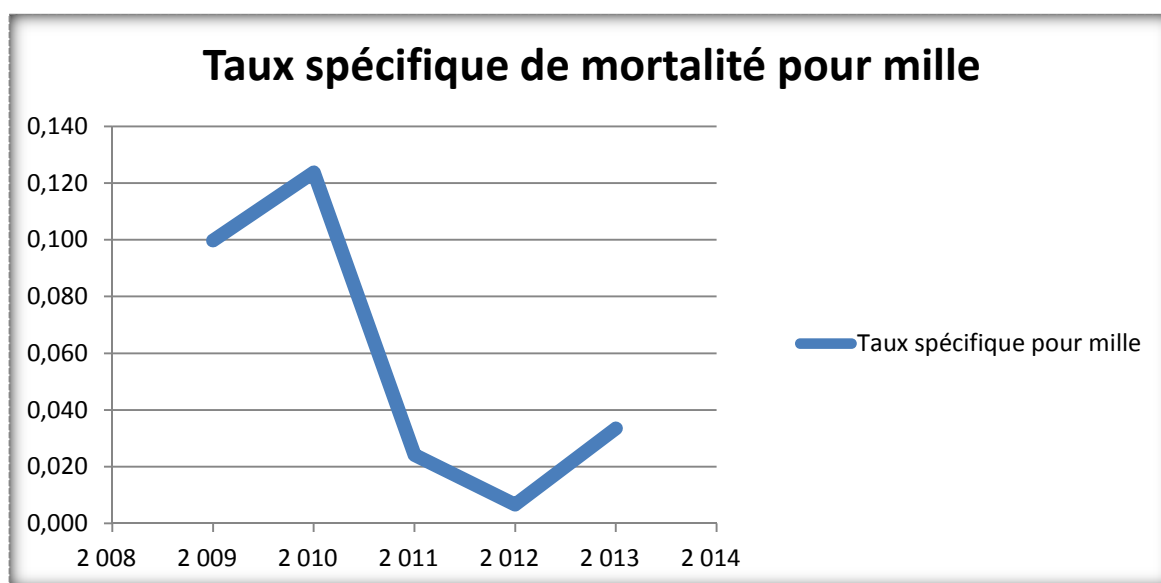


Fig. 3. Évolution du taux de mortalité spécifique liée paludisme de 2009 à 2013

La figure 3, montre que la zone a connu un taux de mortalité le plus élevé en 2010, puis une baisse en 2011 jusqu'à atteindre le plus bas niveau en 2012 pour remonter en 2013.

3.2 TYPE D'ETUDE

Il s'agit d'une étude de cohorte prospective effectuée dans la zone de santé d'Ibanda à Bukavu.

3.3 ÉCHANTILLONNAGE

➤ Méthode d'échantillonnage

Pour sélectionner les sujets de l'étude, nous avons procédé à un tirage aléatoire. Nous avons procédé par un échantillonnage à plusieurs degrés où les aires de santé ont été considérées comme de grappes (premier degré) ; le deuxième degré a été aussi réalisé suivant une procédure aléatoire du nombre de ménages dans chaque aire de santé, où nous avons posé des questions aux chefs de ménage, jusqu'à atteindre la taille de notre échantillon.

Etaient donc éligibles, tous les ménages des différents aires de la Zone de Santé d'Ibanda.

➤ Calcul de la taille de l'échantillon

Vu que nous n'avions pas trouvé d'éléments d'archives indiquant la proportion des ménages qui participent à la lutte anti vectorielle dans la prévention du paludisme, nous avons été obligé de nous enraciner sur l'hypothèse selon laquelle seulement 50 % des ménages s'y seraient engagés. Ceci nous avait permis de calculer la taille de l'échantillon comme suit :

$$n \geq Z^2 \times P \times Q / D^2$$

n = taille de l'échantillon.

P = Proportion des personnes qui participent dans la lutte anti vectorielle = 0,5

Q = Proportion des ménages qui ne participent pas dans la lutte anti vectorielle = $1-q=1-0,5=0,5$

Z = l'écart qui correspond à un degré de confiance de 95% (1,96)

D = la précision (0.05)

$$\text{Ainsi } n = 1,96^2 \times 0,5 \times 0,5 / 0,05^2 = 384 \text{ ménages}$$

Pour compenser les cas de non réponse, nous avons ajouté 10% de ce nombre et ainsi avons obtenu **422 ménages**.

Ces ménages ont été répartis de manière proportionnelle à la taille de la population pour chacune de huit grappes choisies aléatoirement tel que présenté dans le tableau ci-dessous :

Tableau I : Répartition des ménages enquêtés

N°	AIRE DE SANTE	NOMBRE D'AVENUES	POPULATION	NOMBRE DE MENAGES	POUR-CENTAGE	(Echantillons) Ménages enquêtés
1	CECA NGUBA	22	18548	3445	8,4	36
2	LABOTTE	8	7595	1406	3,5	15
3	MALKIA	14	16748	3101	7,6	32
4	C.R SAIO	8	17244	2463	10,1	43
5	MUHUNGU ETAT	6	31974	5921	14,6	61
6	C.R NGUBA	8	27160	5030	12,4	52
7	NYAWERA	14	27120	5022	12,3	52
8	PANZI	31	68377	12662	31,1	131
TOTAL				40689	100 %	422

Source : Zone de Santé d'Ibanda

Pour faciliter la collecte des informations tel que signalé précédemment, huit enquêteurs et quatre superviseurs ont été recrutés et formés pour la collecte des données.

Un questionnaire standard avec des éléments à rechercher était à la disposition des enquêteurs pour la collecte des informations (en annexe). Ce questionnaire était traduit en cas de besoin, en langue.

➤ **Critères d'inclusion**

- Habiter dans la zone de santé,
- être chef de ménage et
- accepter de répondre au questionnaire d'enquête.

➤ **Critères d'exclusion**

- Tous les sujets ayant présenté l'épisode de paludisme du 1^{er} au 14 janvier : pour que tous les sujets soient indemnes de la maladie. (sujets indemnes au 1^{er} janvier) ;
- Tous les individus sous la chimioprophylaxie et
- Toutes les personnes ne voulant point répondre ni participer à notre étude.

➤ **Gestion des données et analyse statistique**

L'encodage et l'analyse des données récoltées et traitées ont été réalisés à l'aide des logiciels Excel 2010 et SPSS « version 20 ».

Les proportions ont été comparées par un test CHI DEUX.

Le seuil de signification =0.05 a été fixé.

Le calcul du risque relatif a été effectué.

3.4 PARAMETRES (VARIABLES ETUDIEES)

3.4.1 LA VARIABLE DÉPENDANTE

- L'efficacité

3.4.2 LES VARIABLES INDÉPENDANTES

- Moustiquaire ;
- Environnement

3.5 DIFFICULTES RENCONTREES

Le champ de l'étude étant vaste, nous avons eu beaucoup de peines à nous déplacer pour atteindre les ménages choisis dans les différentes aires de santé concernées par notre étude.

4 RESULTATS

4.1 LA DESCRIPTION

4.1.1 CARACTERISTIQUES DES CHEFS DE MENAGE

Tableau II: Caractéristiques socio-démographiques des enquêtés

Caractéristiques	Sexe				Total	
	Masculin		Féminin		Effectif	%
	Effectif	%	Effectif	%		
• Age						
18 - 27	33	23,9	103	36,3	136	32,2
28 - 37	32	23,2	88	31,0	120	28,4
38 - 47	38	27,5	58	20,4	96	22,7
48 - 57	21	15,2	27	9,5	48	11,4
58 et plus	14	10,1	8	2,8	22	5,2
• Statut matrimonial						
Célibataire	29	21,0	41	14,4	70	16,6
Marié(e)	101	73,2	226	79,6	327	77,5
Divorcé(e)	0	0,0	1	0,4	1	0,2
Veuf (ve)	4	2,9	14	4,9	18	4,3
Uni de fait	4	2,9	2	0,7	6	1,4
• Niveau d'instruction						
Sans niveau	3	2,2	9	3,2	12	2,8
Etude primaire	11	8,0	54	19,0	65	15,4
Etude secondaire	75	54,3	169	59,5	244	57,8
Supérieur	49	35,5	52	18,3	101	23,9
• Religion						
Catholique	64	46,4	136	47,9	200	47,4
Protestante	59	42,8	118	41,5	100	41,9
Musulmane	3	2,2	3	1,1	6	1,4
Autres	12	8,7	27	9,5	39	9,2
• Profession						
Elève ou étudiante	26	18,8	44	15,5	70	16,6
Ménagère	12	8,7	109	38,4	121	28,7
Secteur informel	10	7,2	5	1,8	15	3,6
Secteur public	54	39,1	29	10,2	83	19,7
Commerçant	19	13,8	40	14,1	59	14,0
Agro-pastorale	2	1,4	4	1,4	6	1,4
Chômeur	7	5,1	39	13,7	46	10,9
Autres	8	5,8	14	4,9	22	5,2
• Total	138	100,0	284	100,0	422	100,0

Dans la Zone de Santé d'Ibanda, les chefs de ménage qui ont répondu à notre questionnaire sont majoritairement âgés de 18 à 47 ans. Parmi eux, on dénombre plus de femmes soit 67, 3 % que d'hommes soit 32,7 %.

Sont considérés comme mariés toutes les femmes et tous les hommes mariés légalement ; et tous ceux et toutes celles vivant en union consensuelle sont considérés comme uni de fait. Selon cette définition, on constate que la majorité des enquêtés (77,5 %) sont mariés. Chez les femmes, on remarque que 5,6 % des femmes sont veuves ou divorcées et la majorité (79,6 %) est mariée.

Selon le niveau d'instruction, on constate que la majorité des enquêtés a le niveau du secondaire et plus (82 %). Ces personnes ont le niveau d'instruction leur permettant de comprendre la nécessité de mener une lutte anti vectorielle par l'appropriation du comportement procréateur en matière de santé ainsi que les habitudes en matière d'hygiène ayant

conduit à l'adoption du comportement favorable à la Santé. Il y a donc lieu de capitaliser cette potentialité afin de mener à l'abandon du comportement défavorable à la santé pour l'adoption du comportement favorable à la santé.

En ce qui concerne la religion, la majorité des chefs de ménage (89,1%) pratique la religion catholique ou protestante ; Et seulement 1,4% pratique la religion musulmane. L'église est un milieu de prédilection pour l'éducation.

Il ressort que 56,2 % des enquêtés ont déclaré n'avoir pas exercé de fonction rémunératrice (étudiante, ménagère ou sans profession). Le chômage y est très élevé.

4.1.2 PERSONNES, PIECES ET CHAMBRES

Tableau III : Nombre moyen des personnes, pièces et chambres par ménage dans la ZS d'Ibanda

PARAMETRE	MOYENNE
Nombre des pièces	4
Nombre de Chambres	3
Nombre de personnes	8
Temps de lutte (heures par mois)	15

Les ménages ont en moyenne huit personnes, quatre pièces et trois chambres. Les ménages consacrent en moyenne 15 heures par mois soit 30 minutes par jour de lutte anti vectorielle. Ces minutes sont souvent consacrées à la ventilation mécanique avant de dormir, cette pratique n'est pas efficace.

4.1.3 LE REVENU MOYEN DES MENAGES

Tableau IV : Répartition du revenu moyen des ménages

AFFECTATION	MOYENNE EN \$	POURCENTAGE (%)	ECART-TYPE
DEPENSES	368,5	92,5	277,7
EPARGNES	29,7	7,5	16,5
REVENU	398,1	100,0	303,18

Ce tableau IV montre que l'épargne moyenne est faible. Elle représente seulement 7,5 % du revenu moyen.

Répartition des dépenses moyennes des ménages en pourcentage

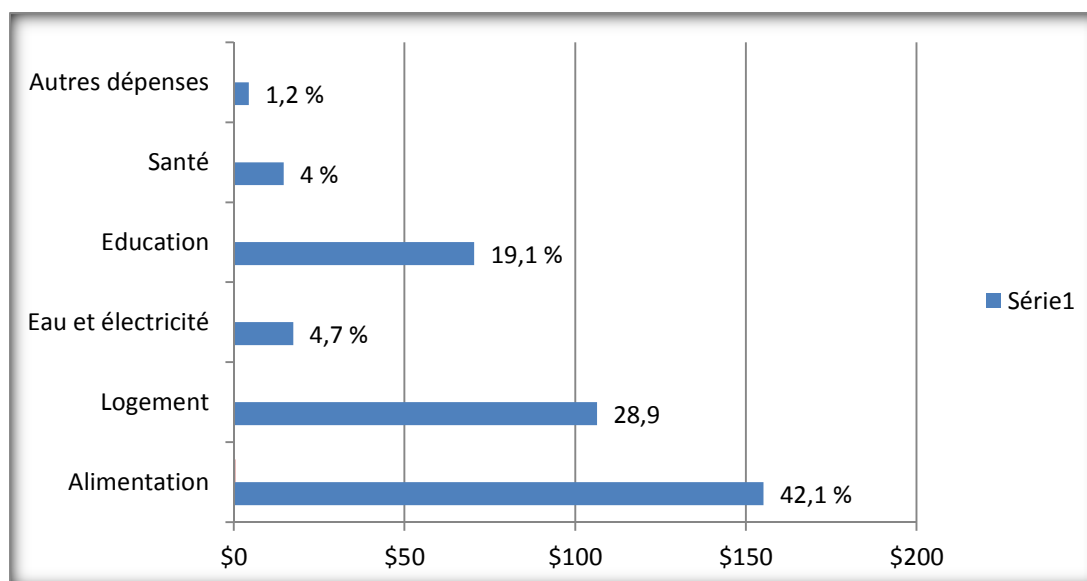


Fig. 4. Répartition des dépenses moyennes des ménages en pourcentage

Les ménages consacrent le gros du budget (90,1%) de dépenses à l'alimentation, le logement et l'éducation ; 4,7 % est consacré à l'eau et à l'électricité, 4 % est consacré à la santé (figure 4).

4.1.4 LE NIVEAU DE CONNAISSANCE DES CHEFS DE MÉNAGE SUR LA LUTTE ANTI VECTORIELLE

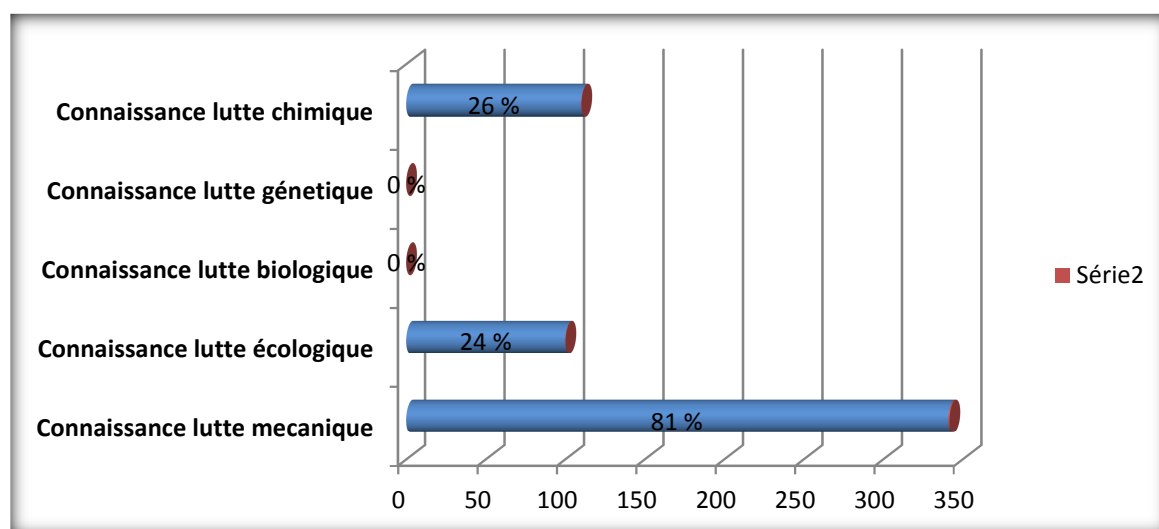


Fig. 5. Répartition selon le niveau de connaissance des chefs de ménage sur la lutte anti vectorielle.

La figure 5 montre que 81% des sujets enquêtés ont déclaré avoir une connaissance sur la lutte mécanique, et les luttes biologique et génétique ne sont pas du tout connues.

4.1.5 SOURCE D'INFORMATION SUR LA LUTTE ANTI VECTORIELLE

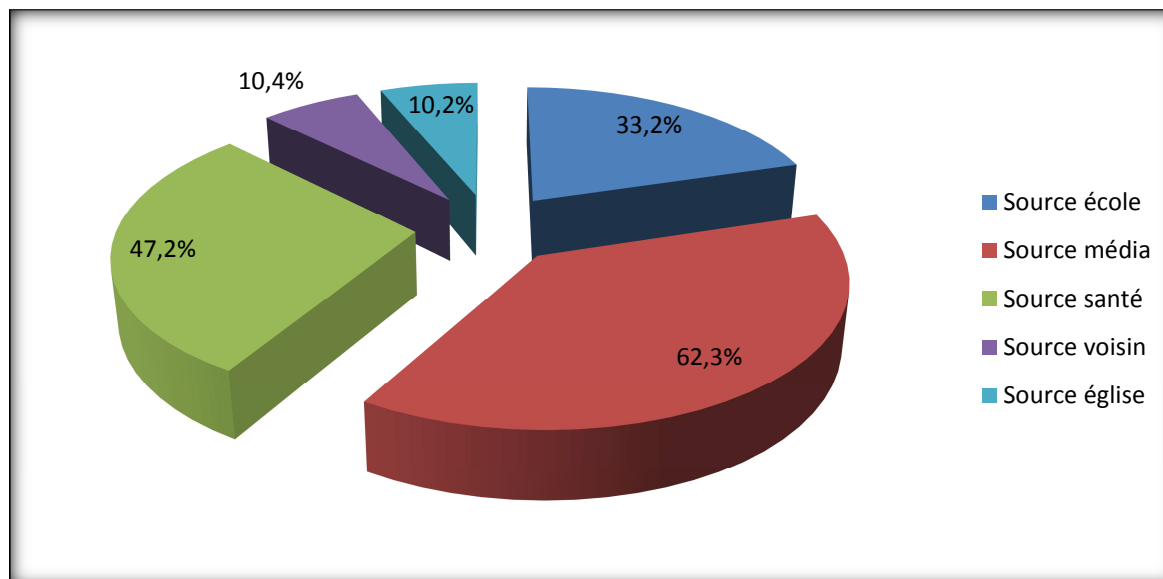


Fig. 6. Répartition des enquêtés selon la source d'information sur la lutte anti vectorielle

Au regard de la figure 6, la source d'information médiatique est la première soit 62,3 %. La communication devra tenir compte des habitudes de la population locale, de la qualité de prestation de service des agents de santé ou des professionnels de médias en matière de communication pour le changement de comportement.

4.1.6 ATTITUDE DE LA POPULATION FACE À LA LUTTE ANTI VECTORIELLE

Tableau V: Attitudes des enquêtés face à la lutte anti vectorielle

PARAMETTRE	EFFECTIF	POURCENTAGE (%)
• L'importance de la lutte anti vectorielle (n° 422 et %)		
Pas d'importance, car on ne peut pas éviter la malaria	11	2,6
Eviter les nuisances	77	18,2
Prévention du paludisme	321	76,1
Je ne sais pas	13	3,1
• Mode d'acquisition des moyens de lutte (n° 422 et %)		
Achat au Centre de Santé	32	7,6
Pharmacie/Boutique/Marché	89	21,1
Campagne de Santé	191	45,3
Don/Reçu gratuitement	106	25,1
Intervention du gouvernement	4	0,9
• Raisons de faible lutte (n° 422 et %)		
Je souffre rarement de la malaria	165	39,1
Le cout élevé	59	14,0
Je ne sais pas	73	17,3
C'est de la peine perdue	56	13,3
Ce n'est pas une priorité	29	6,9
C'est le travail du Gouvernement	18	4,3
C'est gênant	22	5,2
• Total	422	100,0

Ce Tableau V, montre le point de vue de nos répondants en rapport avec l'importance de la lutte anti vectorielle : 76,1 % a affirmé que la lutte anti vectorielle intervient dans la prévention du paludisme. La connaissance de l'importance de la lutte anti vectorielle dans la prévention du paludisme, et son appropriation par la population pourrait contribuer pour son efficacité.

Selon le mode d'acquisition des moyens de lutte anti vectorielle, la gratuité est le mode le plus important qui vient en tête avec 71,3 %. La gratuité supprime des barrières financières, rend accessible les moyens de lutte et contribue à l'intensification des efforts vers une couverture universelle des MII poursuivi par la lutte anti vectorielle dans la prévention du paludisme.

Au vu du Tableau V, 86 % des enquêtés ignore les raisons de la faible lutte, et 17,3 % avoue ne pas connaître les raisons ; et 14 % considère que le coût est élevé. L'ignorance contribue négativement à la lutte anti vectorielle.

4.1.7 PRATIQUE DE LA POPULATION DANS LA LUTTE ANTI VECTORIELLE

RÉGULARITÉ DANS LA LUTTE ANTI VECTORIELLE

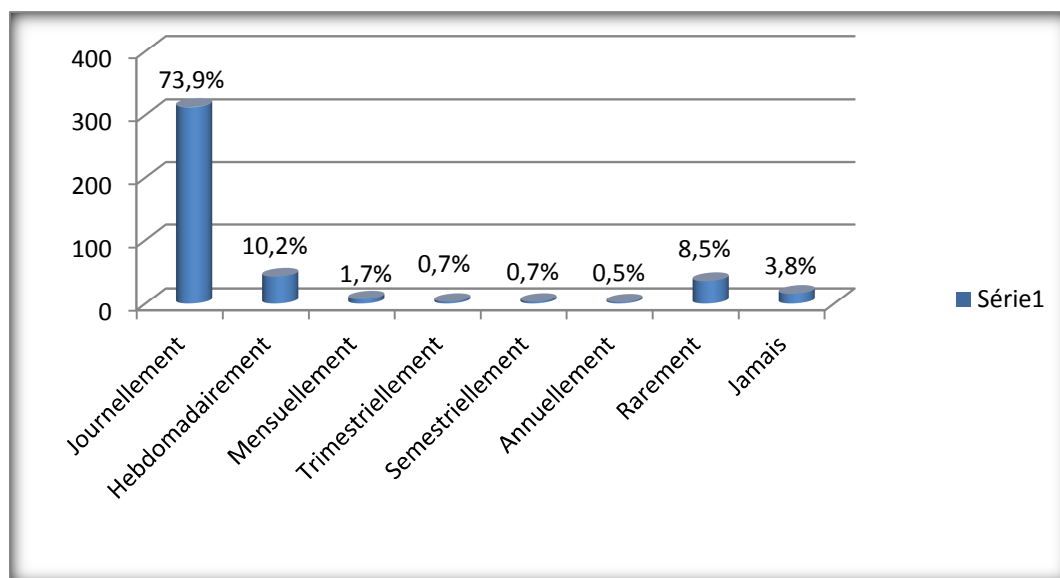


Fig. 7. Répartition des enquêtés selon la régularité dans la lutte anti vectorielle.

La figure 7, montre que 73,9% des sujets enquêtés déclarent avoir pratiqué journallement la lutte anti vectorielle, alors que 12,3% pratique rarement ou n'a jamais pratiqué la lutte anti vectorielle.

PRATIQUE DE LA LUTTE ANTI VECTORIELLE

Tableau VI: Répartition des sujets enquêtés selon la pratique de la lutte anti vectorielle.

PARAMETTRE	EFFECTIFS	POURCENTAGE (%)
Lutte Chimique pratiquée (n=422 et %)		
L'utilisation des fumigènes	22	5,2
Diffuseurs électriques à base de pyrethrinoides	16	3,8
L'utilisation des insecticides	95	22,5
Aucune lutte chimique	289	68,5
Lutte mécanique et chimique (n=422 et %)		
L'utilisation des MII	391	92,7
Autres luttés mécanique et chimique	3	0,7
Aucune lutte mécanique et chimique	28	6,6
Lutte écologique pratiquée (n=422 et %)		
Le drainage	119	28,2
La suppression des récipients abandonnés pouvant recueillir l'eau	89	21,1
L'obturation des creux et suppression des zones d'ombres	47	11,1
Le ramassage, la gestion des déchets et espaces verts pouvant constituer des gîtes larvaires	292	69,2
La régulation des berges, ruisseaux et étangs évitant la formation des mares résiduelles	13	3,1
Autres luttés écologiques	21	5,0
Aucune lutte écologique	47	11,1
Lutte écologique biologique (n=422 et %)	00	00
Lutte écologique génétique (n=422 et %)	00	00
Total de ménages	422	100,0

Au regard du Tableau VI, seulement 22,5 % utilise les insecticides, 5,2 % utilise les serpentins ou fumigènes et 3,8 % utilise des diffuseurs électriques à base de pyrethrinoides ; il y a faible utilisation des insecticides. Et que 28,2 % seulement effectue le drainage, 21,1 % ramasse les déchets ou objets abandonnés pouvant recueillir l'eau et 11,1 % supprime les zones d'ombres. Il y a une très faible lutte anti vectorielle par l'assainissement de l'environnement.

Il ressort aussi que 92,7 % des ménages utilise au moins une moustiquaire imprégnée d'insecticide ; Et que 69,2 % a déclaré en train d'effectuer le ramassage des déchets ou objets abandonnés pouvant recueillir l'eau et la gestion de l'espace vert. Les autres moyens de lutte écologique sont très faiblement utilisés comme le décrit le tableau ci-haut.

RÉPARTITION DES SUJETS SUIVIS DANS LES MÉNAGES

Tableau VII: Répartition des sujets suivis dans les ménages enquêtés selon la pratique de lutte anti vectorielle.

UTILISATION DE LA MII	EFFECTIFS DORMANT SOUS MII	EFFECTIFS TOTAL ENQUETES	POURCENTAGE (%)
Personnes dormant sous MII	2476	3337	74,2
Femmes enceintes dormant sous MII	52	56	92,9
Enfants de moins de 5 ans dormant sous MII	598	698	87,4

Le tableau VII, montre que 74,2 % des personnes vivant dans les différents ménages utilisent la MII, 92,9 % des femmes enceintes dorment sous MII et 87,4 % des enfants de moins de 5 ans dorment sous MII. L'utilisation de MII au sein des populations vulnérables, comme les femmes enceintes et les enfants de moins de cinq ans, qui est supérieure à la fréquence de son utilisation en population générale ; montre que les groupes vulnérables sont mieux protégés et que leurs efforts sont engagés vers une couverture universelle des MII.

4.2 ANALYSES

➤ Analyse de l'exposition du fait de ne pas dormir sous MII

Tableau IX: Répartition de paludisme selon l'utilisation de la moustiquaire imprégnée d'insecticide.

Exposition	Palu +	Palu -	Total
Personnes ne dormant pas sous MII	211	650	861
Personnes dormant sous MII	241	2235	2476
Total	452	2885	3337

*p valeurs $0,028 < \alpha = 0,05$ l'exposition a une influence statistiquement significative sur la survenue du paludisme.

Il ressort de l'analyse que, les personnes qui ne dorment pas sous MII sont plus de deux fois exposées (RR : 2,5) au paludisme que ceux qui dorment sous MII. Concernant la réduction des cas, la lutte anti vectorielle par la MII se révèle efficace par rapport à l'objectif du plan stratégique 2009 – 2013, qui était de réduire de 50 % morbidité et mortalité dues au paludisme d'ici 2013.

➤ Analyse de l'exposition du fait de vivre dans un environnement non assaini bien que dormant sous MII

Tableau X: Répartition des sujets dormant sous la moustiquaire imprégnée d'insecticide en exposés et non exposés selon que l'on vit dans un environnement considéré assaini ou pas.

Exposition	Palu +	Palu -	Total
Personnes dormant sous MII, mais vivant dans un environnement non assaini	203	1432	1635
Personnes dormant sous MII et vivant dans un environnement assaini	25	817	841
Total	227	2249	2476

*p value $0,038 < \alpha = 0,05$ l'exposition a une influence statistiquement significative sur la survenue du paludisme.

Il ressort de l'analyse du tableau X que, les personnes dormant sous MII, mais qui vivent dans un environnement non assaini sont exposés plus de quatre fois (RR : 4,2) au paludisme que ceux qui dorment sous MII, mais vivant dans un environnement assaini.

La lutte anti vectorielle par la combinaison de l'assainissement à l'utilisation de la MII se révèle très efficace. Sa pratique élevée pourrait faciliter l'atteinte des cibles fixées par l'Assemblée mondiale de la santé et par le partenariat RBM : réduire de 75 % le nombre de cas de paludisme d'ici 2015.

5 DISCUSSION DES RESULTATS

Sur un total de 3 337 personnes suivies dans 422 ménages, 861 personnes ne dormant pas sous MII ressortent 211 ayant souffert du paludisme. Et des 2 476 personnes dormant sous MII, 241 ayant souffert du paludisme. Ceci donne un risque très élevé à plus de deux fois (RR : 2,52) observées chez les personnes ne dormant pas sous MII « exposées » que chez les personnes dormant sous MII « non exposées ». Concernant la réduction des cas, la lutte anti vectorielle par la MII se révèle efficace par rapport à l'objectif du plan stratégique 2009 – 2013, qui était de réduire de 50 % la morbidité et la mortalité dues au paludisme d'ici 2013. Ces résultats, bien qu'en retard par rapport au temps, renforcent ceux obtenus par l'OMS, comme décrit dans son rapport mondial 2009 sur le paludisme, dans les autres Régions où le nombre des cas du paludisme confirmés, a diminué entre 2000 et 2008 de plus de 50 % dans 29 des 56 pays d'endémie palustre. Ce qui explique qu'on observe dans la Zone de santé d'Ibanda, qui n'a pas encore atteint la couverture universelle en MII, une réduction de plus de 33 % de la prévalence en 2013, bien qu'on puisse déplorer une élévation du taux de mortalité spécifique lié au paludisme la même année. On comprend alors que, toutes choses restantes égales par ailleurs, il sera difficile de réduire de 75 % le nombre des cas de paludisme d'ici 2015, afin d'atteindre les objectifs mondiaux d'éradication du paludisme.

Sur un total de 2 476 personnes dormant sous MII, 841 personnes vivant dans un environnement assaini, 25 ont souffert du paludisme. Et des 1 635 personnes vivant dans un environnement non assaini, 203 ont souffert du paludisme. Ceci donne un risque très élevé à plus de quatre fois (RR : 4,2) observées chez les personnes vivant dans un environnement non assaini « exposées » que chez les personnes vivant dans un environnement assaini « non exposées ». Concernant la réduction des cas, la lutte anti vectorielle par la combinaison de l'assainissement de l'environnement et l'utilisation de la MII se révèle très efficace par rapport à la réduction du nombre des cas du paludisme. Ces résultats rassurent la possibilité de réduction de 75 % du nombre des cas du paludisme et, qui plus est, son élimination, tels que ceux observés dans les enquêtes de l'OMS décrivant, dans son rapport mondial 2013 sur le paludisme, 59 pays sur 103 où la transmission du paludisme était active en 2000. Ainsi ils atteignent l'OMD d'inverser la tendance du paludisme. Parmi ceux-ci, 52 sont en bonne voie pour atteindre les cibles fixées par l'Assemblée mondiale de la santé et par le partenariat RBM : réduire de 75 % le nombre des cas du paludisme d'ici 2015, et notamment dans huit pays de la région Afrique.

Les deux stratégies prises ensemble, on remarque ici que l'efficacité de la lutte anti vectorielle par l'utilisation de la MII est un verre à moitié plein et que l'assainissement de l'environnement associé à l'utilisation de la MII se révèle très efficace sur le plan épidémiologique ou comme une stratégie offrant le maximum de protection du risque du paludisme. L'irréparabilité en santé pose des problèmes. Bien que la santé ait un coût, elle n'a pas de prix. D'où la nécessité de rechercher l'action sanitaire optimale.

Par l'assainissement de l'environnement associé à l'utilisation de la MII, il est possible non seulement de réduire sensiblement les cas, mais aussi d'atteindre le risque zéro ou d'éliminer le paludisme. Les efforts présents devraient être encouragés, conservés et développés par la couverture universelle de la MII associée à l'assainissement de l'environnement.

6 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

6.1 CONCLUSION

Le présent travail a eu pour objectifs d'analyser le risque d'exposition au paludisme, afin d'apprêter un outil pouvant servir de support aux décideurs et aux autres chercheurs. Au terme de la présente étude, les résultats suivants ont été dégagés :

- les personnes qui ne dorment pas sous MII sont exposées plus deux fois (RR : 2,52) au risque du paludisme que celles qui dorment sous MII ;
- les personnes dormant sous MII, mais qui vivent dans un environnement non assaini sont exposées plus de quatre fois (RR : 4,2) que celles qui dorment sous MII, mais vivant dans un environnement assaini ;

- La lutte anti vectorielle par la combinaison de l'assainissement à l'utilisation de la MII se révèle très efficace sur le plan épidémiologique.

6.2 RECOMMANDATIONS

Eu égard à ce qui précède, nous formulons les recommandations suivantes pour l'amélioration de l'état de santé par la réduction du taux de morbidité et de mortalité dues au paludisme dans la Zone de Santé d'Ibanda :

- de renforcer les dispositifs de démoustication sur l'espace public ;
- de considérer les instruments de lutte anti vectorielle comme des intrants de santé publique et d'aider à la réduction du prix par la suppression des droits et taxes afin de les rendre disponibles à tous et
- d'appuyer les recherches dans le domaine de la prévention du paludisme.
- de concevoir des projets à effet durable et adaptés à la population en matière de lutte anti vectorielle (assainissement du milieu : quartier sans moustique, utilisation de la MII, utilisation des insecticides,...) ;
- d'assurer la formation continue des agents de santé sur la lutte anti vectorielle ;
- d'élaborer et de mettre en œuvre le plan d'action de lutte anti vectorielle « quartier sans moustiques », par des campagnes de démoustication : traitement anti-larvaire, drainage eau stagnante,... ;
- de renforcer la sensibilisation (en impliquant davantage les relais communautaires) pour l'appropriation de la lutte anti vectorielle et
- de promouvoir la responsabilisation de la communauté dans l'assainissement de l'environnement et l'utilisation de la MII.
- d'adhérer au changement des habitudes néfastes à la santé par la prise de conscience des lourdes conséquences socioéconomiques dues au paludisme ;
- d'éradiquer les gîtes larvaires autour du lieu d'habitation par des gestes simples : supprimer toutes collections d'eau stagnante ; couvrir tout réservoir, vase ou puits contenant de l'eau afin de réduire la reproduction des moustiques diminuant le risque de la maladie ;
- d'assurer une bonne gestion de l'espace vert autour du lieu d'habitation ;
- d'utiliser la MII, des diffuseurs électriques, des insecticides,... ;
- de mettre des grillages fins (moustiquaires) aux fenêtres, sur les bouches d'aération et de ventilation et de s'assurer régulièrement qu'il n'y a aucun trou et
- de garder les portes et les fenêtres toujours fermées au crépuscule ou à l'aurore.

REFERENCES

- [1] APP « L'Alliance pour la prévention du paludisme », Boîte à outils pour les campagnes de distribution massive visant à augmenter la couverture et l'utilisation de moustiquaires imprégnées d'insecticide longue durée, Seconde édition 2012.
- [2] Lavoisier, Epidémiologie : Principes et méthodes quantitatives, Paris, 2009.
- [3] Nicolas Treich, l'Analyse coût-bénéfice de la Prévention des Risques, Université de Toulouse, Décembre 2005.
- [4] OMS, LE PALUDISME CHEZ LA FEMME ENCEINTE, Lignes directrices pour la mesure des indicateurs clés utilisés aux fins du suivi et évaluation, 2007.
- [5] Prof Pierre Aubry et Prof Emirate, Médecine Tropicale, paludisme à Madagascar, 2006, P.1
- [6] PNLP, Faire Reculer le Paludisme, PLAN STRATEGIQUE 2009 – 2013, Janvier 2009, RD Congo.
- [7] PNLP, Guide technique de formation en prévention et prise en charge du paludisme, 2010, p.31.
- [8] Audibert M, Evaluation de la lutte anti vectorielle : Approche économique, Médecine Tropicale, 2009.
- [9] CENTRE NATIONAL D'EXPERTISE SUR LE VECTEUR, Surveillance et Contrôle des moustiques aux points d'entrée ouverts au trafic international, Octobre 2012, Paris, p. 23.
- [10] Jacky KABWE KABEYA et All, Impact de la moustiquaire imprégnée d'insecticide sur le paludisme parmi les enfants de moins de cinq ans : Cas de la RD Congo.
- [11] DOANNIO J.M.C et all, Représentations sociales et pratiques liée à l'utilisation des moustiquaires imprégnées dans la lutte contre le paludisme en Côte d'Ivoire, publié dans Med Trop 2003 ; pp 45-52,66.
- [12] Centre d'expertise sur les vecteurs « CNEV », Guide méthodologique de surveillance et contrôle des moustiques aux points d'entrées au trafic international, France, Octobre 2012.
- [13] Kevin S et all, traitement du paludisme aux Etats-Unis : une revue systématique, publié dans le journal Américain des Maladies Vol 297, numéro 20, Atlante USA, Mai 2007
- [14] MINISANTE RWANDA, Manuel de formation pour la prise en charge du paludisme au Rwanda, PNLP, KIGALI, juillet 2008, pp165

- [15] OMS : Bureau Afrique, Profil entomologique du paludisme en RDC, Septembre 2007
- [16] OMS, Rapport d'un groupe d'étude, PALUDISME : LUTTE ANTIVECTORIELLE ET PROTECTION INDIVIDUELLE, Série de Rapports techniques 936, 2006.
- [17] OMS, Rapport mondial sur le paludisme, 2005.
- [18] OMS, Rapport mondial sur le paludisme, 2006.
- [19] OMS, Rapport mondial sur le paludisme, 2007.
- [20] OMS : Rapport mondial sur le paludisme, 2008.
- [21] OMS, Rapport mondial sur le paludisme, 2009.
- [22] OMS, Rapport mondial sur le paludisme, 2010.
- [23] OMS, Rapport mondial sur le paludisme, 2011.
- [24] OMS, Rapport mondial sur le paludisme, 2012.
- [25] OMS, Rapport mondial sur le paludisme, 2013.
- [26] Plan d'action 2009 du District sanitaire de Bukavu, p 24.
- [27] Plan National stratégiques de lutte contre le paludisme 2007-2011 ; Rapport de EDS République Démocratique du Congo 2007.
- [28] PNLP-RDC, Fiches techniques paludisme, version 2005.
- [29] PNUD, Pauvreté et conditions de vie des Ménages, Province du Sud – Kivu, Mars 2009.
- [30] TALANI P et all, lutte contre le paludisme par le moustiquaire imprégnées à Brazzaville, journal le KIOSQUE, journal Médecine d'Afrique noire, n° 5212, décembre 2005, pages 687-690.
- [31] Thaddée YHAWÉ, paludisme un combat de tous les jours, Syfiat RDC2009.
- [32] UNICEF, Combattre le paludisme est un investissement pour le futur !, Cote D'Ivoire, 2006.
- [33] WHO: RBM, Overview of malaria control activities and program progress, Brasil, 2005, p 5.
- [34] Aurelien A.AHOLOUKPE, des représentations socioculturelles liées à la moustiquaire imprégnée en milieu rural au Bénin : cas de l'arrondissement de Ouèdo à Abomey-calavi, Mémoire inédit, Université de Bénin, 2006, p 35.
- [35] D OANNION JMC, Transmission du paludisme à Kaffiné, un village de riziculture irrigué de la Côte d'Ivoire et essai de lutte par l'utilisation des moustiquaires « O lyset Net » en zone de résistance des *Anopheles gambiae* s. (Gillet, 1902) aux pyrèthrimoïdes. Thèses de Doctorat d'Etat des Sciences Naturelles, Université de Cocody-Abudjan, 2003, p 214.
- [36] DOSSOU-YOVO J – Etude étiologique des moustiques vecteurs du paludisme en rapport avec les aspects parasitologiques de la transmission du paludisme dans la région de Bouaké. Thèse de Doctorat d'Etat, Université d'Abidjan-cocody, Côte d'Ivoire, 2003, p 345.
- [37] Eddy Kieto ZOLA, Analyse comparative de la prise en charge et du coût des soins d'un épisode du paludisme simple chez les enfants de moins de 5 ans dans les centres de sante St Joseph, Esengo et Deborah, Ecole de Santé Publique de l'Université de Kinshasa - DES en Economie de la Santé, 2004.
- [38] IYAMUREMYE Vincent, Degré d'utilisation des moustiquaires imprégnées d'insecticides par les femmes enceintes en CPN et ses déterminants dans la Zone de l'hôpital MIBILIZI au RWANDA, I.S.T.M /Bukavu 2009, inédit.
- [39] KALEBO WATANGA, Degré d'adhésion à l'utilisation des moustiquaires imprégnées d'insecticides à Bukavu, I.S.T.M /Bukavu 2009, inédit.
- [40] NGONGO MUNDALA, la prévention du paludisme chez la femme enceinte dans Zone de Santé Urbaine de Bukavu, I.S.T.M /Bukavu 2000, inédit.
- [41] Michel vaillant, Déploiement d'une nouvelle stratégie de traitement d'une maladie à transmission vectorielle : application au paludisme , analyse des pratiques thérapeutiques, et conséquences sur l'épidémiologie de *P. falciparum* en Casamance, Sénégal, 1996 – 2009, Thèse pour le Doctorat de l'Université Bordeaux 2, 2010.
- [42] Pierre AKILIMALI ZALAGILE, Déterminants de l'utilisation de la moustiquaire imprégnée d'insecticide en faveur des enfants de moins de cinq ans dans la ville de Kinshasa, Ecole de Santé Publique de l'Université de Kinshasa -Maitrise en Santé Publique-Economie de la Santé 2008.
- [43] Roserie AZONDEKON, Contrôle de qualités des Moustiquaires Imprégnées Commercialisées ou distribuées au Benin, Université d'Aubomey Calavi, 2007.
- [44] SANDRA INCARDONA, Le paludisme au Cambodge épidémiologie, diagnostic moléculaire à haut débit, et variabilité du gène ARNr 18S des quatre espèces infectant l'homme, Thèse de doctorat de l'Université Paris 7, juin 2007.

Acquisition des concepts du système digestif par les jeunes apprenants

[Acquisition of the digestive system concepts by young learners]

Wissal IRAQI, Nouredine AMEZIANE, Radouane OUAJKA, Nora BELFAQIR, Ali KOUKOUCH, and Taoufik HASSOUNI

Centre Régional des Métiers de l'Éducation et de la Formation,
Département des Sciences de la Vie et de la Terre,
Meknès, Maroc

Copyright © 2017 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 acquisition of the digestive system concepts is still problematic. In this study, we assessed whether 3rd year secondary school learners have acquired and assimilated these concepts at the end of the module. The results we obtained showed that young learners have problems in acquiring these concepts to varying degrees. The role of aliments, the organs and functions of the digestive system, and the phenomena of digestion were relatively acquired by the students. However, the dangers threatening the digestive system and the means of prevention remained unknown for the great majority of these learners. We have also found that learners confused with the digestive system and the respiratory system in some representations.

KEYWORDS: Digestion, Student, Respiration, Morocco.

RESUME: Les concepts du système digestif posent toujours problème au niveau de son acquisition. Nous nous sommes proposé dans la présente étude de savoir si les élèves de 3^{ème} année collège arrivent à acquérir et à assimiler ce concept à la fin du module. Les résultats que nous avons obtenus ont montré que les jeunes apprenants ont des problèmes d'acquisition desdits concepts à des degrés variables. Le rôle des aliments, les organes et les fonctions du système digestif ainsi que les phénomènes de la digestion ont été relativement acquis par les élèves de notre étude. Par contre, les dangers qui menacent le système digestif et les moyens de prévention sont restés inconnus pour la grande majorité de ces apprenants. Nous avons également constaté que les apprenants présentaient certaines confusions entre le système digestif et le système respiratoire.

MOTS-CLEFS: Digestion, Elève, Respiration, Maroc

1 INTRODUCTION

Chez les jeunes apprenants, la digestion est souvent limitée à l'action de manger et d'évacuer. Ceci est dû au fait que ces deux actions font partie du quotidien et sont tangibles. Cependant, les difficultés résident dans le fait que ces enfants n'arrivent pas à schématiser et à comprendre le parcours et le devenir des aliments à l'intérieur de leur corps depuis leur entrée (la bouche) et la sortie (l'anus). De nombreuses études se sont intéressées aux obstacles rencontrés chez les apprenants dans l'appropriation du phénomène de la digestion ainsi qu'aux conceptions relatives [1], [2], [3], [4]. Ces études ont rapporté que les personnes interrogées donnent un parcours trop simplifié des aliments et ce, indépendamment de leur âge et de leur niveau d'études, de même que des représentations erronées sur les étapes et le processus de la digestion. Il est clair que l'enseignement de la digestion a fait l'objet de plusieurs recherches. Dans ce contexte, différentes conceptions ont été caractérisées et de nombreux obstacles ont été détectés. Nous citons les travaux menés par Sauvageot

qui a utilisé des outils de travail différents (questions ouvertes, questions à choix multiple, schémas, dessins, etc) pour déterminer la perception de la digestion chez les élèves [5]. L'analyse des réponses a mis en évidence différents obstacles rencontrés par les élèves dans l'acquisition de ce concept, tels que les étapes de la digestion, les phénomènes mécaniques et chimiques, les organes de la digestion, etc. Des recherches ont rapporté que la conception de type «tuyauterie à paroi imperméable» est ancrée chez les apprenants [4]. Or, c'est la perméabilité de la paroi intestinale qui permet de comprendre le processus de la digestion notamment l'absorption des aliments. Cette perméabilité est aussi primordiale dans la compréhension du système excréteur et notamment le processus de l'élimination des liquides dans les urines [4]. Concernant les conceptions des apprenants sur le devenir des aliments, les résultats ont montré que ces derniers donnent des explications d'ordre perceptif aux changements d'état de la nourriture dans le corps [3]. Cependant, la perception du rôle des composants alimentaires (glucides, protéines, lipides, vitamines, etc) reste imprécise chez les élèves [6], [7]. De nombreux auteurs ont mis l'accent sur l'importance d'une démarche expérimentale dans l'enseignement du système digestif [2], [8] ainsi que la modélisation des étapes de la digestion relatives aux actions mécaniques pour simplifier le concept de la digestion [9].

A travers le présent travail, nous avons analysé le niveau d'acquisition des concepts du système digestif par les apprenants de 3^{ème} année collège et ce, à la fin de l'unité. Il est important de signaler que ces concepts constituent la première unité dispensée en 3^{ème} année collège dans le curriculum marocain. Ce dernier prend onze heures d'enseignement réparties en cinq semaines.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 PARTICIPANTS À L'ÉTUDE

Nous avons effectué notre étude auprès de 100 apprenants en 3^{ème} année collège, âgés entre 14 ans et 17 ans et répartis en trois classes. Nous avons travaillé dans la ville de Meknès, située au centre du Maroc.

Soulignons que les apprenants ayant participé à la présente étude ont été informés de la nature et des objectifs de l'étude.

2.2 QUESTIONNAIRES

Les questionnaires ont comporté des questions ouvertes et ont été préalablement expliqués aux apprenants. Ces dernières ont été axées sur :

1. Le rôle des aliments pour le corps humain.
2. Les organes du système digestif.
3. Le mécanisme de la digestion.
4. Les phénomènes de la digestion.
5. Les dangers qui menacent le système digestif et les moyens de prévention.

Il est à noter que nous avons distribué les questionnaires aux apprenants à la fin de l'unité du système digestif. Par ailleurs, les leçons sur le système respiratoire étaient également sur le point d'être achevées.

2.3 COLLECTE DES DONNÉES

Les questionnaires que nous avons distribués aux élèves ont été collectés après une heure, pour se rapprocher des conditions d'une évaluation de routine.

2.4 ANALYSE DES RÉPONSES

Les questionnaires ont été dépouillés puis analysés en fonction de la question. Les réponses ont été classées : complètes, incomplètes ou erronées. Il est à signaler qu'une absence de réponse a été considérée également comme une réponse erronée.

3 RÉSULTATS

3.1 LE RÔLE DES ALIMENTS POUR LE CORPS HUMAIN

Un grand nombre d'élèves (84) a pu déterminer le rôle des aliments pour le corps humain mais d'une manière incomplète (énergétique seulement), la réponse de 9 apprenants seulement était complète (énergétique, constructif, protecteur). Par ailleurs, 7 apprenants ont donné des réponses erronées (ou pratiquement aucune réponse) (tableau 1).

Tableau 1 : Pourcentage des différents types de réponses des apprenants sur le rôle des aliments pour le corps humain

Réponse	Complète	Incomplète	Erronée
Pourcentage des apprenants	9%	84%	7%

3.2 LES ORGANES DU SYSTÈME DIGESTIF

La majorité des 100 élèves interrogés (54) a pu répondre bien que leur réponse était incomplète puisqu'ils n'ont pu citer que quelques organes du système digestif. Cependant, 39 élèves ont pu citer aisément tous les organes. Il est à noter que 7 élèves seulement ont donné une réponse complètement erronée et a comporté une confusion entre les organes du système digestif et ceux du système respiratoire (la gorge, les poumons) (tableau 2).

Tableau 2 : Pourcentage des différents types de réponses des apprenants sur les organes du système digestif

Réponse	Complète	Incomplète	Erronée
Pourcentage des apprenants	39%	54%	7%

3.3 LES FONCTIONS DU SYSTÈME DIGESTIF

Un grand nombre d'élèves (69 parmi 100) est arrivé à déterminer correctement les fonctions du système digestif (ingestion, sécrétion, brassage et propulsion, digestion, absorption, défécation). 11 élèves ont également pu répondre mais d'une manière incomplète. Ces derniers ne sont arrivés à énumérer que deux ou trois fonctions du système digestif. Cependant, 20 élèves ont donné une réponse complètement erronée ou aucune réponse (tableau 3).

Tableau 3 : Pourcentage des différents types de réponses des apprenants sur les fonctions du système digestif

Réponse	Complète	Incomplète	Erronée
Pourcentage des apprenants	69%	11%	20%

3.4 LES PHÉNOMÈNES DE LA DIGESTION

Les phénomènes de la digestion ont été globalement cités par la grande majorité des élèves de notre étude puisque 55 élèves ont pu répondre (5 réponses complètes versus 50 incomplètes). Par contre, 45 élèves se sont trompés sur la réponse (tableau 4).

Tableau 4 : Pourcentage des différents types de réponses des apprenants sur les phénomènes de la digestion

Réponse	Complète	Incomplète	Erronée
Pourcentage des apprenants	5%	50%	45%

3.5 LES DANGERS QUI MENACENT LE SYSTÈME DIGESTIF ET LES MOYENS DE PRÉVENTION

Bien que cette question paraisse facile, 63% des élèves n'ont pas pu répondre. Il est à noter que ces derniers ont des confusions entre le système digestif et le système respiratoire. Une petite minorité (18%) est arrivée à répondre juste. 19 élèves parmi 100 ont donné quelques réponses mais incomplètes (tableau 5).

Tableau 5 : Pourcentage de différents types de réponses sur les dangers qui menacent le système digestif et les moyens de prévention

Types de réponses	Complète	Incomplète	Erronée
Pourcentage des apprenants	18%	19%	63%

L'analyse simultanée des résultats présentés ci-dessus sur les cinq questions montre que l'anatomie et la physiologie de l'appareil digestif sont relativement acquises par les élèves si nous considérons même les réponses incomplètes. Cependant, la question sur les dangers qui menacent le système digestif et les moyens de prévention est celle qui pose plus de problèmes puisque 63% des apprenants de notre échantillonnage étaient incapables de donner une réponse (tableau 6).

Tableau 6 : Pourcentage des apprenants par rapport aux différents types de réponses sur l'ensemble des questions

Types de réponses	Complète	Incomplète	Erronée
Le rôle des aliments	9%	84%	7%
Les organes du système digestif	39%	54%	7%
Les fonctions du système digestif	69%	11%	20%
Les phénomènes de la digestion	5%	50%	45%
Les dangers qui menacent le système digestif et les moyens de prévention	18%	19%	63%

4 DISCUSSION

L'analyse des données que nous avons collectées nous a permis d'avoir une certaine radiographie sur l'assimilation et la compréhension du système digestif chez des apprenants de 3^{ème} année collège après avoir bénéficié de toute l'enveloppe horaire réservée à ce concept.

Concernant le rôle des aliments, seul un nombre négligeable d'élèves interrogés (9 sur 100) a cité les différents rôles de la digestion (énergétique, constructif, protecteur) tandis que la majorité (84 parmi 100) a donné une réponse incomplète en ne mentionnant que le rôle énergétique. Ceci serait lié au fait que les enfants assimilent l'alimentation à l'énergie. Cette notion renvoie aux connaissances primaires qui existent chez ces derniers en l'absence de tout enseignement. Ces résultats corrélaient avec ceux rapportés dans la littérature [10], [11], [12]. Il est à noter que 7% des apprenants de notre enquête étaient incapables de répondre, témoignant d'aucune assimilation du rôle des aliments.

Quant aux connaissances des apprenants sur les organes de l'appareil digestif, les résultats ont montré qu'un petit nombre (39 élèves) est arrivé à énumérer correctement ces organes tandis que la majorité (54 élèves) n'a pas réussi à donner une réponse complète en considérant que le système digestif est constitué de la bouche et de l'anus seulement. En d'autres termes, une représentation en tube a été souvent citée par les élèves. Ces résultats nous renvoient à la conception de "tuyauterie continue digestion-excrétion" rapportée par de nombreux auteurs [4], [13]. Les représentations des apprenants ainsi que leur manque de motivation, de sensibilisation et d'oubli expliqueraient nos résultats. Les conceptions sont donc à prendre en considération dans l'enseignement du système digestif [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16]. Dans ce cadre, le développement des capacités et du savoir faire relatifs aux compétences méthodologiques comme la démarche expérimentale et la démarche d'investigation pourrait jouer un rôle clé dans la correction de certaines représentations [2], [17], [18], [19]. Par ailleurs, nous avons constaté que 7% des apprenants mélangent entre les organes du système digestif et les organes du système respiratoire, soulignant un manque de conceptualisation proportionnel aux organes de la digestion. Des auteurs ont rapporté que cette confusion existe aussi chez des apprenants de niveau supérieur [1]. Soulignons que les questionnaires ont été distribués après la fin des cours sur l'appareil digestif, ceux de l'appareil respiratoire étaient sur le point d'être achevés aussi.

A propos des fonctions de l'appareil digestif, 69% des apprenants de notre étude sont arrivés à donner une réponse complète (ingestion, sécrétion, brassage et propulsion, digestion, absorption, défécation). Il est intéressant de noter que c'est la seule question à laquelle nous avons obtenu le plus haut pourcentage de réponses correctes. Ceci serait dû au fait que ces fonctions sont tangibles et faciles à comprendre et à retenir. Il est à noter aussi que 11% des élèves ont pu également répondre bien que c'était incomplet. Par ailleurs, 20% des apprenants de cette étude ont donné une réponse erronée. Une mauvaise perception des élèves du devenir des aliments dans le corps expliquerait ces résultats comme déjà rapporté par des chercheurs [3], [20].

Quant aux phénomènes qui se déroulent au niveau des intestins, 45% des apprenants ne parviennent pas les déterminer. La réponse devrait évoquer notamment qu'une partie des aliments digérés (les nutriments) est absorbée par l'organisme en

vue d'être utilisée par les organes pour fonctionner. En outre, les apprenants confondent l'absorption intestinale avec les échanges gazeux respiratoires. Ces résultats corréleront avec ceux publiés par d'autres auteurs [20], [21]. Les mauvaises conceptions des élèves sur le système respiratoire seraient aussi impliquées dans ce point [22], [23]. La présentation de dessins animés sur la respiration peut contribuer à la correction des conceptions des apprenants sur ce concept selon certaines études [24].

Concernant les dangers qui menacent le système digestif et les moyens de prévention, 63% des apprenants n'avaient pas la moindre idée sur le sujet. Nos résultats corréleront avec ceux d'une étude réalisée en Turquie [18]. Il faudrait noter que ces apprenants confondent les dangers qui menacent le système digestif avec ceux du système respiratoire (le tabagisme, la pollution, les gaz toxiques). Ceci pourrait être dû au fait que les apprenants ne sont pas arrivés à acquérir complètement les deux concepts en question comme cité plus haut. Rappelons que ces apprenants avaient bénéficié également des cours sur le système respiratoire. Seuls 18 apprenants parmi 100 sont arrivés à donner une réponse complète. 19 élèves ont également pu répondre mais d'une manière incomplète.

5 CONCLUSION

Les jeunes apprenants ont des problèmes d'appropriation et de compréhension du concept du système digestif à des degrés variables malgré qu'ils aient suivi onze heures de cours. Le rôle des aliments, les organes et les fonctions du système digestif ainsi que les phénomènes de la digestion et leurs rôles sont relativement acquis par les élèves de notre étude. Par contre, les dangers qui menacent le système digestif et les moyens de prévention restent inconnus pour la grande majorité de ces apprenants.

REFERENCES

- [1] A. GIORDAN and G. De VECCHI, «Les origines du savoir», Paris, Delachaux et Niestlé, 1987.
- [2] E. ORLANDI, «Conceptions des enseignants sur la démarche expérimentale», *Aster* n°13 ; pp. 111-132, 1991.
- [3] M. SAUVAGEOT, «Problèmes posés par l'enseignement des concepts d'alimentation et de nutrition au collège», Thèse en Didactique de la biologie. Université de Paris VII, 1991a.
- [4] P. CLEMENT, «Sur la persistance d'une conception : la tuyauterie continue digestion excréation», *Aster*, N°13, pp. 133-155, 1991.
- [5] M. SAUVAGEOT, « La digestion au collège : transformation physique ou chimique ? » *Aster* n°13 ; pp. 92-110, 1991b.
- [6] S. ÖZGÜR, «Analyse didactique du contenu portant sur la digestion humaine du nouveau manuel de sciences expérimentales de sixième au collège», La Direction d'Education Nationale, 10100 Balikesir / Turquie, 2004.
- [7] O. MEGALAKAKI and N. FOUQUET, «Conceptions naïves de la digestion chez les enfants de 7 à 10 ans», *Enfance* n° 2, pp. 159-179, 2009.
- [8] S. HRAIRI, «Formes et fonctions des expériences dans l'enseignement de la biologie : cas de la digestion dans le curriculum tunisien», Thèse de doctorat, Université de Tunis, Tunisie, 2003.
- [9] P. CHAMPSAUR and E. MENAGER, «La modélisation au cœur de l'apprentissage des sciences expérimentales : la digestion», Education, <dumas-00962432>, 2013.
- [10] P. CLEMENT, «Epistemological, didactical and Psychological obstacles: The example of digestion/excretion», *Science Education Research in the knowledge-based society: Proceedings ESERA*, pp. 347-349, 2001.
- [11] A. FAGNANT and C. FLAMMANG, «Etude des représentations des élèves relatives aux systèmes digestif et circulatoire», Rapport final de 2^{ème} année de recherche, «Conception d'outils didactiques pour l'intégration et le développement d'une composante historique à l'éducation scientifique», Service de Pédagogie expérimentale, Université de Liège, document non publié, 2003.
- [12] P. CLEMENT, «Représentations, conceptions, connaissances». In A. Giordan et al. *Conceptions et connaissances*, Berne : Peter Lang, pp. 15-45, 1994.
- [13] S. BOUDET, « Des conceptions initiales au savoir scientifique: le cas de la digestion », Education, <dumas-00952668>, 2013.
- [14] P. CLEMENT, «Situating conceptions and obstacles: The example of digestion/excretion» In *Science Education Research in the Knowledge-Based Society*, pp: 89-97, 2003.
- [15] K. DEVAL, «L'erreur : un obstacle à analyser», Dossier professionnel, Concours de recrutement des professeurs des écoles, session 2000.
- [16] T. HASSOUNI, Y. EL MADHI, N. AMEZIANE, S. BRIKI, H. BENHSSINE, «Representations of secondary school learners about the digestion concept», *Wyno Academic Journal of Educational Research and Essays*, Vol. 1(6), pp. 59-63, 2013.

- [17] W. IRAQI, T. HASSOUNI, F. ECHALFI and F. ZIALI, «Importance des expériences dans l'enseignement et l'apprentissage du système nerveux au collège : Etude de cas», *European Scientific Journal*, Vol. 10, pp. 155-158, 2014.
- [18] W. IRAQI, T. HASSOUNI, E.M. BENHAMMI and T. MANSSOURI, «Difficulties of teaching the circulatory system in Life Sciences», *International Journal of Research*, Vol. 2, pp. 248-254, 2015.
- [19] T. HASSOUNI, N.AMEZIANE, W.IRAQI HOUSAINI, D. LAMRI, Y. EL MADHI, R. BEN HAIBA, «Place de la démarche d'investigation dans l'enseignement des sciences de la vie et de la terre au collège», *European Scientific Journal*, Vol.10, pp. 286-298, 2014.
- [20] N. TOYAMA, «What are food and air like inside our bodies?: Children's thinking about digestion and respiration», *International Journal of Behavioral Development*, 24, pp. 222-230, 2000.
- [21] M. PACCAUD, «Les conceptions comme levier d'apprentissage du concept de respiration», *Aster*, pp. 13, 35-58, 1991.
- [22] C. FLAMMANG and J. VLASSIS, «La respiration : Comparaison entre les représentations des élèves et l'évolution historique du concept», *Bulletin d'informations pédagogiques* Janvier, n° 55, 2004.
- [23] C. FLAMMANG, J. VLASSIS, and R. BURTON, «La respiration: évolution historique des concepts et représentations mentales des élèves», Rapport final de 1ère année de recherche, «Conception d'outils didactiques pour l'intégration et le développement d'une composante historique à l'éducation scientifique», Service de Pédagogie expérimentale, Université de Liège, document non publié, 2002.
- [24] J. VUALA, «Le rôle d'un dessin animé dans l'évolution des conceptions des élèves sur la respiration», *Aster*, pp. 13, 7-34, 1991.

La mendicité féminine dans la ville de Zinder (Niger)

ABDOU Harou

Département de Géographie, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Université de Zinder, BP : 656, Zinder, Niger

Copyright © 2017 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 research established the socioeconomic profile of mendicants and analyzed the socio-economic, cultural and political causes of female begging in the town of Zinder.

A documentary work and a field survey allowed the collection of qualitative and quantitative data. The survey used a questionnaire administered to 100 beggars and a maintenance guide that involved 10 imams of the large Zinder mosques. The statistical data thus obtained were used to produce tables and figures for the illustrations. Fieldwork also resorted to direct observation, which helped to identify districts housing beggars and places of begging mapped using geographic coordinates.

The results of the study show that poverty, disability, the resignation of husbands, social and political tolerance, lack of solidarity of the State etc. Are all reasons leading women to begging. To these causes is added the search for easy gain benefiting from a socioreligious context favorable to the practice of almsgiving. Hence the tendency towards the professionalization of begging, which is banned by Islam and prohibited by the Nigerian penal code.

KEYWORDS: female begging, poverty, town, Zinder, State.

RESUME: Cette recherche a établi le profil des mendiante et analysé les causes socioéconomiques, culturelles et politiques de la mendicité féminine dans la ville de Zinder.

Un travail documentaire et une enquête de terrain ont permis le recueil des données qualitatives et quantitatives. L'enquête a utilisé un questionnaire administré auprès de 100 mendiante et un guide d'entretien qui a concerné 10 imams des grandes mosquées de Zinder. Les données statistiques ainsi obtenues ont servi à l'élaboration de tableaux et figures pour les illustrations. Le travail de terrain a recouru aussi à l'observation directe qui a aidé au repérage des quartiers abritant les mendiante et des lieux de mendicité cartographiés à l'aide des coordonnées géographiques prises.

Les résultats de l'étude montrent que la pauvreté, le handicap, la démission des maris, la tolérance sociale et politique, l'absence de la solidarité de l'Etat, etc. sont autant de motifs conduisant les femmes à la mendicité. A ces causes s'ajoutent la recherche du gain facile profitant d'un contexte socioreligieux favorable à la pratique de l'aumône. D'où la tendance à la professionnalisation de la mendicité pourtant bannie par l'islam et interdite par le code pénal nigérien.

MOTS-CLEFS: mendicité féminine, pauvreté, ville, Zinder, Etat.

1 INTRODUCTION

La mendicité consistant à quémander pour survivre de la générosité des autres caractérise quasiment toutes les sociétés du monde. C'est une pratique sociale fort ancienne.

En Europe¹, c'est dès le XVIe et le XVIIe siècle que des mesures anti-mendicité ont été prises dans les pays comme la France et la Suisse. Ces mesures vont de la réinsertion (création des «chambres de charité» en milieu urbain à la répression

¹ En Suisse par exemple, les mesures anti-mendicité furent d'ailleurs plus sévères. Etait systématiquement abattu tout vagabond faisant mine de résister à l'expulsion consistant en des battues organisées, parfois intercommunales, pour chasser les mendiants. Un mandat

(peine des galères, expulsion, emprisonnement) (Arnold, 1931, cité par. En dépit de ces mesures, la mendicité n'est toujours pas éradiquée dans ces pays et concerne les sans-abri.

En Afrique, la mendicité est plus répandue en pays musulmans où elle bénéficie, selon les pays, de la tolérance sociale ou juridique ou encore d'une interprétation insuffisante et/ou opportuniste des règles islamiques qui l'interdisent. C'est le cas au Niger où le phénomène prend de l'ampleur en milieu urbain, dans les couches citadines paupérisées. Ndiaye (2016) a constaté qu'« avec la pauvreté, la mendicité est devenue une profession en Afrique et particulièrement dans les pays musulmans ». Pays sahélien, le Niger est connu pour sa forte instabilité au plan climatique et sa grande vulnérabilité du point de vue économique et alimentaire (Institut National de la Statistique (INS), 2016). Depuis un peu plus de deux décennies, les rapports du PNUD le classent dernier du monde en termes d'indicateurs de pauvreté. « Considéré comme un « cas limite » par les différentes institutions internationales, le Niger est un pays où la question de la pauvreté se pose avec le plus d'acuité » (Gilliard, 2003). Les résultats des Enquêtes nationales sur les Conditions de Vie des ménages et l'Agriculture (ECVMA) organisées par l'Institut National de la Statistique (INS) en 2011 et en 2014, avec l'appui technique et financier de la Banque mondiale, révèlent que l'incidence de la pauvreté, qui est la proportion de la population vivant en dessous du seuil de la pauvreté, était de 45,4% en 2014 et de 48,2% en 2011. Certes, des efforts sont consentis par les différents gouvernements nigériens qui se sont succédé et les partenaires techniques et financiers en matière de lutte contre la pauvreté, quand on sait que cette proportion était estimée à 63% en 1993 et 59,5% en 2008, selon l'Enquête Nationale sur le Budget et la Consommation des ménages (ENBC), réalisée par la Direction de la Statistique et des Comptes nationaux (DSCN) puis par l'INS. Cependant, l'OMD 1 qui visait la réduction de cette proportion de moitié entre 1990 et 2015 n'est pas atteint (INS, 2015), et ce, en dépit de la mise en place d'une stratégie de réduction de la pauvreté (SRP) en 2002, d'une stratégie de développement accéléré et de réduction de la pauvreté en 2007 et de la mise en œuvre du Plan de Développement Economique et Social (PDES) par les autorités de la 7^{ème} République entre 2012 et 2015. Aujourd'hui, les efforts d'éradication de la pauvreté par les dirigeants nigériens sont contrariés par un fort taux de croissance démographique qui a atteint 3,9% par an entre le Recensement Général de la Population et de l'Habitat de 2001 et celui de 2012. Gilliard (op. cit.) a constaté que la situation est devenue très difficile pour les segments les plus fragiles des sociétés rurales et urbaines qui développent diverses stratégies de survie dont la mendicité.

Dans la Région de Zinder qui figure parmi les trois (3) Régions les plus pauvres du Niger en 2014 (INS, op. cit.), les ECVMA de 2011 et de 2014 ont révélé l'augmentation de l'incidence de la pauvreté, contrairement à la tendance nationale. En effet, à l'instar des autres Régions du Niger, celle de Zinder subit aussi les contrecoups des changements climatiques qui impactent sur l'avenir de la Région. Ces changements se manifestent à travers les phénomènes d'ensablement, l'irrégularité et la mauvaise répartition spatio-temporelle des précipitations avec leur corollaire d'inondation et de sécheresses, la dégradation du couvert végétal, la baisse des rendements aggravant l'insécurité alimentaire, devenue chronique (CRAT, 2014).

A Zinder, la capitale régionale, la mendicité des femmes (vieilles, adultes et mineures) est visible aux lieux publics et privés. Les feux optiques, les mosquées, les marchés, les devantures des banques, les rues, etc. sont les espaces de fréquentation quotidienne de ces mendiante de tous âges, handicapées ou non. Cette situation est tout à fait paradoxale, vu les dispositifs institutionnels et juridiques devant permettre l'éducation, la formation, la responsabilisation, l'autonomisation et l'épanouissement économique de la femme. La mendicité à caractère professionnel est pourtant interdite par l'islam et constitue un délit réprimé par les articles 179, 180, 181 et 182 du code pénal nigérien. Nonobstant tout, le phénomène de mendicité féminine s'amplifie d'année en année.

Qui sont donc ces femmes réduites à cette activité déshumanisante ? Pourquoi basculent-elles de plus en plus dans la mendicité en milieu urbain zindérois ? Pourquoi, malgré l'important dispositif juridique et institutionnel² devant permettre la promotion socio-économique de toutes les femmes nigériennes, cette frange féminine ne semble pas être prise en compte ?

Ce travail cherche d'une part, à déterminer l'environnement socio-économique des femmes qui s'adonnent à la mendicité quotidienne et, d'autre part, à analyser les raisons qui conduisent ces mendiante à s'enliser dans la mendicité.

bernois du 16 mai 1646 accorde aux particuliers le droit d'exécuter sans forme de procès les vagabonds qui les importunent (Mayer Arnold. (1931, cité par Jean-Pierre T. et al. (2012).

² On peut citer, entre autres: la constitution du 9 Août 1999 consacrant le principe de l'égalité et de l'équité entre l'homme et la femme notamment en son article 8, alinéa 2 ; la loi n°2000-008 du 7 juin 2000 instituant le système de quota ; l'intégration plus large de la problématique genre dans la nouvelle formulation de la SDRP (2006); l'adoption de la Politique Nationale Genre par le gouvernement en 2008; la création d'un Ministère en charge de la Promotion de la Femme ; la création de l'Observatoire National de la Promotion de la Femme ; la création d'une Direction chargée de la promotion et de la scolarisation des jeunes filles ; etc.

L'étude émet ainsi deux hypothèses selon lesquelles, le basculement des femmes dans la mendicité a un lien avec leurs conditions socio-économiques précaires ; beaucoup de mendiante ignorent la réglementation en matière de mendicité qui est encouragée par la société et tolérée par l'Etat, ce qui limite les chances d'en sortir.

L'étude esquissera d'abord une brève présentation du champ de la recherche, identifiera les espaces de la mendicité, puis mettra l'accent sur les motifs conduisant à cette pratique.

2 PRÉSENTATION DU CHAMP DE LA RECHERCHE

Zinder est une ville précoloniale, un carrefour commercial entre les Etats haoussa au sud, le Kanem Bornou à l'Est et Agadez au nord. Sa proximité avec le Nigéria en a fait un centre religieux où maraboutage et mendicité des jeunes talibés sont intimement liés. L'essor de Zinder est surtout dû au fait colonial car la ville fut érigée d'abord en poste militaire en 1899, puis en chef-lieu du territoire militaire en 1902 et ensuite en capitale de la colonie du Niger de 1922 à 1926. Elle devient par la suite chef-lieu de département en 1964 suivant la Loi n°64-023 du 17 juillet 1964, portant réforme administrative, et chef-lieu de Région, aux termes de la Loi 98-31 du 14 septembre 1998, portant création des régions et fixant leurs limites et le nom de leurs chefs-lieux (SRAT, Avant-Projet, 2014).

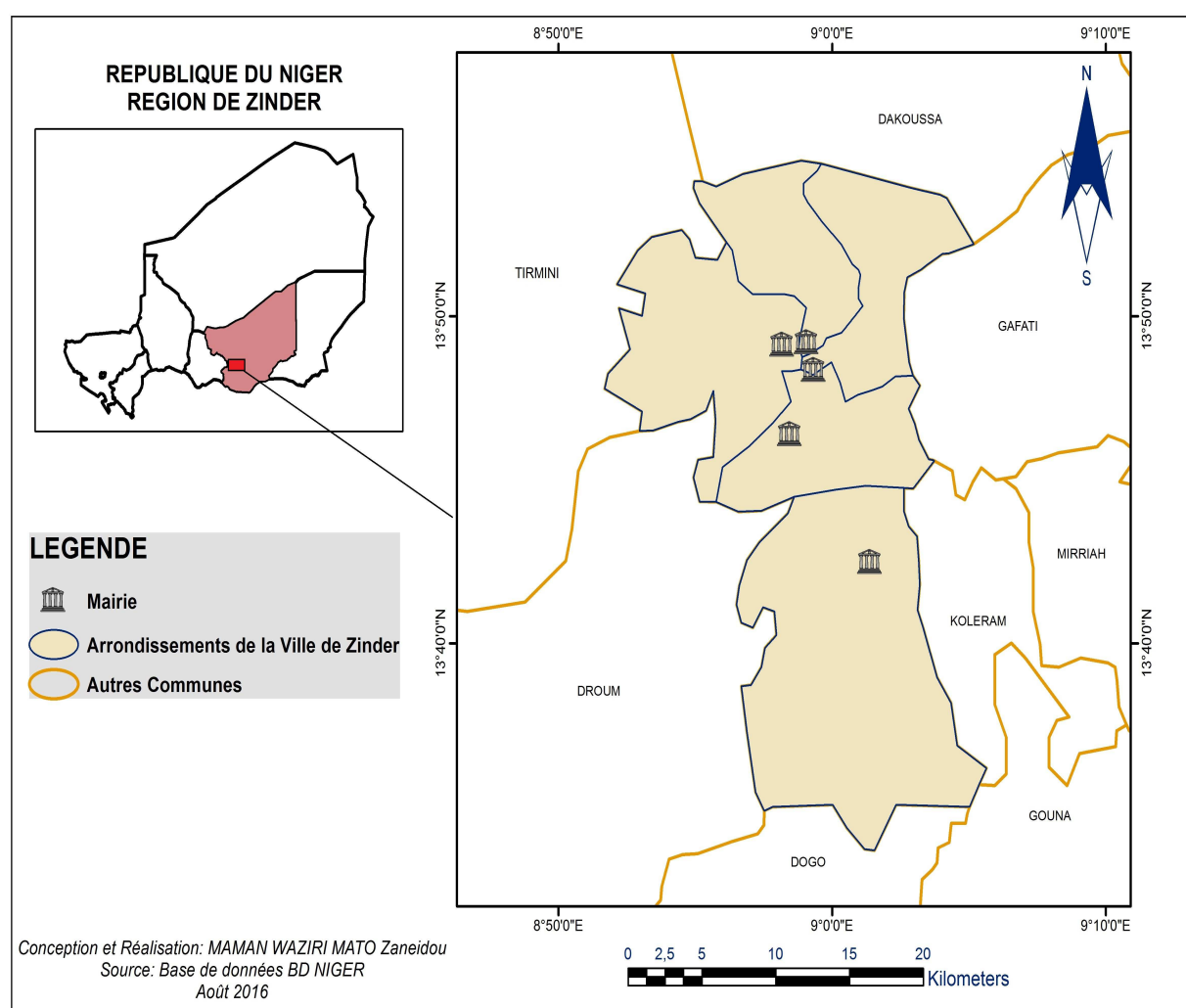


Figure n°1 : Localisation de la ville de Zinder

Depuis 2010, Zinder jouit d'un statut de Ville subdivisée en cinq (5) Arrondissements (figure n° 1), aux termes de l'ordonnance n° 2010-56 de septembre 2010, portant érection des Communautés Urbaines en Communes à statut particulier ou Villes et les Communes les composant en Arrondissements.

Elle est actuellement la capitale d'une région confrontée à de graves déséquilibres écologiques dans sa partie Nord et une forte croissance démographique au Sud avec de sérieuses conséquences socio-économiques et environnementales. D'où l'importance du phénomène migratoire intra-régional et international. Avec les déficits alimentaires devenus récurrents, la ville de Zinder accueille quantité de migrants dont des femmes et des enfants. Les flux sont plus importants pendant la saison morte avec l'arrivée massive des talibés (mendiants) sous la conduite des marabouts favorables à la pratique³. Aujourd'hui, un phénomène nouveau de migration clandestine des femmes et des enfants prend de plus en plus d'ampleur surtout dans les Départements de Kantché et Magaria (CRAT, op. cit.). Le désespoir, la résignation, la recherche du gain facile, etc. poussent femmes et enfants vers des villes nigériennes et récemment algériennes où ils s'adonnent à la mendicité ou à la pratique des tâches subalternes ou déshonorantes⁴ (Radio Alternative : débat radiodiffusé du 16 décembre 2016). En outre, Zinder connaît une forte dynamique naturelle (4,7% entre 2001 et 2012) qui a fait porter sa population à 322 935 en 2012, dont environ 50 % de femmes (INS, 2015). Les données de la figure n° 2 ci-dessous montrent la forte croissance démographique de cette ville.

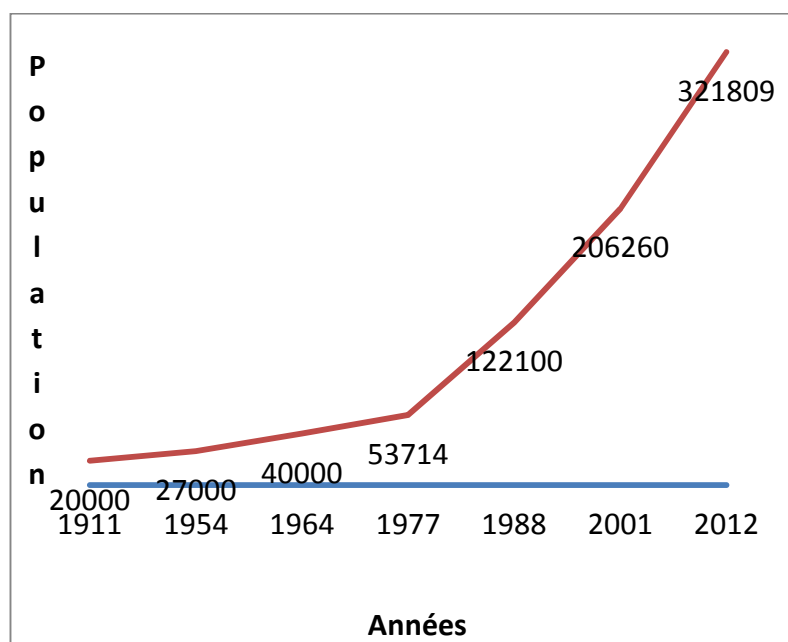


Figure n° 2 : Evolution de la population de Zinder depuis 1911 à 2012

Au plan démographique, en 1911, date de son érection en capitale du Territoire militaire, elle était peuplée d'environ 20 000 habitants alors que Niamey (la capitale) n'en avait qu'un millier (Marguerat, 1994). Ainsi, aux deux premiers recensements généraux de la population (RGP) de 1977⁵ et de 1988, Zinder a vu sa population passer respectivement de 53 714 à 122 100 citoyens. C'est dire que le nombre de citoyens a plus que doublé en 11 ans. Le rythme de croissance démographique a été de 7,5% par an au cours de cette période (RGP, 1977 et 1988). En 2001, l'effectif des Zindérois atteint 206 260 habitants, après le rattachement du canton de Baban Tabki et de quinze autres villages périphériques (RGP/H, 2001). Malgré la chute du taux de croissance annuelle à 4,7% entre 2001 et 2012, Zinder compte 321 809 citoyens en 2012 (RGP/H, 2012), ce qui équivaut à presque 6 fois les effectifs des citoyens de 1977. Deuxième ville au plan démographique après Niamey, son environnement urbain constitue, comme l'a observé Poitou (1995), un facteur de transformation des structures familiales et sociales, favorisant, sous la crise, le passage à la marginalisation d'une fraction de plus en plus importante de la population citadine.

³ Selon Cheick Illyass Bin Abdoulaye, interviewé le mercredi 28-10-2016, la persistance de la mendicité dans nos sociétés est, en partie, encouragée par ces marabouts traditionnels qui ont été eux-mêmes talibés et qui vivent de l'exploitation des talibés actuels.

⁴ Propos rapportés par des intervenants lors d'un débat radiodiffusé sur la mendicité organisé par la Radio Alternative (Antenne de Zinder), le vendredi 16 décembre 2016, aux environs de 22 heures.

⁵ Vingt-huit (28) villages périphériques ont été rattachés à la ville de Zinder au recensement général de la population de 1977.

Au plan socioéconomique, l'évolution récente est marquée par une offre d'emploi en hausse, résultat de l'implantation de la Société de la Raffinerie de Zinder (SORAZ), de l'Université, des succursales de banques et de téléphonie cellulaire, des agences de transfert d'argent, des institutions de micro-finance (IMF) et de l'installation d'une multitude d'ONG dont celles intervenant dans l'humanitaire. Mais, en dépit de toutes ces opportunités en termes d'emplois ou de soutien, la Région de Zinder reste l'une des plus pauvres du Niger comme il a été souligné ci-dessus. Il en résulte, entre autres, un accroissement du nombre de mendiante dans la ville de Zinder. Celles-ci se rencontrent dans des espaces publics et privés ou « errent de porte en porte, de lieu en lieu » pour solliciter l'aumône.

3 LES ESPACES DE LA MENDICITÉ

Les espaces de la mendicité sont nombreux dans la ville de Zinder, comme le montre la figure n° 3.

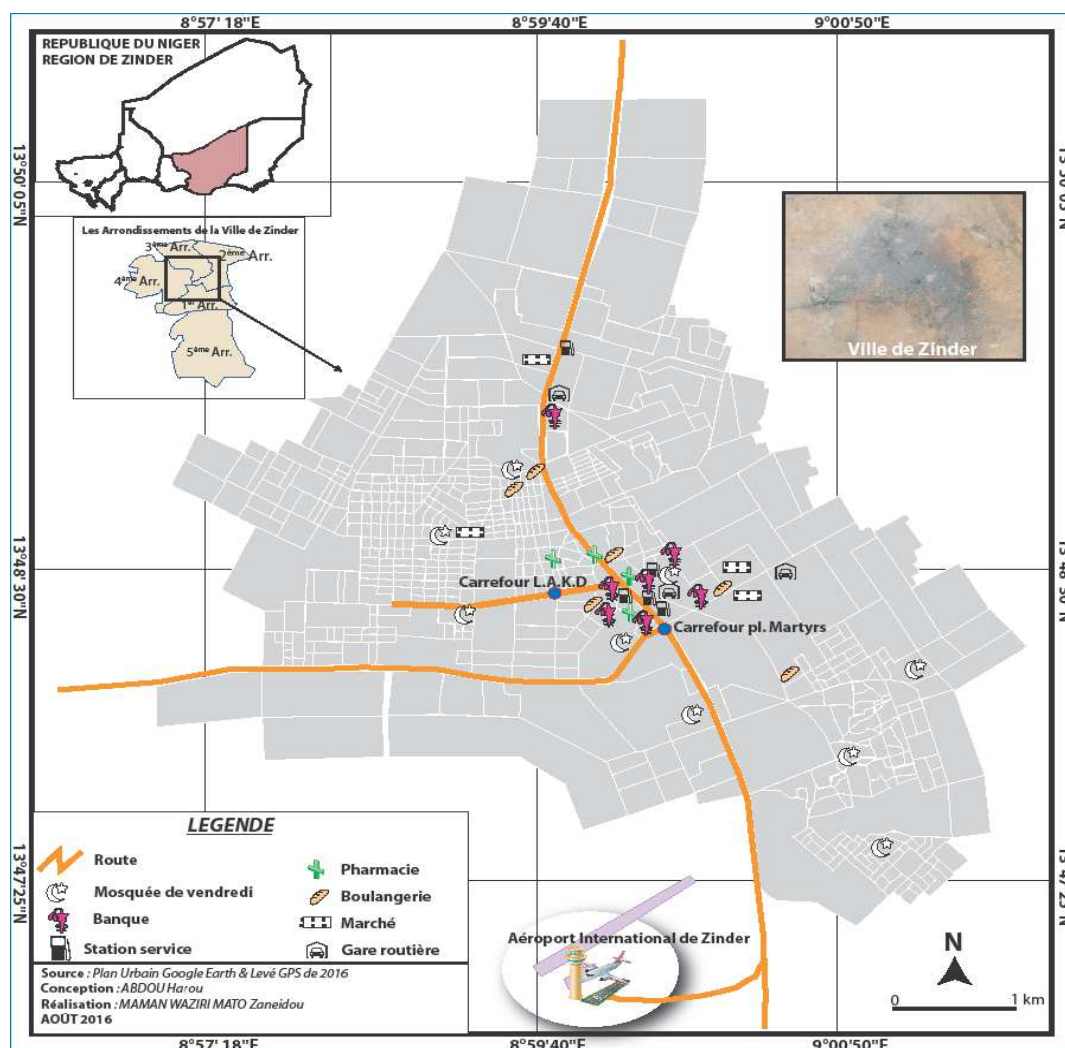


Figure n° 3 : Les espaces de la mendicité à Zinder

L'utilisation ou l'occupation de l'espace dépend de la stratégie de chaque mendiante. Les mendiante sont visibles en divers lieux publics et privés. Il y en a qui choisissent d'être à la devanture des mosquées (Photo n°1), des banques (Photo n°2), des magasins, des pharmacies, des boulangeries. D'autres préfèrent circuler dans les marchés, les gares routières ou se positionner aux feux optiques ou encore aux stations-services. Comme on peut le constater, il s'agit des lieux qui connaissent une fréquentation quotidienne plus ou moins importante et où la probabilité de gagner de l'argent est assez forte. Une troisième stratégie des mendiante consiste à sillonner les rues et à faire le porte à porte pour leur quête d'aumône. En général, les mendiante choisissent d'aller loin de leur lieu de résidence, seules ou avec un guide (Photo n°3) ou encore en groupe. Mais, les vendredis et les jours de fêtes musulmanes (*ramadan* et *aïd el fitr*), toutes convergent vers les grandes

mosquées et les lieux de rassemblement des milliers de fidèles dont beaucoup estiment que ce sont les occasions idéales pour faire l'aumône.



Photo n° 1 : un groupe de mendiante assises à côté d'une mosquée de vendredi dont le mur est en arrière plan.



Photo n° 2 : un groupe de mendiante assises à la devanture de la Banque Internationale pour l'Afrique (BIA)/Zinder.

4 APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

4.1 LE TRAVAIL DOCUMENTAIRE

Les travaux sur la mendicité dans la ville de Zinder sont inexistantes, qu'il s'agisse de la mendicité considérée au sens global ou spécifique. En termes de données qualitatives en lien avec cette thématique, notre recherche s'est enrichie, d'une part, de quelques écrits consacrés à la ville de Niamey et surtout de la thèse de doctorat de Patrick Gilliard (2003) «*Mourir ou mendier ? Dynamiques spatiales de l'extrême pauvreté au Niger*», publiée en 2005, qui a traité de manière approfondie la mendicité au Niger. Le travail documentaire a, d'autre part, utilisé la littérature en ligne qui a contribué à mieux appréhender le caractère quasi universel de la mendicité, ses facteurs et le traitement réservé à ce fléau depuis la nuit des temps. La collecte des données qualitatives a été complétée par des enquêtes auprès du groupe cible.

4.2 L'ENQUÊTE DE TERRAIN

Elle s'est faite autour d'un échantillon de 100 mendiante de divers âges choisies au hasard des rencontres. Un questionnaire comportant 36 questions a servi d'outil d'enquête. Des guides d'entretien ont été également administrés à 10 imams des grandes mosquées de vendredi. Ces outils sont élaborés autour de quelques thématiques : le profil des mendiante, leur origine géographique, les causes de la mendicité, la connaissance des lois régissant la mendicité, les attentes des mendiante et les mesures consistant à éradiquer la pratique de la mendicité féminine. Les informations ainsi obtenues ont été traitées à l'aide du logiciel SPSS version 20. Ce travail a permis d'enrichir les informations qualitatives, d'obtenir des données quantitatives et d'établir des figures pour les illustrations.

4.3 L'OBSERVATION DIRECTE DE TERRAIN

En milieu urbain africain en général, les couches citadines les plus pauvres vivent à la marge, dans des quartiers périphériques ou dans des espaces qui font rarement objet de l'attention des autorités municipales. Pour bon nombre de citadins, les mendiants sont issus de ces espaces de marginalité. A Zinder, les quartiers ou espaces considérés comme pourvoyeurs de mendiants sont Karara et Garin Malam. Ces différents territoires ont fait l'objet d'observation directe à des moments précis de la journée : le matin, de 7 h à 8 h, et le soir au coucher du soleil. Cette approche a permis de constater de

visu les allers et retours des mendiante et de confirmer les dires des Zindérois. En outre, étant donné la mobilité de la cible, l'observation directe a consisté aussi à sillonner la ville afin d'identifier les espaces fréquentés par les mendiante. Ce travail a été couplé avec des prises d'images et de coordonnées géographiques au moyen d'un GPS dans le souci de cartographier ces espaces de mendicité.

5 ANALYSE DES RÉSULTATS

5.1 LE PROFIL DES MENDIANTES

La mendicité féminine en milieu urbain de Zinder concerne aussi bien des fillettes de moins de 10 ans (Photos n° 4), des adultes que des femmes septuagénaires (Photo n° 3).

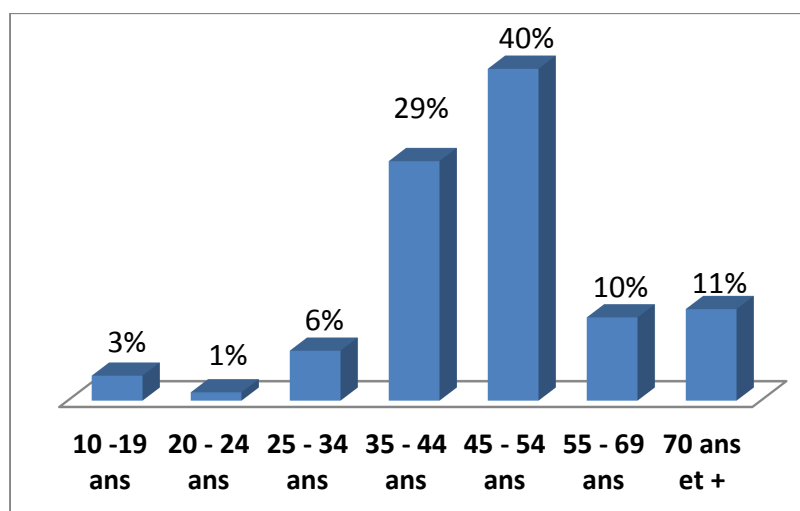


Figure n° 4: Proportion des tranches d'âge des mendiante

Les résultats de notre enquête (figure ci-dessus) révèlent une plus grande implication de la tranche des 45-54 ans (40 %). Ils montrent aussi que la pratique de la mendicité à Zinder touche surtout les femmes adultes et âgées qui, ensemble, représentent 90 % des mendiante interrogées. Parmi celles-ci, 77 % sont nées hors de la ville. Elles sont disséminées dans les différents quartiers de la ville, même si un nombre relativement important (18 %) réside à Kara Kara, un des quartiers spontanés de Zinder. Ces mendiante sont à 69 % issues de l'ethnie haoussa, contre 13 % de Kanouri. Dans l'ensemble, 5 affirment avoir le niveau primaire ; 46 disent avoir fait l'école coranique, alors que 49 n'ont aucun niveau. Les mendiante ont aussi décliné les raisons qui les poussent à solliciter l'aumône.



Photo n° 3 : Une mendiante âgée non- voyante se faisant conduire par un mineur



Photo n° 4 : Un fidèle faisant le geste de faire aumône aux mendiants mineurs

5.2 LES CAUSES DE LA MENDICITÉ FÉMININE

Elles sont d'ordre socioéconomique, culturel, psychologique et politique.

5.2.1 L'ENVIRONNEMENT SOCIOÉCONOMIQUE ET CULTUREL

A la question *pourquoi vous mendiez*, divers motifs ont été évoqués par les mendiante interviewées. Elles ont souligné le *manque d'argent... le manque de travail... la pauvreté familiale... l'absence du soutien social... le handicap... l'abandon par le mari...* Ainsi, le travail de terrain a relevé (figure n° 5) une grande proportion de veuves (48%) contre seulement 24 % de mariées dont 9 % n'ont pas leurs maris présents au moment de l'enquête. Parmi les 24 mariées, 10 ont leurs conjoints mendiants aussi et les maris des autres exercent des métiers subalternes. L'enquête indique, en outre, que les célibataires, les divorcées et les veuves (les plus vulnérables) forment 76 % des questionnées.

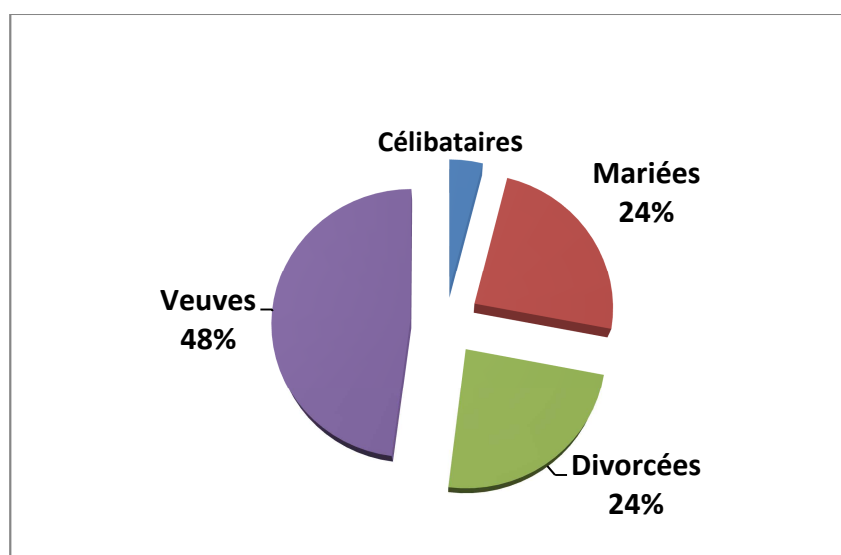


Figure n° 5 : Situation matrimoniale des mendiante

Selon Cheick Illyass Bin Abdoulaye, imam adjoint de la mosquée *yan izala* (adeptes *wahhabites*) interviewé le mercredi 28/10/2016, la persistance de la mendicité dans nos sociétés est, en partie, encouragée par les marabouts traditionnels qui ont été eux-mêmes talibés et qui vivent de l'exploitation des talibés actuels. A l'occasion de leurs prêches ces marabouts rappellent de temps en temps aux fidèles leur devoir de faire aumône aux pauvres et aux nécessiteux.

A Zinder, les mendiante ne sont pas exemptes de charges. En termes de progéniture, 47 sur les 100 de l'échantillon ont entre 1 et 4 enfants ; 44 en ont entre 5 et 9. Concernant les personnes à charge, sur les 100 mendiante interrogées, 4 seulement disent n'avoir aucune charge. En revanche, 65 déclarent avoir entre 1 et 5, et 25 en supportent 6 à 10 personnes. Au nombre de ces mendiante, on compte des handicapées.

5.2.2 LE HANDICAP

Le handicap est ici appréhendé comme toute déficience physique, mentale ou psychologique constituant un motif de mendicité. Le handicap physique et mental concerne 19% des mendiante questionnées. Ce sont des femmes handicapées locomotrices, des non-voyantes, des déficientes mentales, des lépreuses, etc. Paradoxalement, le plus grand nombre de mendiante est constitué de femmes physiquement normales, mais qui vivent de la mendicité car se sont résignées faces aux contraintes de la vie ou parce que leurs époux sont absents. Ce sont des femmes qui se disent incapables de se prendre en charge, qui pensent que seule l'aumône peut leur permettre de survivre, ou de réaliser leur rêve. Qu'il s'agisse des mendiante souffrant d'un handicap ou physiquement aptes, un grand nombre d'entre elles affirment méconnaître les règles en rapport avec la mendicité.

5.2.3 LA MÉCONNAISSANCE DES LOIS RÉGISSANT LA MENDICITÉ PAR LES MENDIANTES

En islam, la mendicité est permise:

- à quelqu'un qui a pris l'engagement de payer une rançon pour mettre fin à une querelle, un conflit entre deux ou plusieurs personnes. Celui-là peut mendier jusqu'à ce qu'il ait le montant objet de l'engagement ;
- à quelqu'un dont les biens ont été frappés d'une calamité (incendie, inondation, etc.). Il a droit de demander assistance jusqu'à ce qu'il trouve de quoi vivre;
- à quelqu'un qui souffre d'une disette dont témoignent trois sages de son peuple. Il lui est alors permis de demander assistance jusqu'à ce qu'il puisse subvenir à ses besoins.

En dehors de ces catégories de personnes, toutes celles qui font de la mendicité une profession sont destinées à l'enfer. Aussi, le code pénal nigérien interdit-il la mendicité en ses articles 179, 181 et 182. Seules les personnes invalides (âgées et infirmes) sont autorisées à la pratiquer, aux termes de l'article 180 qui stipule qu'« aucune peine ne pourra toutefois être prononcée contre les vieillards de plus de soixante et les infirmes ».

Or beaucoup de mendiante approchées (85%) ignorent l'existence des lois islamique et moderne réglementant cette pratique. Ce qui n'est pas surprenant quand on sait qu'elles sont majoritairement analphabètes et souffrent d'une insuffisante intégration sociale. Ces mendiante semblent ne pas bénéficier aussi de la solidarité de l'Etat.

5.2.4 LA TOLÉRANCE ET L'ABSENCE DE LA SOLIDARITÉ DE L'ÉTAT

Malgré les dispositions juridiques prévues pour réprimer la pratique de la mendicité au Niger, le phénomène tend à s'amplifier et à se professionnaliser dans la ville de Zinder. L'échantillon de 100 mendiante enquêtées est loin de refléter la réalité statistique de la mendicité dans cette ville. Or, nos enquêtes font cas de deux (2) mendiante seulement interpellées une (1) seule fois par la police, et ce, pour des motifs sans lien avec la mendicité. Onze (11) femmes de l'échantillon ont affirmé avoir bénéficié d'un appui de l'Etat, des ONG, Associations ou Projets de développement. Le détail de l'aide reçue fait ressortir neuf (9) bénéficiaires de vivres et deux (2) bénéficiaires de vélo pour handicapés locomoteurs. Il importe aussi de noter que sur les 100 mendiante questionnées, dix-huit (18) seulement disent avoir entendu parler des institutions ou services étatiques chargés de la promotion de la femme.

6 DISCUSSION

La mendicité qui concerne hommes, femmes et enfants est un phénomène qui s'amplifie d'année en année dans la ville de Zinder où la rareté de l'emploi (CRAT, op. cit.) conduit certaines franges pauvres à la mendicité. Cette pratique dont beaucoup en font une profession est bien visible surtout pendant la saison morte (sèche) avec les flux importants de mendiante de tous âges qui débarquent dans cette ville. Mais, il s'agit jusque-là d'un phénomène difficile à quantifier, faute

de statistiques et de recherche sur la question. Il en est de même de la mendicité féminine qui touche un nombre accru de femmes victimes de la marginalisation et des effets du changement climatique (Guilliard, op. cit.), du handicap, de la démission des maris ou appâtées par le gain facile.

Contrairement aux mendiants des pays développés qui relèvent des catégories des sans domicile fixe (site : fr.wikipedia.org/wiki/Mendiant), les mendiants de Zinder sont logés soit par leur mari, soit gratuitement par un parent, soit encore par un propriétaire de parcelle non mise en valeur qui autorise une installation temporaire. Cela peut se vérifier tous les matins ou la nuit lorsque les mendiants sortent ou retournent à leur domicile respectif. Certes, leur habitat est en général précaire, surtout lorsqu'il est auto-construit avec des matériaux de récupération (carton, vieille tôle, planches, paille, etc.). Cette précarité résidentielle traduit le non-respect, de la part des municipalités, du droit à la ville qui garantit, entre autres, le droit au logement décent pour tout citoyen.

Les résultats de cette étude montrent une multitude de causes de la mendicité féminine : pauvreté, absence de soutien familial, démission des maris, handicap, absence de solidarité de l'Etat ou de « chambre de charité » permettant de soutenir les mendiants (UNICEF, 2010), tolérance sociale et juridique. Pour Gilliard, op. cit.), si la mendicité est l'expression des déséquilibres socioéconomiques et écologiques, elle dénote également de profondes mutations du système de valeurs de la société nigérienne. « La mendicité comme manifestation de la pauvreté n'est pas uniquement le résultat d'une simple dynamique d'appauvrissement, mais aussi l'expression du changement profond opérant au sein de la société sahélienne. La transparence de l'espace grâce aux moyens de transport, les effets pervers des coopérations qui ont introduit une logique de l'assistanat, le renforcement de l'islam, les tensions ethniques et la pression démographique sont autant de changements à l'origine des migrations de pauvreté » conduisant à la mendicité. La pratique de la mendicité se décline aussi comme la conséquence des déficits d'intégration communautaire engendrés par des déséquilibres nés d'une urbanisation rapide et irrationnelle. Ces déficits qu'exacerbe une pauvreté croissante ont, à leur tour, enclenché un processus de mutations sociales profondes qui se soldent par la marginalisation des couches les plus défavorisées, notamment les jeunes et les femmes dont un pan survit de l'aumône (Abdou, 2011).

Il y a lieu de souligner que depuis quelques décennies, l'Etat nigérien s'est engagé dans un processus de promotion des personnes handicapées à travers diverses mesures (lois) et actions (appuis multiformes, formation technique et insertion professionnelle inclusive, création de plusieurs associations et d'ateliers d'apprentissages). Le Niger dispose en plus d'instruments juridiques nationaux favorables à l'équité du genre. Il a aussi développé un certain nombre de stratégies entrant dans le cadre de l'éradication des iniquités de genre et de l'autonomisation de la femme (INS, 2015). Si ces mesures et actions qui bénéficient de l'accompagnement financier et matériel des institutions et organismes (CROIX ROUGE, UNICEF, OIM, etc.), bien que disparates, sont de nature à réduire la mendicité des personnes handicapées, voire à l'éradiquer à long terme, il n'en est pas de même pour les autres catégories de mendiants physiquement aptes, qui semblent négligées par les pouvoirs publics et les institutions et structures œuvrant dans l'humanitaire. Depuis un certain temps, on observe une tendance à l'amplification et à la professionnalisation de la pratique de la mendicité féminine dans la ville de Zinder. C'est pourquoi il est impérieux, pour freiner cette tendance, que les interventions des pouvoirs publics et de ses partenaires techniques et financiers tiennent compte des quartiers urbains sensibles (très pauvres) et des zones rurales de migration soumises à la forte dégradation environnementale.

Le drame de la mendicité féminine est qu'elle soulève aussi des questions d'ordre moral, politique et spatial.

Du point de vue moral, l'islam a défini un cadre de prise en charge sociale de la femme (par ses parents, son mari ou un frère en l'absence des parents ou du conjoint), sachant sa vulnérabilité (Cheick Sani Hassan, Imam enquêté le 14/11/2016). Mais, au Niger comme dans la plupart des pays musulmans d'Afrique de l'ouest, la mendicité jouit, de manière générale, du soutien de certaines confréries religieuses *soufi* qui influencent les prises de décisions aussi bien au niveau des sociétés qu'au sommet des Etats. L'exemple sénégalais est ici assez illustratif quand, « en 2012, l'ancien président sénégalais Abdoulaye Wade tenta de rendre illégale la mendicité en ville mais la loi fut si mal accueillie par les autorités religieuses et la population que la législation fut retirée moins de trois mois après sa mise en application » (Ndiaye, 2016). Cet auteur observe que l'aumône aux pauvres et aux nécessiteux est devenue culturelle dans la tradition africaine, surtout ceux de culture arabo-musulmane. L'aumône est une obligation pour tous les musulmans qui en ont les moyens. La conséquence en est que dans les pays tels que le Burkina, le Mali, le Niger ou encore le Sénégal, la mendicité est beaucoup plus développée que dans les autres pays.

La secte *izala* qui prône l'orthodoxie dans l'application des règles et principes islamiques rappelle, à l'occasion de ses prêches, les prescriptions coraniques interdisant la mendicité. Mais, ces prêches rencontrent une farouche opposition des animateurs ou adeptes des confréries indiquées ci-dessus qui exaltent la *oumma* islamique à faire de l'aumône un devoir religieux. En conséquence, ces prêches n'ont qu'une audience limitée au niveau social et peu d'effets sur la mendicité. Il est

donc de la responsabilité de l'Etat d'initier et d'arbitrer un dialogue inter-religieux entre les leaders des différentes confréries afin de proposer des mesures concertées de réduction de la mendicité

Sous l'angle politique, la tolérance dont jouit la mendicité au Niger en général et à Zinder en particulier montre, dans une certaine mesure, les difficultés qu'ont les pouvoirs publics à assurer aux femmes mendiante un emploi décent ou à leur proposer une alternative de sortie. Aussi, la pratique de la mendicité féminine ne rime-t-elle pas avec la remise en cause de toute la politique des gouvernements nigériens visant l'égalité des chances entre homme et femme et celle d'autonomisation des femmes ? La mendicité des femmes pose aussi le problème de l'éducation de leur progéniture ou des enfants qui les accompagnent avec le risque de connaître ce qu'on peut appeler la « trajectoire de la dépendance ». Dans beaucoup de cas, les femmes mendiante (handicapées locomotrices, aveugles, âgées) utilisent des enfants soit comme accompagnants soit comme moyen d'apitoyer les personnes sollicitées (www.cnrtl.fr/lexicographie/mendicite). Il n'est pas rare de rencontrer aussi des mendiante physiquement normales, mais qui se déplacent avec des enfants handicapés ou non, des jumeaux ou victimes de la poliomyélite, d'une maladie chronique ou d'une malformation quelconque. C'est dire qu'à Zinder, l'augmentation du nombre de mendiante peut s'accompagner de l'accroissement de celui d'enfants à l'avenir compromis faute d'une éducation scolaire ou coranique. L'UNICEF (2010) parle à ce niveau « du cercle vicieux de la misère », car ces « enfants sont en marge du marché du travail très compétitif qui requiert un minimum de qualification professionnelle » Yedan (sans date). En un mot, selon cet auteur, la mendicité féminine conduisant à celle des enfants est non seulement « un problème de société, mais aussi remet en cause le développement » économique des sociétés concernées, dès lors que leur participation aux actions de développement se trouve fort limitée. Une enquête diagnostique basée sur le récit de vie permettrait d'appréhender les causes spécifiques de la mendicité féminine et aiderait à dégager des pistes de solutions cas par cas. Les femmes valides peuvent contribuer, moyennant une prime journalière ou hebdomadaire, à la salubrité urbaine. A défaut, elles peuvent bénéficier, au même titre que les autres femmes non mendiante vulnérables, des mesures visant la réduction de la pauvreté, notamment le micro-crédit à des fins d'activités génératrices de revenus, le don d'animaux pour embouche, etc. Les invalides peuvent jouir d'une solidarité de l'Etat dont les ressources proviendraient d'un fonds d'appui aux handicapés lourds et aux personnes très âgées sans soutien.

Les enfants accompagnant les mendiante, quant à eux, peuvent être canalisés vers l'école de seconde chance ou la passerelle qui donne l'opportunité aux déscolarisés précoces et aux non scolarisés l'insertion dans le système éducatif formel, au bout d'une ou de deux années de formation.

7 CONCLUSION

La mendicité féminine dans la ville de Zinder prend une envergure inquiétante. La dégradation environnementale accélérée par une démographie galopante et les changements climatiques induit la migration des ruraux vers cette ville qui s'urbanise rapidement. La rareté de l'emploi et la pauvreté grandissante sont, entre autres, des contraintes engendrées par une urbanisation rapide qui marginalise les couches les plus vulnérables. La mendicité pratiquée par les femmes se décline comme une stratégie de survie, au regard de leur statut socioéconomique. Elles sont soit veuves, soit très âgées sans soutien, soit encore abandonnées par les maris avec parfois des enfants ou personnes à charge. Si parmi ces mendiante on compte des handicapées (locomotrices, malentendantes, non voyantes, lépreuses, etc.), d'autres sont par contre physiquement aptes et font de la mendicité une profession fermement condamnée par l'islam et interdite par la loi nigérienne. Le drame de la mendicité féminine c'est qu'il implique celle des mineur-e-s qui ratent la chance de fréquenter l'école et l'enseignement coranique. C'est pourquoi il est de la responsabilité de l'Etat d'éradiquer le phénomène par une application stricte de la loi. Cette démarche doit nécessairement impliquer les leaders religieux qui doivent être sensibilisés aux méfaits de la mendicité féminine. Une fois sensibilisés, ces leaders peuvent, au regard de leur influence sociale, animer des prêches pour non seulement interpeller les parents quant à leur responsabilité d'éduquer leurs enfants, mais aussi les maris quant à leur devoir consistant en la prise en charge totale de leur(s) conjointe(s), à la mesure de leurs moyens. L'éradication de la mendicité féminine peut s'envisager sous l'angle de l'insertion économique des pauvres sans distinction de sexe. Quant aux mendiante mineurs, ils peuvent être canalisés vers l'école de la seconde chance qui ouvre la voie vers l'enseignement formel. Dans cette perspective, on formerait des citoyens à même de contribuer à leur propre développement, au développement local, voire national.

REFERENCES

- [1] Abdou H. (2011) : *Croissance urbaine et insécurité en Afrique sahélienne : cas de Niamey*. Thèse de Géographie Humaine, Université de Lomé (Togo), Lomé, 423 p.
- [2] Gilliard P. (2003): *Mounir ou mendier ? Dynamiques spatiales et de l'extrême pauvreté au Niger*. Thèse de doctorat ès-Lettres, Université de Lausanne, 250 p.
- [3] Henriot P. (2004) : *Le défi de l'éradication de la pauvreté en Afrique et sa relation au problème de la population et du développement. Une étude de cas : la Zambie*, (sd de) Stan D'Souza et Joseph Bouté, pp. 83-100, 190 p.
- [4] Jean-Pierre T. et al. (2012) : *La mendicité*, article consulté le 24 octobre 2016 sur www.cnrtl.fr/lexicographie/mendicité
- [5] Marguerat Y. (1994) : *Population, migrations, urbanisation au Togo et en Afrique noire : articles et documents (1981-1993)*. Lomé (BEN), Lomé: ORSTOM, UB, 300 p.
- [6] Mayer A. (1931) : *Le problème de l'assistance publique dans le canton de Vaud*. Lausanne : Imprimerie La concorde (Thèse de droit à l'UNIL), cité par Jean-Pierre T. et al. (2012) sur www.cnrtl.fr/lexicographie/mendicité
- [7] Ndiaye L. (27 Juillet 2016) : *Education et mendicité au Sénégal*, consulté sur www.leral.net
- [8] Poitou D. (1995): *L'évolution de la jeunesse marginalisée au Niger : 1975 – 1995*. Cahiers de MARIJUVIA, n° 1, deuxième semestre 1995, Centre d'Etudes Africaines, EHESS, CNRS, Paris, pp. 19 – 27.
- [9] République du Niger-Ministère du Plan et de la Planification Régionale (1977): *Premier recensement Général de la Population. Résultats définitifs*. Bureau central du recensement Niamey, Niger.
- [10] République du Niger-Ministère du Plan et de la planification Régionale (1988): *Deuxième. Recensement Général de la Population. Résultats définitifs*. Bureau central du recensement, Niamey, Niger.
- [11] République du Niger - Ministère des Finances et de l'Economie (2002): *Recensement Général de la Population et de l'Habitat 2001. Résultats provisoires*. Bureau Central de Recensement, Niamey, Niger.
- [12] République du Niger - Présidence de la République (2006): *Code pénal : Loi n° 2003 du 13 juin 2003 modifiant la loi n° 61-27 du 15 juillet 1961, portant institution du code pénal*, Journal officiel spécial n° 4 du 7 avril 2004, Imprimerie Bon Beri, Niamey, Niger, 120 p.
- [13] République du Niger-Cabinet du Premier Ministre (2007) : *Document de stratégie de développement accéléré et de réduction de la pauvreté 2008 – 2012 (DSDRP) : Deuxième génération*, Secrétariat Permanent de la SRP, Niamey, Niger
- [14] République du Niger - Ministère de l'Economie et des Finances-Institut National de la Statistique (INS) (2011) : *Enquête Nationale sur les Conditions de Vie des Ménages et l'Agriculture (ECVM/A)*, Niamey, Niger.
- [15] République du Niger - Ministère des Finances-Institut National de la Statistique (2012): *Présentation des Résultats Globaux Définitifs du 4^{ème} Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGP/H de 2012)*.
- [16] République du Niger - Ministère de l'Economie et des Finances-Institut National de la Statistique (INS) (2014) : *Enquête Nationale sur les Conditions de Vie des Ménages et l'Agriculture (ECVM/A)*, Niamey, Niger.
- [17] République du Niger-Région de Zinder-Commission Régionale d'Aménagement du Territoire (CRAT) (2014): *Schéma Régional d'Aménagement du Territoire (SRAT) 2012-2037, Avant-Projet*, Zinder, Niger, 271 p.
- [18] République du Niger - Ministère de l'Economie et des Finances-Institut National de la Statistique (INS) (2015) : *Etude Nationale d'Evaluation d'Indicateurs Socio-Economiques et Démographiques (ENISED)*, Niamey, Niger.
- [19] République du Niger - Ministère de l'Economie et des Finances - Institut National de la Statistique (INS) (2015): *Rapport National sur les progrès vers l'atteinte des OMD 1990 – 2015*, Niamey, Niger, 88 p.
- [20] République du Niger - Ministère de l'Economie et des Finances - Institut National de la Statistique (2016) : *Etude Nationale d'Evaluation d'Indicateurs Socio-Economiques et Démographiques (ENISED)*, rapport provisoire, Niamey, Niger, 168 p.
- [21] République du Niger - Ministère de l'Economie et des Finances - Institut National de la Statistique (2016): *Projection démographique du Niger Horizon 2012-2035, Rapport Final*, Niamey, Niger, 115 p.
- [22] Vila J. (2004) : *Les conséquences de la pauvreté et de l'injustice. Le cas des enfants au travail*, in (sd de) Stan D'Souza et Joseph Bouté, pp. 139-151, 190 p.
- [23] UNICEF (2010) : *Sénégal: Etude sur la mendicité des enfants*, enquête commanditée à BDA (Institut de Sondage et d'Etudes de marché, consultée sur Ali Y. (sans date) : *La mendicité des enfants, un défi pour le développement de l'Afrique*, article consulté sur www.gmfc.org/fr/
- [24] Yedan A. (sans date) : *La mendicité des enfants, un défi pour le développement de l'Afrique*, article consulté sur terangaweb.com
- [25] Wikipédia, l'encyclopédie libre (2016): *Mendiant*. Page consultée le 24 octobre 2016 sur : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Mendiant>. Dernière modification de cette page le 18 juillet 2016.

