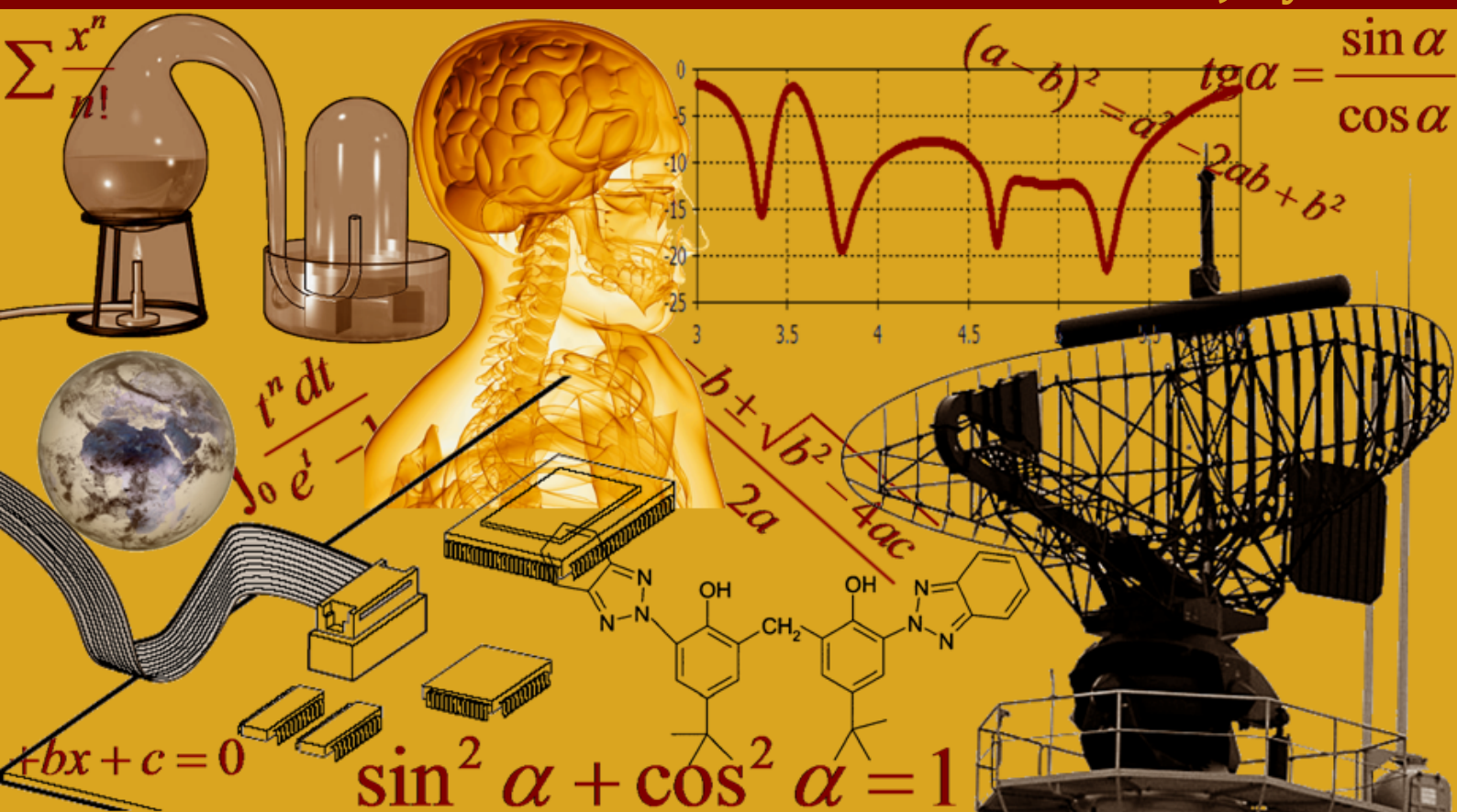


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

Vol. 16 N. 2 July 2015



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

Viral etiology in patients hospitalized with Acute Exacerbations of Chronic Obstructive Pulmonary Disease (AECOPD): A case control study	268-275
A Design of Small Freight Robot Based on Single Chip Microcomputer	276-283
New Inflow Performance Relationship for Gas Condensate Reservoirs	284-291
ANTHOCEROS AGRESTIS PATON IN MOROCCO	292-297
DRECHSLERA AUSTRALIENSIS A NEW FOLIAR PARASITE OF MORUS SP. IN MOROCCO	298-302
Visual Perceptual Abilities in Intellectually Disabled Children with and Without Attention Deficit Hyperactive Disorder	303-312
Determination of Groundwater Potential in the Permanent site of University of Abuja, FCT, Nigeria	313-325
SOIL DEGRADATION RESULTING FROM MIGRATION OF ION LEACHATE IN GOSA DUMPSITE, ABUJA, NIGERIA	326-340
Profil social du chef de ménage et variabilité des revenus en milieu rural au Katanga : cas de trois villages du territoire de Kipushi, RD Congo	341-349
Ptéridophytes : Bio indicateurs des changements opérés sur la structure des forêts de zone de montagnes du Parc National de Kahuzi-Biega à l'Est de la R.D. Congo	350-370
La fonction du maire : dualité entre représentant de l'Etat et vecteur du développement local. Exemple du 3ème et 4ème arrondissements communaux de la Ville de Zinder	371-377
ESTIMATION DES APPORTS PLUVIOMETRIQUES AUX SOURCES D'EAU SITUEES DANS LE MICRO-BASSIN DE LWIRO-CIRHANYOBWA: IRHAMBI-KATANA, KABARE, SUD-KIVU, RDC	378-402
Invasive fruit fly, Ceratitis species (Diptera: Tephritidae), pests in South Kivu region, eastern of Democratic Republic of Congo	403-408
Role of food marketing in childhood obesity	409-415
Appraisal on Extent of Availability of Documentary Sources of Information as Resources for Information Needs in Nigerian University Library	416-424
Antioxydant activity of Citrus aurantium L. var. amara Peel from western of Morocco, identification of volatile compounds of its essential oil by GC-MS and a preliminary study of their antibacterial activity	425-432
Influence d'une usine hydrométallurgique en activité sur la qualité des eaux du canal Naviundu: Cas de l'usine Chemical of Africa (CHEMAF) Lubumbashi/Katanga, RD. Congo	433-447
Impact des rejets miniers liquides de l'usine Chemical of Africa (CHEMAF) en activité sur la qualité des eaux souterraines au Quartier Tshamilemba à Lubumbashi (Katanga/R.D. Congo)	448-464
Effects of Lack of Political Will on Economic Integration in East African Community	465-480
THE GREEKS AND THE TRADE OF COCOA IN THE NYONG AND SANAGA REGION IN FRENCH COLONIAL CAMEROON (1920-1959)	481-490
THREATS COMPARISON, STUDENT-T DISTRIBUTION APPROACH: A CASE STUDY OF IBRAHIM BABANGIDA LIBRARY (IBL) OF MODIBBO ADAMA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, YOLA	491-496
Vulnérabilité des chaînes d'approvisionnement : cadrage du concept et identification des antécédents	497-504
Influence du prétraitement mécanique et biologique des feuilles mortes de neem (azadirachta indica) sur la production du biogaz	505-513
Effects of perceived interactivity on commercial web sites' experiential value	514-525
ANTIMICROBIAL RESISTANCE PATTERN OF COLIFORM BACTERIA ISOLATED FROM SACHET AND BOREHOLE WATERS SOLD IN ABAKALIKI METROPOLIS OF EBONYI STATE, NIGERIA	526-532

Viral etiology in patients hospitalized with Acute Exacerbations of Chronic Obstructive Pulmonary Disease (AECOPD): A case control study

Ajay Kumar Singh¹, Amita Jain¹, Bhawana Jain¹, Tanushree Dangi¹, Anil Kr Verma¹, RamAwadh Singh Kushwaha², Surya Kant², Rajiv Garg², and Rajendra Prasad³

¹Department of Microbiology, King George's Medical University, Lucknow-226003, Uttar Pradesh, India

²Department of Pulmonary Medicine, King George's Medical University, Lucknow-226003, Uttar Pradesh, India

³V.P. Chest Institute, University of Delhi, Delhi-110007, India

Copyright © 2015 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: Chronic obstructive pulmonary disease is the leading cause of fatality. The course of COPD is followed by episodes of acute deterioration in respiratory health, referred as 'exacerbations'. Acute exacerbations of COPD contribute substantially to the morbidity and mortality due to number of infectious agents including bacteria, viruses, or both. Therefore, we planned a case control study to know the association of respiratory viruses especially HRSV genotype with acute exacerbation of COPD, if any.

This is a prospective case-control study with two groups of patients (AECOPD and stable COPD). Nasopharyngeal aspirate were tested for the detection of Human Respiratory Syncytial Virus; Influenza Viruses; Human Metapneumovirus; Adeno Virus; Human Boca Virus and Parainfluenza Virus 1,2,3,4 by real time PCR.

Respiratory viruses are more often found in case group (AECOPD patients) 45/ 234 patients (19.23%) than in control group (stable COPD), 8/100 patients (8%; P=0.0330). In case group HRSV was detected in 7.6% (18/234) and was most commonly detected virus followed by INFV-A (11/234; 4.7%), INFV-B (10/234; 4.2%), HMPV (2/234; 0.8%), and ADV (4/234; 1.7%). In control group INFV-A was most commonly detected (4/100, 4%), followed by ADV (2/100, 2%) and HRSV (1/100, 1%). No patient tested positive for more than one virus.

Among respiratory viruses, HRSV-A is the most prominent group associated with AECOPD patients. Present study concluded that respiratory viruses play an important role in exacerbation.

KEYWORDS: COPD, AECOPD, Viral etiology, Real-time PCR, Respiratory Viruses and HRSV.

1 INTRODUCTION

Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) is the leading cause of fatality worldwide [1], [2]. It is a significant cause of global burden of disease and deaths [3], [4]. COPD is a group of disorders defined by Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD) criteria and is characterized by airflow obstruction that can be associated with breathing related symptoms such as chronic cough, dyspnea, and wheezing [5].

The course of COPD includes episodes of acute deterioration in respiratory health, referred as 'exacerbations' [6], [7], [8]. There is presently no specific definition of an exacerbation of COPD. However, some symptoms like sputum volume, purulence and dyspnoea, are important in the description of an exacerbation [9]. There occurs worsening of lung function due to increased airway inflammation and quality of life suffers [10].

Acute exacerbation of COPD (AE-COPD) causes major impairment of health status of COPD patients requiring hospital admission. Recurrent acute exacerbations of COPD contribute substantially to the morbidity and mortality [11], due to number of agents like common pollutant, withdrawal of medication, change in temperature and most importantly infectious

agents including bacteria, viruses, or both [11], [12]. Bacteria contribute to 50% of exacerbation [13] and viruses are responsible for 30-40% cases among the infectious etiological agents. It is also postulated that bacteria may be secondary invaders following a primary viral infection [14].

Of all respiratory viruses, Human respiratory syncytial virus (HRSV) is the major cause of lower respiratory disease among infants and adults [15], [16] of the lungs and breathing passages causing bronchiolitis, pneumonia, and chronic obstructive pulmonary infections along with other viral infections leading to high mortality and morbidity [17], [18], [19]. However, there had been sparse studies reporting viral etiology in acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease (AECOPD) patients worldwide. HRSV has been identified as an important pathogen causing exacerbation in COPD patients [20]. Its frequency of infection in AECOPD patients varies and ranges between 0.8 to 22%, depending on the diagnostic methods used [20], [21]. A review from India discusses about 5% prevalence of HRSV in AECOPD patients [22].

It is important to elucidate the etiology of AECOPD so that appropriate therapy can be instituted to reduce exacerbation. Since, the presence of the virus has also been documented in stable COPD patients [23]. It can be hypothesized that viruses may be bystanders in the actual AECOPD events. To evaluate this hypothesis present case control study was planned to know the association of respiratory viruses, especially HRSV group with acute exacerbation of COPD, if any.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 SUBJECT AND STUDY DESIGN

This is a prospective case-control study with two groups of patients. One group with an acute exacerbation of COPD and other control group with stable COPD patients were included in 2:1 ratio (case: control). This study was conducted in Grade 1 Virus Diagnostic Laboratory (VDL) of King George Medical University (KGMU), Lucknow, on patients who had been admitted or referred to department of Pulmonary Medicine, KGMU, Lucknow, during June 2011 to December 2013. The study was approved by the institutional ethical committee. Written informed consent was obtained from each patients enrolled in this study. Nasopharyngeal aspirate (NPA) were obtained from patients for detection of Respiratory viruses such as Human respiratory Syncytial virus (HRSV) and its subtypes (A & B); Influenza viruses (INFLV) and its groups (A & B); Human Metapneumovirus (HMPV) and its subtypes (A & B); Adeno virus (ADV); Human Boca virus (HBoV) and Parainfluenza virus 1,2,3,4 (PIV) were being detected routinely in patients presenting as respiratory signs and symptoms.

Inclusion criteria for both group were adult patients (age 18–90 years) with AECOPD (defined below) and stable COPD (defined below). Cases were COPD patients, who consulted or were admitted in a participating hospital for an acute exacerbation of <5 days of onset their illness. Patients with bronchiectasis, lung cancer, cystic fibrosis, hypertension, diabetes mellitus, Tuberculosis, and those presenting only with an exacerbation of asthma were excluded from both the groups. Controls were recruited simultaneously during the study period in order to prevent seasonal selection bias.

Acute Exacerbation of COPD was defined as acute episode in stable COPD subjects with sudden increase in dyspnea, sputum volume and purulence. Cases were categorized into three types according to Winnipeg criteria [24]: Type 1 if they have all the three symptoms of increased dyspnea, sputum volume, and sputum purulence; Type 2 if only two of type 1 and type 3 if only one of the type 1 symptoms were present plus one of the following symptoms; increase in cough, increase in wheeze, increase in heart rate > 20% or symptoms of respiratory tract infection lasting 5 days, fever. A control group of stable COPD patients was defined by GOLD criteria visiting for their regular follow-up.

2.2 DATA COLLECTION

At the time of admission, the clinical and demographic parameters were recorded. Clinical features like fever, chills and rigors, nasal discharge, seizure, headache, bodyache, sore throat, hoarseness, cough expectoration, crepitations; wheezing, breathlessness, increased sputum volume and purulence etc. were noted. Age, sex, Smoking habits, hospital stay, medication, COPD duration were also included.

2.3 SAMPLES COLLECTION AND ITS PROCESSING

Nasopharyngeal aspirate (NPA) was collected by inserting a suction catheter into the posterior nasal pharyngeal space via the nostril of the recumbent patient. Approximately 0.5 ml fluid was collected by using a low suction force. The fluid was instantly transferred into 3ml of VTM (Viral transport medium) with penicillin (100unit/ml), streptomycin (100µg/ml) and amphotericin B (2.5µg/ml). NPA was immediately transported to the Virology Laboratory maintaining cold chain. On the

same day the samples were processed by vigorous vortexing for 15 seconds and centrifuged at 500 rpm for 5 minutes. Supernatant was immediately stored at -80°C till further use.

2.4 TOTAL NUCLEIC ACID (TNA) EXTRACTION AND REAL TIME PCR

Total nucleic acid was extracted directly from 115ul supernatant of NPA samples using MagMAX™ total nucleic acid isolation kit (AM1840; Ambion® by life technologies TM, Carlsbad, California, USA), according to the manufacturer's recommendations. Extracted Nucleic acid was eluted in 60µl of elution buffer. A negative extraction control was also included simultaneously with each batch.

Real time PCR (Polymerase Chain Reaction) was done for all respiratory viruses using published primer and probe sequences by TaqMan chemistry in ABI 31300 real time machine (Applied Biosystem, Carlsbad, California, USA) as detailed in Singh and Jain et al. 2014 [25], [26]. Thermal condition of real time RT-PCR (Reverse Transcriptase- Polymerase Chain Reaction) for RNA viruses were as follows: 50°C for 30 min.; 95°C for 15 min.; 45 cycles of 94°C for 20 sec. and 60°C for 1min. Thermal condition of real time PCR for DNA viruses were as follows: 95°C for 15 min; 45 cycles of 94°C for 20 sec. and 60°C for 1min. RNase P gene was used as internal control to check sample quality [25].

2.5 STATISTICAL ANALYSIS

Appropriate statistical tests were used on the bases of data distribution for analysis using the GraphPad Prism 5.0 version. For comparison of groups, Chi square test was used for categorical data where as Mann–Whitney U test and Kruskal–Wallis test for continuous data. A two sided P value of < 0.05 was considered to be statistically significant. Odds Ratio (95% CI) was also calculated.

3 RESULTS

During the study period, 234 patients with AECOPD (cases) and 100 patients of stable COPD (controls) were enrolled. Respiratory viruses are more often found in case group (AECOPD patients) 45/ 234 patients (18.82%) than in control group (stable COPD), 8/100 patients (8%); P=0.0101.

In case group HRSV was detected in 7.6% (18/234) and was most commonly detected virus followed by Influenza A (11/234; 4.7%), Influenza B (10/234; 4.2%), HMPV (2/234; 0.8%), and ADV (4/234; 1.7%). No patient tested positive for more than one virus. Among HRSV infected subjects, HRSV-A (14/234; 5.9%) is more dominating virus compared to HRSV-B (4/234; 1.7%). In control group (stable COPD). INFV-A was most commonly detected (4/100, 4%), followed by ADV (2/100, 2%) and HRSV (1/100, 1%). The viruses detected in both groups are summarised in table 1. Difference in virus positivity in both cases and controls, was found statistically significant (19.2% vs 8%, p =0.0101, OR=2.7, 95%CI=1.2-6.0). Presence of HRSV infection was also statistically significant (7.6% vs 1%, p=0.0156, OR=8.2, 95%CI=1.0-62.7). HRSV-A was more prevalent at exacerbation than in stable COPD. INFV-A, and ADV were detected in similar rate in both groups.

Table 1: Virus positivity in both groups

Viruses	AECOPD (Case group) N= 234 (%)	Stable COPD, (Control group) N=100 (%)	P value	Odds Ratio (95% CI)
HRSV	18 (7.6)	1 (1)	0.0156*	8.2 (1.0 - 62.7)
INFV-A	11 (4.7)	4 (4)	0.7770	1.1 (0.3 - 3.8)
INFV-B	10 (4.2)	1(1)	0.1247	4.4 (0.5 -35.0)
HMPV	2 (0.8)	0	--	--
ADV	4 (1.7)	2 (2)	0.8547	0.8 (0.1 - 4.7)
Total	45 (19.2)	8 (8)	0.0101*	2.7 (1.2 - 6.0)

*P value: test of significance (P values of 0.05 or less were taken as significant).

Statistical significance is indicated in bold and P values are indicated in italics.

Abbreviation: HRSV – Human Respiratory Syncytial Virus, INFV – Influenza Virus, HMPV – Human Metapneumovirus, ADV – Adenovirus, AECOPD – Acute Exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease, COPD - Chronic obstructive pulmonary disease, CI- Confidence Interval

The demographic and clinical characteristics of patients in both the groups were compared. There was no significant difference in demographic characteristic like sex, age, smoking year, and duration of COPD disease. Cases showed significantly higher percentage of nasal discharge (55.5% vs 27%, $p=0.0001$), headache (29.9% vs 15%, $p=0.0042$), Bodyache (43.1 vs 26, $p=0.0031$) sore throat (34.6 % vs 3%, $p=0.0333$), hoarseness (20% vs 7%, $p=0.0029$, wheezing (41.4% vs 27%, $p=0.0093$), breathlessness (49.5% vs 34%, $p=0.0088$) purulent sputum (46.1% vs 29%, $p=0.0035$). Past history of smoking was significantly present in cases than in controls (51.7% vs 39%, $p=0.0142$, OR=1.6, CI=1.0-2.6). Details were given in table 2.

Table 2: Clinical comparison between case and control group

Symptoms	Exacerbated COPD N=234 (%)	Stable COPD n= 100 (%)	P value	Odds Ratio (95% CI)
Demographic Characteristics				
Male : Female	221:13	98:2	--	--
Median age (IQR)	60Yr (25-90yr)	55Y (28-85yr)	0.3308	--
Smoking Year	20yr (10-35yrs)	19yr (10-30yrs)	0.3461	--
Duration of COPD disease (years)	6 yrs (2-22yrs)	5yrs (2-20yrs)	0.6230	--
Nasal discharge	130 (55.5)	27 (27)	0.0001	3.3 (2.0-5.6)
Headache	70 (29.9)	15 (15)	0.0042	1.2 (1.3-4.4)
Bodyache	101 (43.1)	26 (26)	0.0031	2.1 (1.2-3.6)
Sore throat	81 (34.6)	03 (3)	0.0333	17.12 (5.2-55.7)
Hoarseness	47 (20)	07 (7)	0.0029	3.3 (1.4-7.6)
Diarrhea	16 (6.8)	03 (3)	0.1655	2.3 (0.6-8.3)
Crepitations	109 (46.5)	37 (37)	0.1059	1.4 (0.9-2.4)
Wheezing	97 (41.4)	27 (27)	0.0093	1.9 (1.1-3.3)
Breathlessness	116 (49.5)	34 (34)	0.0088	1.9 (1.1-3.1)
Purulent sputum	108 (46.1)	29 (29)	0.0035	2.0 (1.2-3.4)
H/O Smoking				
Past/ Ex- smoker	121 (51.7)	39 (39)	0.0142	1.6 (1.0-2.6)
Current smoker	69 (29.4)	37 (37)	0.1767	0.7 (0.4-1.1)
Never/ Non –smoker	44 (18.8)	24 (24)	0.2801	0.7 (0.4-1.2)

P value: test of significance (P values of 0.05 or less were taken as significant).

IQR- Inter Quartile Range, H/O Smoking – History of Smoking, CI- Confidence Interval.

The demographic and clinical characteristic of AECOPD patients having viral etiology and non viral etiology were also compared (table 3). Clinical characteristic like cough (94.4%, $p=0.0148$), breathlessness (83.3%, $p=0.0002$), increased sputum amount (77.7%, $p=0.0042$) and wheezing (72.2%, $p=0.0038$) were significantly present at higher percentage in HRSV positive patients than other virus positive. Clinical characteristic like fever (70.3%, $p=0.0002$), nasal discharge (96.2%, $p=0.0001$) and sore throat (62.9%, $p=0.0034$) were found significantly higher in respiratory viruses other than HRSV. There was no significant association found among AECOPD virus positive patients in sputum purulence. In AECOPD patients, majority of them 121/234 (51.7%) had history of smoking and 69/234 (29.4%) were currently smoking. A greater proportion of past smokers were infected with HRSV (83.3%) in comparison to other respiratory virus (55.5%) and with other non-viral infections (48.14%, $p<0.05$).

Table 3: Clinical comparison of HRSV positives, other viruses positive and virus negative cases in AECOPD patients

Symptom & Signs:	HRSV Positive N=18 (%)	Other Viruses Positive N=27 (%)	Virus Negative N=189 (%)	P Value
Demographic Characteristics				
Male : Female	18:0	27:0	176 : 13	--
Median age (IQR)	60Yr (30-83yr)	55Y (28-90yr)	60 (25-90yrs)	0.4669
Smoking Year	21yr (12-30yrs)	18yr (10-35yrs)	15yrs (10-35yrs)	0.8635
Duration of COPD disease (years)	6yrs (4-20yrs)	5yrs (2-22yrs)	5yrs (2-24yrs)	0.7636
Clinical Characteristics				
Fever	07 (38.8)	18 (70.3)	52 (27.5)	0.0002
Chills & rigors	5 (27.7)	06 (22.2)	46 (24.3)	0.9134
Nasal discharge	13 (72.2)	26 (96.2)	91 (48.1)	0.0001
Seizures	01 (5.5)	02 (7.4)	12 (6.3)	0.9666
Headache	07 (38.8)	07 (25.9)	56 (42.1)	0.6365
Bodyache	09 (50)	10 (37)	71 (37.5)	0.5770
Sore throat	07 (38.8)	17 (62.9)	57 (30.1)	0.0034
Hoarseness	03 (16.6)	04 (14.8)	40 (21.1)	0.6622
Cough	17 (94.4)	22 (81.4)	104 (55.0)	0.0148
Expectoration	11 (61.1)	12 (44.4)	84 (44.4)	0.3946
Crepitations	12 (66.6)	11 (40.7)	86 (45.5)	0.1848
Wheezing	13 (72.2)	15 (55.5)	69 (36.5)	0.0038
Breathlessness	15 (83.3)	18 (66.6)	83 (43.9)	0.0002
Increased sputum amount	14 (77.7)	16 (59.2)	78 (41.2)	0.0042
Increased sputum purulence	12 (66.6)	13 (48.1)	94 (49.7)	0.3726
H/O Smoking				
Past/ Ex- smoker	15 (83.3)	15 (55.5)	91 (48.14)	0.0174
Current smoker	02(11.1)	07 (25.9)	60 (31.74)	0.1693
Never/ Non –smoker	01(5.5)	05 (18.5)	38 (20.10)	0.3197

P value: test of significance (P values of 0.05 or less were taken as significant).

IQR- Inter Quartile Range, H/O Smoking – History of Smoking, CI- Confidence Interval.

Distribution of viruses was observed in three severity groups of acute exacerbation of COPD, detailed in table 4. In case of AECOPD, type 1 AECOPD was significantly more severe and associated with viral positivity by 20.7%. Among viruses, HRSV was maximally present in type 1, AECOPD patients (14.4% vs 6.3%, p= 0.0459). Viruses other than HRSV were maximally present in type 2 and type 3 AECOPD.

Table 4: Distribution of viruses in severity group of acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease (AECOPD) patients

Types of AECOPD patients	HRSV Positive N=18 (%)	Other Viruses Positive N=27 (%)	Total Viruses Positive N=45 (%)	P Value
Type 1 (n=111)	16 (14.4%)	7 (6.3%)	23 (20.7%)	0.0459
Type 2 (n=71)	1 (1.4%)	11 (15.4%)	12 (16.9%)	0.0026
Type 3 (n=52)	1 (1.9%)	9 (17.3%)	10 (19.6%)	0.0080

P value: test of significance (P values of 0.05 or less were taken as significant).

P value calculated between HRSV positive and other viruses positive.

HRSV- Human respiratory Syncytial Virus

Control group of patients were categorized according to the stages of COPD defined by GOLD (Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease), in which virus positive patients were compared with very sever COPD (stage 4; FEV1 < 30%

predicted) to those with mild, moderate and severe COPD (stage 1, FEV1 >80% predicted; stage 2, FEV1 > 50% to 80% predicted; stage 3 and FEV1 > 30 to 50% predicted, respectively). However, there was no such significant result found (table 5).

Table 5: Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) patients with virus positivity were categorized in different stages

Viruses	All cases N=100	GOLD Stages		
		Stage 1 & 2 n= 30 (%)	Stage 3 n=34 (%)	Stage 4 n=36 (%)
Negative	92	28 (96.6)	31 (91.1)	33 (91.6)
HRSV	1	--	--	1 (2.7)
INFV-A	4	1 (3.3)	2 (8.8)	1 (2.7)
INFV-B	1	1 (3.3)	--	--
ADV	2	--	1 (2.9)	1 (2.7)
Total Viruses	8	2 (6.6)	3 (8.8)	3 (8.3)

HRSV- Human respiratory syncytial virus; INFV-Influenza virus; ADV- Adenovirus; GOLD- Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease

Stage 1= FEV1 > 80% predicted (mild)

Stage 2= FEV1 > 50% to 79% predicted (moderate)

Stage 3= FEV1 > 30 to 49% predicted (severe)

Stage 4= FEV1 < 30% predicted (very severe)

FEV1= Volume that has been exhaled at the end of the first second of forced expiration.

4 DISCUSSION

An exacerbation is a critical episode in life of COPD patients that frequently causes rapid decline in lung function. Due to the existence of various triggering factors, it is important to establish exact etiology in each episode. It has been observed that different respiratory viruses are frequently detected in the lungs of COPD patients, but up to what extent they have role in causation of exacerbation, is yet to be determined precisely.

Very few studies have been done to know the viral etiology in AECOPD patients. Up to 40% of COPD exacerbations are associated with viral infections, although this may be an underestimate, due to difficulties in sampling and its processing at the very onset of an exacerbation when there is highest probability of detection of virus and due to difference in detection method used [20], [27]. Most studies have shown high prevalence of HRSV in AECOPD patients among respiratory viruses [28].

In present study viruses were found to be significantly associated with exacerbation (19.2%) in comparison to stable COPD (8%) group, which is a consistent finding with other studies too [20], [29]. Such finding clearly states the association of viruses with AECOPD, particularly HRSV in AECOPD patients. According to Gaston et al. in 2009, 31% of viral etiology had been seen in which HRSV accounts for 7% and was the most commonly triggering viral agent in AECOPD patients [29]. In our setup HRSV accounts for 7.6% in AECOPD patients. According to Chandra S, 9.09% viral etiology was observed in AECOPD patients which was less to the present study, the reason could be that they have used RT-PCR and culture for detection while in present study the more sensitive real time PCR method was used [30]. Influenza virus along with ADV and HMPV, follow HRSV in causing exacerbation similar to our findings [7], [14].

Comparison between the AECOPD patients with and without viruses revealed significant difference in presentation. Virus infected patients were having more fever, nasal discharge sore throat, cough, wheezing and breathlessness as expected, but HRSV was having lesser of these features except cough, wheezing, breathlessness in comparison to those AECOPD patients infected with viruses other than HRSV. HRSV is a known lower respiratory tract pathogen that damages airway epithelium causing loss of ciliated cells, increased plasma exudation and increase mucus production [31], therefore is responsible for more cough and wheezing.

Smoking is significant risk factor in COPD patients. Patients with history of smoking have more damages in lungs and are more prone to acquire viral infection leading to exacerbation. We found cigarette smokers (past smokers) are significantly

more prone towards HRSV which is similar to other studies [32]. Groskreutz et al. in 2009, stated cigarette smoke causes necrosis which results in increased inflammation and enhanced HRSV replication [33].

Depending upon the severity of AECOPD patients, distribution of viruses were studied among their types. The results showed that viruses were equally distributed but HRSV was significantly detected in patients with highest severity (type 1). This clearly denotes the causation of severity of AECOPD due to HRSV infection.

5 CONCLUSION

Etiology of AECOPD is not clear to the clinicians due to association of number of factors. To the end, present study concluded that respiratory viruses play a vital role in exacerbation and especially HRSV-A. To the best of our knowledge, this is the first study from northern part of India in acute exacerbation of COPD patients describing the dominance of HRSV-A over HRSV-B group. This will help clinicians to impart proper and timely management to patients. Reduction of exacerbation in COPD will definitely have a vital impact on morbidity and mortality of AECOPD. It also paves the way for future detailed research in AECOPD patients.

ACKNOWLEDGEMENTS

Virus Diagnostic Laboratory (VDL) staff for support in lab work and collection of samples. Financial support by Indian Council of Medical Research, New Delhi [Grant no. 5/8/7/14/2009-ECD-1(Vol. II)].

REFERENCES

- [1] Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD) global strategy for the diagnosis management and prevention of chronic obstructive pulmonary disease updated, 2011.
- [2] G. C. Donaldson, T. A. Seemungal, A. Bhowmik, J. A. Wedzicha, "Relationship between exacerbation frequency and lung function decline in chronic obstructive pulmonary disease," *Thorax*, vol. 57, pp. 847–852, 2002.
- [3] C. J. Murray et al., "Disability-adjusted life years (DALYs) for 291 diseases and injuries in 21 regions, 1990-2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010," *Lancet*, vol. 380, pp. 2197-2223, 2013.
- [4] R. Lozano et al., "Global and regional mortality from 235 causes of death for 20 age groups in 1990 and 2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010," *Lancet*, vol. 380, pp. 2095-2128, 2013.
- [5] D. M. Mannino, D. M. Homa, L. J. Akinbami, E. S. Ford, S. C. Redd, "Centers for Disease Control and Prevention Chronic obstructive pulmonary disease surveillance United States 1971–2000," *MMWR (Morb Mortal Wkly Rep)*, vol. 51, S1–S16, 2002.
- [6] A. F. Connors, N. V. Dawson, C. Thomas, F. E. Harrell, N. Desbiens, W. J. Fulkerson, P. Kussin, P. Bellamy, L. Goldman, W. A. Knaus, "Outcomes following acute exacerbations of severe chronic obstructive lung disease," *Am J Respir Crit Care Med*, vol. 154, pp. 959–67, 1996.
- [7] T. A. R. Seemungal, J. A. Wedzicha, "Viral infections in obstructive airway diseases" *Curr Opin Pulm Med*, vol. 9, pp. 111–116, 2003.
- [8] S. D. Sullivan, S. D. Ramsey, T. A. Lee, "The economic burden of COPD Chest," vol. 117, 5S–9S, 2000.
- [9] N. R. Anthonisen, J. Manfreda, C. P. W. Warren, E. S. Hershfield, G. K. M. Harding, N. A. Nelson, "Antibiotic therapy in exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease," *Ann Intern Med*, vol. 106, pp. 196–204, 1987
- [10] J. A. Wedzicha, S. E. Brill, J. P. Allinson, G. C. Donaldson, "Mechanisms and impact of the frequent exacerbator phenotype in chronic obstructive pulmonary disease," *BMC Medicine*, 11:181. doi:10.1186/1741-7015-11-1812013.
- [11] T. A. R. Seemungal, G. C. Donaldson, E. A. Paul, J. C. Bestall, D. J. Jeffries, J. A. Wed-zicha, "Effect of exacerbation on quality of life in patients with chronic obstructive pulmonary disease," *Am J Respir Crit Care Med*, vol. 151, pp. 1418–1422, 1998.
- [12] A. Bhowmik, T. A. R. Seemungal, R. J. Sapsford, J. A. Wedzicha. Relation of sputum inflammatory markers to symptoms and physiological changes at COPD exacerbations," *Thorax*, vol. 55, pp. 114–200, 2000.
- [13] S. Sethi, T. F. Murphy, "Bacterial infection in chronic obstructive pulmonary disease in 2000: a state-of-the-art review," *Clin Microbiol Rev*, vol. 14(2), pp. 336–63, 2001.
- [14] S. Sethi, "New developments in the pathogenesis of acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease," *Curr Opin Infect Dis*, vol. 17, pp. 113–119, 2004.
- [15] H. Nair, E.A.F Simoes, I. Rudan, "Global and regional burden of hospital admissions for severe acute lower respiratory infections in young children in 2010: a systematic analysis," *The Lancet*, vol. 381, pp. 1380–1390, 2013.

- [16] W. W. Thompson, D. K S.hay, E. Weintraub, L. Brammer, N. Cox, L. J. Anderson, K. Fukuda, "Mortality Associated With Influenza and Respiratory Syncytial Virus in the United States," *J Am Med Assoc*, vol. 289(2), pp. 179–186, 2003.
- [17] K. B. Feshbach, W. J. Alonso, V. Charu, J. Tamerius, L. Simonsen, M. A. Miller, "Latitudinal variations in seasonal activity of influenza and respiratory syncytial virus (RSV): a global comparative review," *PLoS ONE*, vol. 8, DOI: 10.1371/journal.pone.0054445, 2013.
- [18] H. Henrickson, "Cost-effective use of rapid diagnostic techniques in the treatment and prevention of viral respiratory infections," *Pediatric Annals*, vol. 34, pp. 24–31, 2005.
- [19] L. R. Krilov, "Respiratory syncytial virus disease: update on treatment and prevention," *Expert Review of Anti-Infective therapy*, vol. 9, pp. 27–32, 2011.
- [20] G. Rohde, A. Wiethege, I. Borg, M. Kauth, T. T. Bauser, A. Gillissen, A. Bufe, W. G. Schultze, "Respiratory viruses in exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease requiring hospitalisation: a case-control study," *Thorax*, vol. 58, pp. 37–42, 2003.
- [21] W. P. Glezen, S. B. Greenberg, R. L. Atmar, P. A. Piedra, R. B. Couch, "Impact of respiratory virus infections on persons with chronic underlying conditions," *JAMA*, vol. 283(4), pp. 499-505, 2001.
- [22] A. Mohan, S. Chandra, D. Agarwal, R. Guleria, S. Broor, B. Gaur, R. M. Pandey, "Prevalence of viral infection detected by PCR and RT-PCR in patients with acute exacerbation of COPD: A systematic review," *Resp Respiratory*, vol. 15, pp. 536–542, 2010.
- [23] T. Seemungal, R. Harper-Owen, A. Bhowmik, I. Moric, G. Sanderson, S. Message, P. Maccallum, T. W. Meade, D. J. Jeffries, S. L. Johnston, J. A. Wedzicha, "Respiratory viruses symptoms and inflammatory markers in acute exacerbations and stable chronic obstructive pulmonary disease," *Am J Respir Crit Care Med*, vol. 164, pp. 1618 –1623, 2001.
- [24] N. MacIntyre, Y. C. Huang, "Acute Exacerbations and Respiratory Failure in Chronic Obstructive Pulmonary Disease," *Proc Am Thorac Soc*, vol. 5, pp. 530–535, 2008.
- [25] A. K. Singh, A. Jain, B. Jain, K. P. Singh, T. Dangi, M. Mohan, M. Dwivedi, R. Kumar, R. A. S. Kushwaha, J. V. Singh, A., C. Mishra, M. S. Chaddha, "Viral aetiology of acute lower respiratory tract illness in hospitalised paediatric patients of a tertiary hospital: One year prospective study. *Indian Journal of Medical Microbiology*," vol. 32(1), pp. 13-18, 2014.
- [26] B. Jain, A. K. Singh, T. Dangi, A. Agarwal, A. K. Verma. M. Dwivedi, K. P. Singh, A. Jain, "High prevalence of human metapneumovirus subtype B in cases presenting as severe acute respiratory illness: an experience at tertiary care hospital," *Clin Respir J*, DOI: 101111/crj12064, 2014.
- [27] S. B. Greenberg, M. Allen, J. Wilson, R. L. Atmar, "Respiratory viral infections in adults with and without chronic obstructive pulmonary disease," *Am J Respir Crit Care Med*, vol.162, pp. 167–173, 2000.
- [28] S. H. Cody, "Editorial Commentary: Rapid Detection and Investigation of an Outbreak of *Escherichia coli* O157:H7 Infections: Shoe-leather Epidemiology on and Around the Strawberry Farm," *Clin Infect Dis*, vol. 57, pp. 1135–1137, 2013.
- [29] G. D. Serres, N. Lampron, J. L. Forge, I. Rouleau, J. B. K. Weiss, B. Barret, G. Boivin, "Importance of viral and bacterial infections in chronic obstructive pulmonary disease exacerbations," *J Clin Virol*, vol. 46, pp. 129–133, 2009.
- [30] S. Chandra, A. Mohan, R. Guleria, S. Broor, R. M. Pandey, "Prevalence of Viral Infection in Acute Exacerbation of Chronic Obstructive Lung Disease and Its Impact on Morbidity and Mortality," *Am J Respir Crit Care Med*, vol. 179, 2009.
- [31] R. G. Hegele, S. Hayashi, J. C. Hogg, P. D. Paré, "Mechanisms of airway narrowing and hyperresponsiveness in viral respiratory tract infections," *Am J Respir Crit Care Med*, vol. 151, pp. 1659–64, 1995.
- [32] J. R. Difranza, A. Masaquel, A. M. Barrett, A. D. Colosia, P. J. Mahadevia, "Systematic literature review assessing tobacco smoke exposure as a risk factor for serious respiratory syncytial virus disease among infants and young children. *BMC Pediatr*," vol. 21, doi: 101186/1471-2431-12-81, 2012.
- [33] D. J. Groskreutz, M. M. Monick, E. C. Babor, T. Nyunoya, S. M. Varga, D. C. Look, G. W. Hunninghake, "Cigarette Smoke Alters Respiratory Syncytial Virus–Induced Apoptosis and Replication," *Am J Respir Cell Mol Bio*, vol. 41, pp. 89–198, 2009.

A Design of Small Freight Robot Based on Single Chip Microcomputer

Shouxi Zhu and Wenlai Ma

Aviation Information Technology R&D Center,
Binzhou University,
Binzhou, Shandong, China

Copyright © 2015 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 many workplaces, we need to carry some heavy stuff along a fixed route, in order to reduce the workload of staff, this paper proposed a kind of small freight robot based on single chip microcomputer. In this design, we use AT89S52 chip as the main control chip, design the electromotor drive circuit use L298N chip. The robot is driven by gear motor, using black and white line sensor, infrared photoelectric switch and wireless transceiver etc. to achieve the following functions: automatic tracing, sound and light alarm, obstacles avoidance, remote control and so on. At the same time, the freight robot can carry about 100 kg weight and has the characteristics of low cost and easy to maintain. The design is suitable for the transportation of small amount of goods, such as a workshop, airport and quick distribution station. It is flexible and the transportation cost is low, so it has a broad application prospect.

KEYWORDS: Single Chip Microcomputer, Freight Robot, Gear Motor, Tracking, Obstacles Avoidance.

1 INTRODUCTION

In some places such as factories or docks, the staff often needs to carry some heavy stuff. Although now there are a lot of vehicles, such as a forklift, etc., but in practice, the workload of staff is still great. In this case, we designed a freight robot to replace the manual freight transport operations. It cannot only reduce human workload but also improve labor efficiency. This small freight robot uses the microcontroller of AT89S52 as the control center [1], uses L298N chip as the core of drive circuit and uses gear motor as the driving force [2]. This small freight robot can achieve the functions including automatic tracing, sound and light alarm, obstacles avoidance, remote control and so on. In order to facilitate maintenance, this robot adopts many electric bicycle accessories. This small freight robot is mainly designed for the transportation of a small amount of goods, it can be applied to airport baggage transportation, warehouse cargo transportation, etc.. Because of its small size and large load capacity, it can also work in a more complex situation and have some alternative capacity to replace the traditional trolley.

2 DESIGN REQUIREMENTS

Design a battery powered freight robot which can travel back and forth along the black guide line between location A and B to realize the transportation of the goods. It should has a certain ability to adapt different roads, at the same time, it also need to meet the requirements of safety.

- It can travel back and forth along the black guide line between location A and B and can automatically judge whether offtrack and automatically adjusts the direction.
- In location A and B, it can stop automatically.
- The load shall not be less than 100 kg.
- It can avoid the obstacles along the way, such as pedestrian or other object.
- It has two driving modes of remote control and automatic.

3 DESIGN OF HARDWARE

The hardware frame of the freight robot is shown in fig. 1.

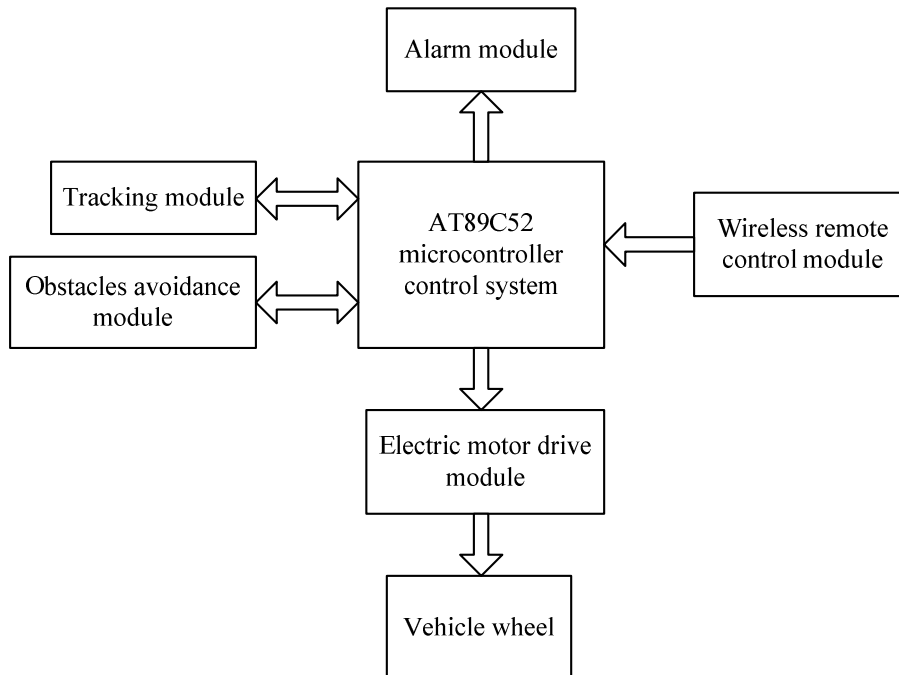


Fig. 1. Hardware Frame of The Freight Robot

3.1 CHOICE OF MAIN CONTROL CHIP

This robot adopts AT89S52 chip as the main control chip, this chip has enough storage space, it can be convenient to download procedures through in system programming to meet the needs of the system software [3]. The chip provides two counter interrupt and is enough for this design. Using this chip, we can choose the control chip of the system modules more flexible and can be able to calculate the time accurately [4], so as to have a good real-time performance.

The minimum system circuit of AT89S52 chip is shown in fig. 2.

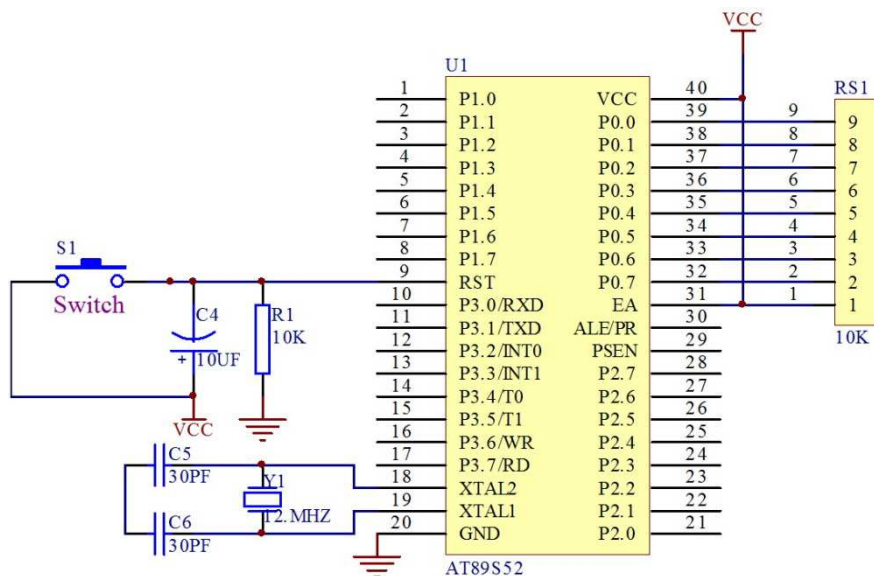


Fig. 2. Minimum System Circuit of AT89S52 Chip

3.2 WIRELESS TRANSCEIVER MODULE

This robot uses radio transmitting and receiving device for wireless transceiver [5]. In this design, we use the wireless transceiver chip SC2264 and SC2272. SC2262/2272 is a set of wireless remote control transmitter/receiver chip with address and data encoding function. The transmitter chip of SC2262 has integration of carrier oscillator, encoder and transmitter unit, so the transmitter circuit can be very simple. The receiver chip SC2272-M4 is non-latch type 4 data output and there are eight address code [6], so as to effectively prevent the interference between each wireless modules. The set of wireless transceiver chip is easy to use, cheap and has good job stability.

The pins of SC2272-M4 chip are shown in table1.

Table 1. Pins of SC2272-M4 Chip

Pin	Name	Function description
1	D3	Data output
2	D2	Data output
3	D1	Data output
4	D0	Data output
5	GND	power negative
6	VT	Output status indication
7	5V	power positive
8	ANT	Connect the antenna

The receiving module has wide bandwidth, generally is $\pm 10\text{MHz}$, its factory set value is 315MHz or 433.92MHz, it uses DC5V power supply. The design of wireless receiving circuit is shown in fig. 3.

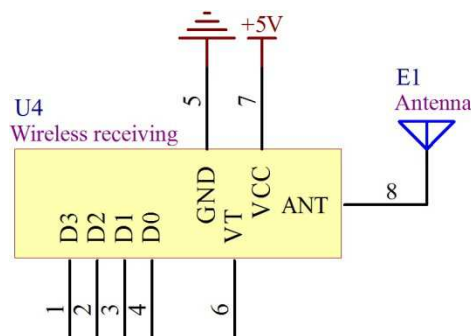


Fig. 3. Wireless Receiving Circuit

3.3 OBSTACLES AVOIDANCE MODULE

This robot adopts photoelectric switch as a sensor for obstacles avoidance, using the blocked or reflected beam from the detected object, after synchronization loop gating circuit to detect whether there is an obstacle, the detection distance can reach more than two meters. The object is not limited to metal, all the objects which can reflect light can be detected. The input current at the transmitter is converted to an optical signal by the photoelectric switch and emitted, the receiver based on the received light intensity to detect the presence or absence of the target object. We use a buzzer and lights as a reminder. Buzzer has the characteristics of small size, light weight, low price, solid structure and so on, while this module can be used as turn reminder. When the microcontroller judging arrive, it will control the buzzer sounds, which utilize the P0.7 pin to control.

The alarm module circuit is shown in fig. 4.

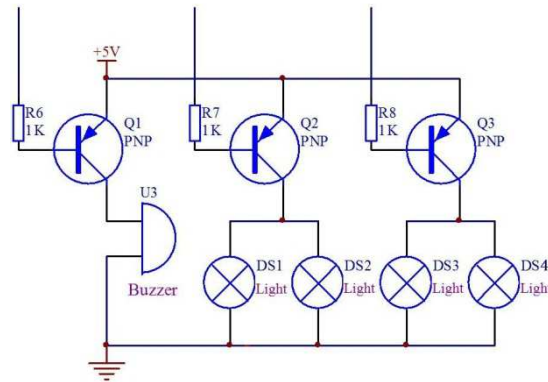


Fig. 4. Alarm Module Circuit

3.4 MOTOR DRIVER MODULE

The robot adopts L298N chip to design motor drive circuit [7]. This chip has the advantages of small volume, fast response, high safety reliability and strong anti-jamming capability. The chip has a larger current drive capacity. It is a special drive integrated circuit which belongs to the H bridge integrated circuit. Its output current is 2A, highest current is 4A, the highest working voltage is 50 V. It can drive the inductive load, such as high power DC motor, step motor, solenoid valve, etc.. Its input can be associated with the microcontroller directly, thus it can be easily controlled by the microcontroller, so the connection is convenient and simple.

The motor we choose is a DC gear motor, gear motor is refers to the integration of speed reducer and motor, it can also be called geared motor, usually assembled by the professional manufacturer and delivery supply in a full set. Using gear motor, the design can be simplified and save space, what's more, meet the requirements of the moment of force.

This design uses L298N chip to drive the vehicle wheels. The enable pin is controlled by P2.4 and P2.5 respectively [8], while the wheels using P2.0, P2.1, P2.2 and P2.3 to control respectively. The motor driver circuit is shown in fig. 5.

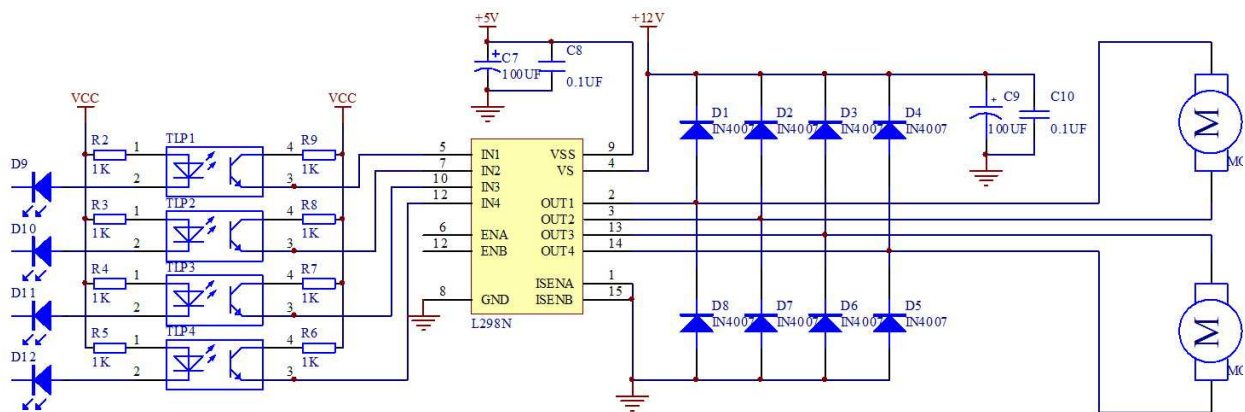


Fig. 5. L298N Motor Driver Circuit

When driving the DC motor, we can directly control the motor rotate in forward and inversion direction, implement this function only need to change the logic level of the input. In order to avoid the motor disturbance to the single chip microcomputer, this module adds an optical coupler for photoelectric isolation, so that the system can work stable and reliable.

This module has four lights to indicate the motor running state. The effect of the optical coupler in peripheral circuit is to prevent the large current flow through the single chip microcomputer and burn it if the L298N chip burned. The diode can prevent the countercurrent generated by the DC motor and burn the L298N chip.

The design rendering of the driven motor is shown in fig. 6.

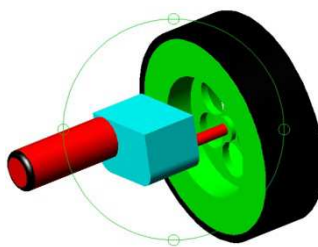


Fig. 6. Design Rendering of The Driven Motor

3.5 TRACKING MODULE

The robot adopts black and white line sensor. Black and white sensor is designed to detect the white line on a black background or a black line on white background. Black and white line only appears high or low level, the change is evident and easy to be identified, so it is very suitable for car tracking. TK-20 black and white line sensor is the upgrade version of TK-10 [9], its effective detection range can be up to 5cm. By adjusting the potentiometer, it can be achieved as far as 10cm (in this distance, detecting precision will be reduced). This sensor is not susceptible to visible light interference, its output signal is switching value which will be easy to process and easy to use. This sensor adds a detection range regulator which can increase the detection distance and improve the detection accuracy. If we use a laser tube replaces the luminous diode, the detection distance can reach up to 20cm and even better [10]. So in order to ensure accuracy, we use laser tube.

Fig. 7 is the design of black and white line sensor circuit diagram, in which the signal lines use P3.1 and P3.2 pins of microcontroller respectively to detect and control.

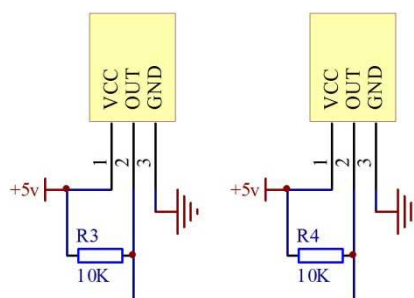


Fig. 7. Black And White Line Sensor Circuit

3.6 POWER MODULE

In this design, there are three voltages: 5V, 9V and 24V. Sensors and microcontroller require 5V power supply, the wireless transmitter module need 9V and the gear motor voltage need 24V. All the system power is provided by a storage battery. The 5V and 9V voltage is provided by the chip of L7805 [11]. Although the circuit is more complex, but it is more convenient to use and maintenance, and it is also economic. At the same time, the use of independent lead-acid battery power can make the robot more flexible and can accommodate more roads.

4 DESIGN OF SOFTWARE

The whole software design include forward, backward, turn left, turn right, brakes, alarm, remote control, interrupt function and others. IO port of microcontroller can produce high and low level, then the drive circuit generates a corresponding high and low level, so as to achieve the motor forward and backward movements, such as walking and other motion. The interrupt function is used to obstacles detection and the following action, achieve unloading operations and so on.

The program flow chart is shown in fig. 8.

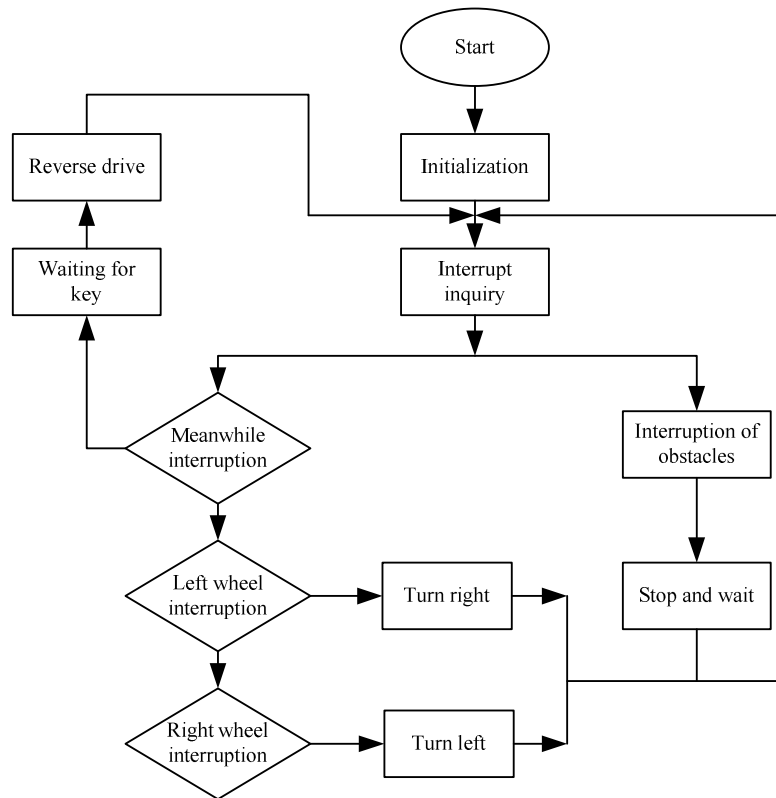


Fig. 8. Program Flow Chart

5 MODULE CONTROL AND FUNCTION IMPLEMENTATION

5.1 REALIZATION OF AUTOMATIC MOVE

When the robot accepts start command, the microcontroller will acquire the sensor signals. Under normal circumstances, A and B black and white sensors will not detect the black track and then output high level to the microcontroller, the microcontroller through the port output the corresponding level to driving circuit, indirect control the two gear motors C and D forward at the same time to achieve straight. When the robot walk left, A will output high level and B output low, in this case, the microcontroller control C forward and D reverse to achieve steering. When the robot walk right, A will output low level and B will output high, then the microcontroller control C reverse and D forward, to correct the driving direction. When the output level of A and B are all low, it is considered to reach the stop line, C and D will simultaneously reverse to achieve braking.

The motion status of the robot is shown in fig. 9.

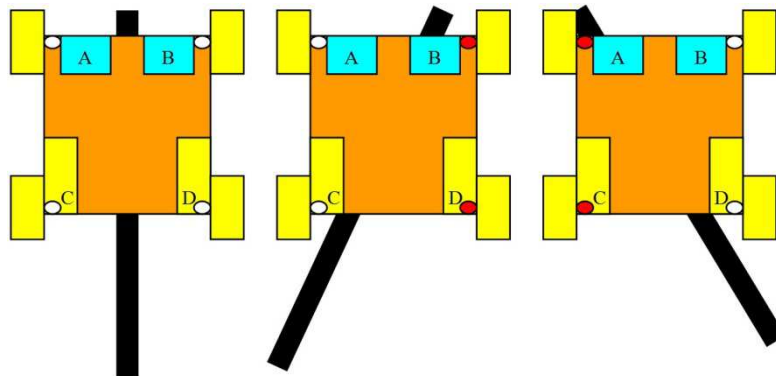


Fig. 9. Motion Status of The Robot

5.2 REALIZATION OF REMOTE CONTROL

When the accident or other external problems happened that the robot can't identify the road conditions, we can use remote manual control to control the robot work. There are four keys to remote control A, B, C and D respectively, when press a key. The corresponding port at the receiving end will produce a corresponding low level signal to the microcontroller, after the microcontroller receiving, it will choose corresponding walking style, forward, backward or steering.

5.3 REALIZATION OF SECURITY MEASURES

When the robot rounds a turn, the corresponding turn signal will flash and buzzer will beep to alert the staff in front and back of the robot. When infrared tube E detects obstacles ahead, it will output high level signal to the microcontroller, then the microcontroller will control C and D reversal to realize brake. At the same time, the buzzer will siren with the left and right two lights flashing, the robot will not move on until the obstacle is clear. When the robot closer to the finish line, it will brake and stop, until it receives a new start command.

The schematic diagram of robot obstacles avoidance and brake is shown in fig. 10.

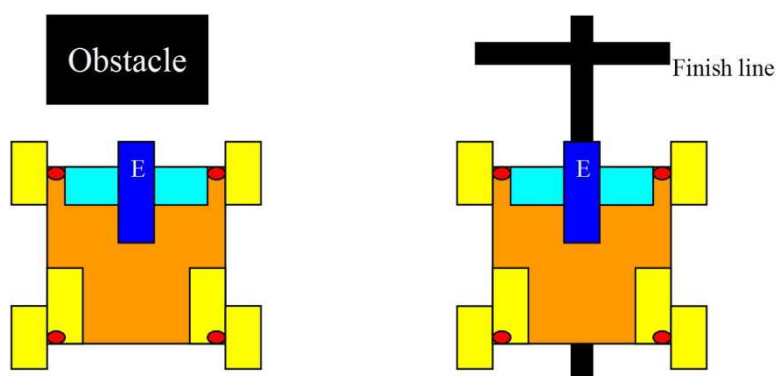


Fig. 10. Schematic Diagram of Robot Obstacles Avoidance and Brake

5.4 DESIGN SKETCH

Design of freight robot sketch is shown in fig. 11, all control circuits are on the bottom of it, the upper platform are for cargo. This design can not only protect the control circuit, but also can achieve the goal of more cargo.

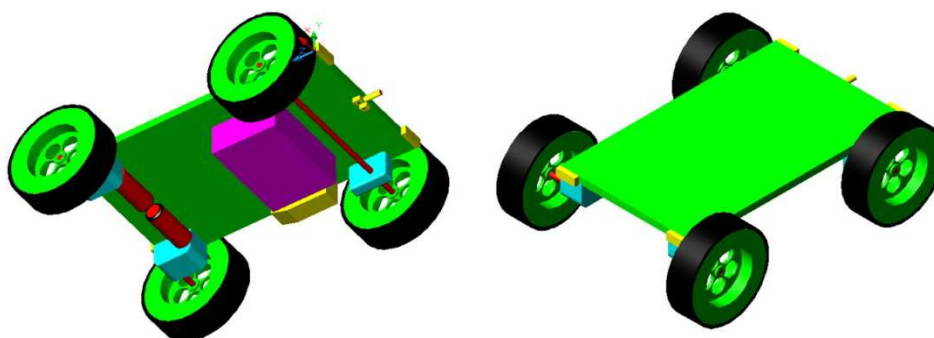


Fig. 11. Design of The Freight Robot Sketch

6 CONCLUSION

In this paper, we design a small freight robot which using a single chip microcomputer as the control chip. Combining with the black and white detection sensor, the robot can travel back and forth along the black guide line between A and B two locations, automatically determine whether off track and automatically adjust the direction. The robot has reserved ports and the user can modify the program, so it is convenient for function extension. Using the infrared tube, the robot can detect the front obstacles and realize automatic obstacle avoidance. The response of L298N driver circuit is fast and stable performance, which can realize the robot braking, forward, speed governing and steering. The gear motor power and torque

can conform to the design requirement of the load that shall not be less than 100kg. Using single chip microcomputer and the wireless transceiver module, the robot realizes the function of remote control. On application, the design makes a comprehensive argumentation, has considered the influence of various factors on the automatic control. Therefore, the small freight robot can satisfy the design tasks and requirements. The small freight robot is low cost and easy to maintain, so it can apply to the workshop, airport and distribution station for the rapid transport of a small amount of goods. Its flexibility and low cost will make it have a broad application prospects.

ACKNOWLEDGMENT

This research was financially supported by scientific research project of Binzhou University (Grant NO.BZXYG1316, BZXYG1320).

REFERENCES

- [1] R. Barnett, S. Cox and L. O'Cull: *Embedded C programming and the Atmel AVR*. Cengage Learning, 2006.
- [2] P. Wu, X. M. Xu and S. Huang, et al, " Design of Intelligent Infrared Remote Controller Based on AT89S52," *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, vol. 24, no. 1, pp. 87-92, 2009.
- [3] J. George, N. Naveen and P. R. Madhava Panicker, "Manipulator robot for crack detection and welding in underground process pipes," *2014 IEEE Annual International Conference on Emerging Research Areas: Magnetism, Machines and Drives*, pp. 1-4, 2014.
- [4] W. Z. Zhou and Z. Li, "Design of Intelligent Fire Truck Based on STC89C51," *Advanced Materials Research*, vol. 791, pp. 1032-1035, 2013.
- [5] W. T. Qing, Z. Y. Qu and H. Q. Zhu, "Design of infrared range finder system for a robot based on a single chip microcomputer," *Applied Science and Technology*, vol. 37, no. 4, 11-13, 2010.
- [6] M. U. Sachin and Pravin Gaonkar, "Design, Implementation and Control of a Humanoid Robot for Obstacle Avoidance using 8051 Microcontroller," *IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering*, vol. 5, no. 5, pp. 40-50, 2013.
- [7] Y. L. Peng, Y. Xu and J. Q. Liang, et al, "Design of control system of mobile robot based on AT89S52," *Journal of Nanchang Institute of Aeronautical Technology (Natural Science)*, vol. 20, no. 4, pp. 64-68, 2006.
- [8] S. Xiao, Y. Wei, "The Design of Intelligent Robot Based on Single- chip Microcomputer," *Electronics Quality*, no. 12, pp. 28-31, 2011.
- [9] U. Farooq, M. U. Asad and Hanif A, et al, "Design and Implementation of a Fuzzy Logic Controller for Two Wheeled Self Balancing Robot," *Advanced Materials Research*, Vol, 403, pp. 4918-4925, 2012.
- [10] D. B. Pu, Y. J. Sun and G. Y. Zhou, et al, "Design of Embedded Intelligent Path-search Robot," *Microcomputer Information*, vol. 24, no. 3, pp. 241-242+282, 2008.
- [11] M. Fei, L. M. Mao and L. J. Zhang, et al, "The Design of the Solar Automatic Tracking Robot," *Journal of Changshu Institute Technology*, vol. 26, no. 4, pp. 69-72, 2012.

New Inflow Performance Relationship for Gas Condensate Reservoirs

Khaled Saeed Ba-Jaalah and Abdel Waly Abd Allah Abdel Waly

Department of Mining, Petroleum and Metallurgy Engineering,
Cairo University,
Giza, Egypt

Copyright © 2015 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: Predicting the relationship between the flow rate and the pressure drop performance in the reservoir is very important for continuous production optimization in the field. The inflow performance relationship (IPR) describes the relationship between the flow rate of the well (q) and the flowing pressure of that well (P_{wf}). Different inflow performance relationship correlations exist today in the petroleum industry with the most commonly used models are that of Vogel and Fetkovich. Gas condensate reservoirs are primarily gas reservoir but when reservoir pressure declines below dew point pressure the liquid begins produced. The goal of this work is to develop a new model to predict the inflow performance relationship curve for gas condensate reservoirs. This new correlation was developed using about 200 data points were collected from different Middle East gas condensate reservoirs. The development model was tested by comparing its accuracy with that of the most common inflow performance relationship models such as Vogel, Fetkovich and Wiggins models. The results of this comparison showed that the new developed model gave the best accuracy with an average absolute error of 11.38% while the other common model, Vogel, Fetkovich and Wiggins, gave an average absolute error of 69.39%, 22.65% and 45.75% respectively.

KEYWORDS: IPR, model, gas condensate reservoir, relationship.

1 INTRODUCTION

Prediction the relationship between flow rate and pressure drop performance in the reservoir is very important for production optimization in the field. If the wellbore pressure is equal to the reservoir pressure, there can be no inflow. If the wellbore pressure is zero, the inflow would be the maximum possible Absolute Open Flow (AOF). For intermediate wellbore pressures the inflow will vary. For each reservoir, there will be a unique relationship between the inflow rate and wellbore pressure. In single phase flow, the inflow performance curve is a straight line but when gas is moving in the reservoir, at a pressure below the bubble point, this is not a linear relationship as shown in Fig. (1).

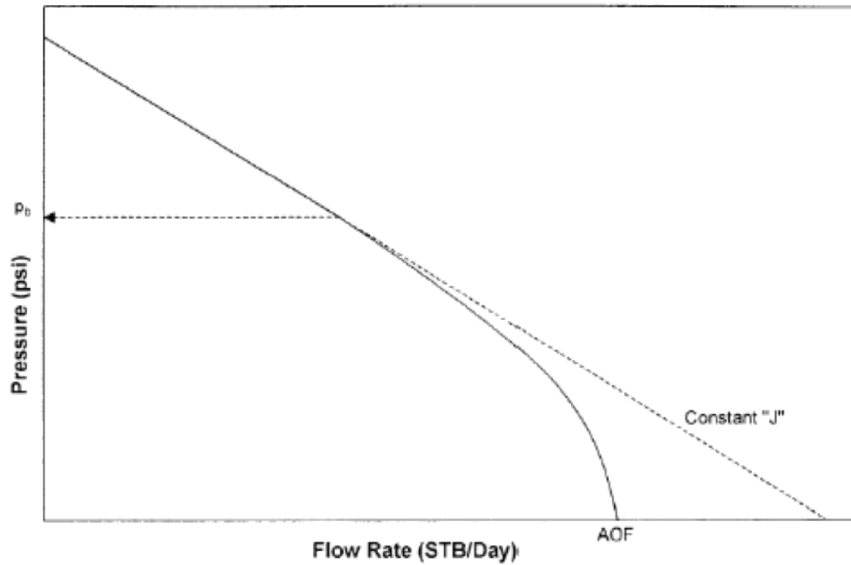


Fig. 1. The inflow performance curve

Many IPR correlations addressed the curvature in Fig. (1) of the inflow performance curves in case of solution gas drive oil reservoirs in which the bubble point pressure is the initial reservoir pressure.

Vogel (1968) [6] developed inflow performance relationship (IPR) correlation by using a computer program based on Weller's assumptions and twenty-one reservoir data sets to develop an inflow performance relationship correlation as:

$$\frac{q_o}{q_{o\max}} = 1 - 0.2 \left[\frac{P_{wf}}{P_r} \right] - 0.8 \left[\frac{P_{wf}}{P_r} \right]^2$$

Fig. (2) presented the Vogel plot illustrating the liquid (oil), gas (dry gas), and solution gas-drive cases. Vogel's correlation gave a good match with the actual well inflow performance at early stages of production but deviates at later stages of the reservoir life. Vogel correlation didn't include IPR curves for wells with damage or high viscosity.

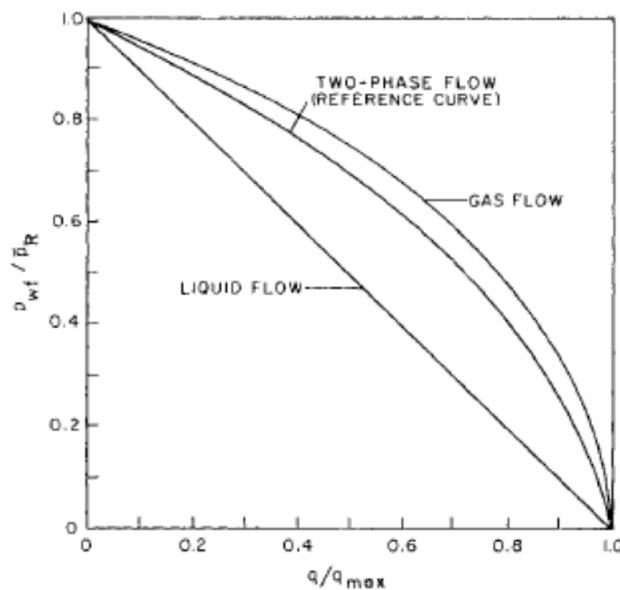


Fig. 2. IPR schematic plot for single phase oil, single phase gas and solution gas drive system [6]

Fetkovitch (1973) [3] developed an empirical equation based on two correlation parameters, maximum oil flow rate and deliverability exponent for Fetkovich. This empirical equation is given in the following form:

$$\frac{q_o}{q_{o\max}} = \left[1 - \left(\frac{P_{wf}}{P_r} \right)^2 \right]^n$$

Fig. (3) is a rationale for the preference of the above equation. To apply the above correlation, well measurements must be performed during at least two stable flow conditions to determine the value of deliverability exponent.

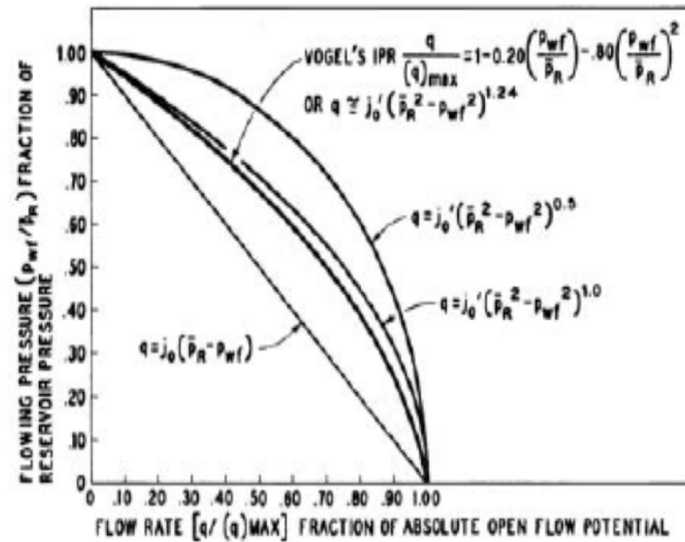


Fig. 3. IPR for various flow equations [3]

Klins and Majher (1992) [4] developed an inflow performance relationship correlation that takes into account the change in bubble-point pressure and reservoir pressure based on Vogel's work. This correlation is given by the following

$$\frac{q_o}{q_{o\max}} = 1 - 0.295 \left[\frac{P_{wf}}{P_r} \right] - 0.705 \left[\frac{P_{wf}}{P_r} \right]^N$$

Where

$$N = \left(0.28 + 0.72 \frac{P_r}{P_b} \right) (1.235 + 0.001 P_b)$$

Wiggins (1993) [7] developed the following generalized empirical three phase IPR similar to Vogel's correlation based on his developed analytical model in 1991:

$$\frac{q_o}{q_{o\max}} = 1 - 0.519167 \left[\frac{P_{wf}}{P_r} \right] - 0.481092 \left[\frac{P_{wf}}{P_r} \right]^2$$

Wiggins, et al. (1991, 1992) found that the main reservoir parameter that plays a major role in the inflow performance curve is the oil mobility function. The major problem in applying this IPR is its requirement for the mobility derivatives as a function of reservoir pressure, which is very difficult in practice. Therefore, in 1993 Wiggins developed an empirical IPR correlation from this analytical IPR model by assuming a third degree polynomial relationship between the oil mobility function and reservoir pressure. Wiggins, et al. also presented plots of the oil mobility as a function of reservoir pressure taken at various flow rates.

Sukarno and Wisnagroho (1995) [5] developed an IPR correlation based on simulation results that attempts to account for the flow efficiency variation caused by rate-dependent skin. This equation is given in the following form:

$$\frac{q_o}{q_{o\max}} = FE \left[1 - 0.1489 \frac{P_{wf}}{P_r} - 0.4416 \left(\frac{P_{wf}}{P_r} \right)^2 - 0.4093 \left(\frac{P_{wf}}{P_r} \right)^3 \right]$$

Where

$$FE = a_0 + a_1 \frac{P_{wf}}{P_r} + a_2 \left(\frac{P_{wf}}{P_r} \right)^2 + a_3 \left(\frac{P_{wf}}{P_r} \right)^3$$

Fattah et al. (2012) [2] developed a new model to predict the IPR curve by using 47 actual field cases in addition to several simulated tests. This new correlation describes the behavior of the oil mobility as a function of the average reservoir pressure.

2 DATA ACQUISITION FOR MODELLING

About 200 data points were collected from different Middle East gas condensate fields which are being used in this study to evaluate the inflow performance relationship models and for developing the new model. The data ranges and description of these data are shown in Table (1).

Table 1. The reservoir, rock and fluid properties

Reservoir, rock and fluid properties	Range	Unit
Pressure	2767 - 6193	Psia
Temperature	178 - 303	F
API	47.8 - 66.3	API
Gas oil ratio	7160 - 10157	SCF/STB

3 DEVELOPED NEW MODEL

The objective of this work is to develop a simple and consistent method to correlate IPR trends for gas condensate reservoir systems without direct knowledge of the distributions of gas oil ratio and the saturation profiles. The IPR curves for gas-condensate reservoirs were generated using the same procedure that Vogel proposed for solution gas-drive reservoirs. The parameters of new model are determined using a non-linear optimization routine, specifically the "Solver" modules implemented in Microsoft Excel. The new model was written as

$$\frac{q_o}{q_{o\max}} = 1 - 1.081701 \left[\frac{P_{wf}}{P_r} \right] - 1 \times 10^{-4} \left[\frac{P_{wf}}{P_r} \right]^2$$

The actual data and the data results from new model, Vogel, Fetkovich and Wiggins models are plotted to gather in Figures (4) to (7). Fig. (2) shows that the crossplot of data results from new developed model almost fall on the 45° line implying excellent correlation. The crossplot of Vogel and Wiggins models above the 45° line while the crossplot of Fetkovich model below the 45° line as shown in Figures (4) to (7).

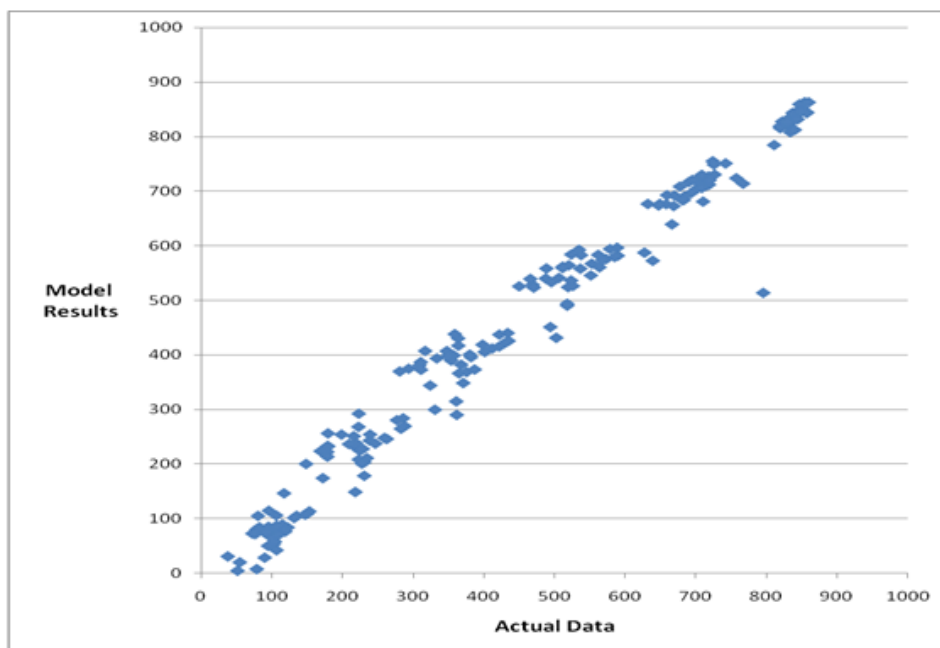


Fig. 4. Crossplot of actual data against predicted data from new model

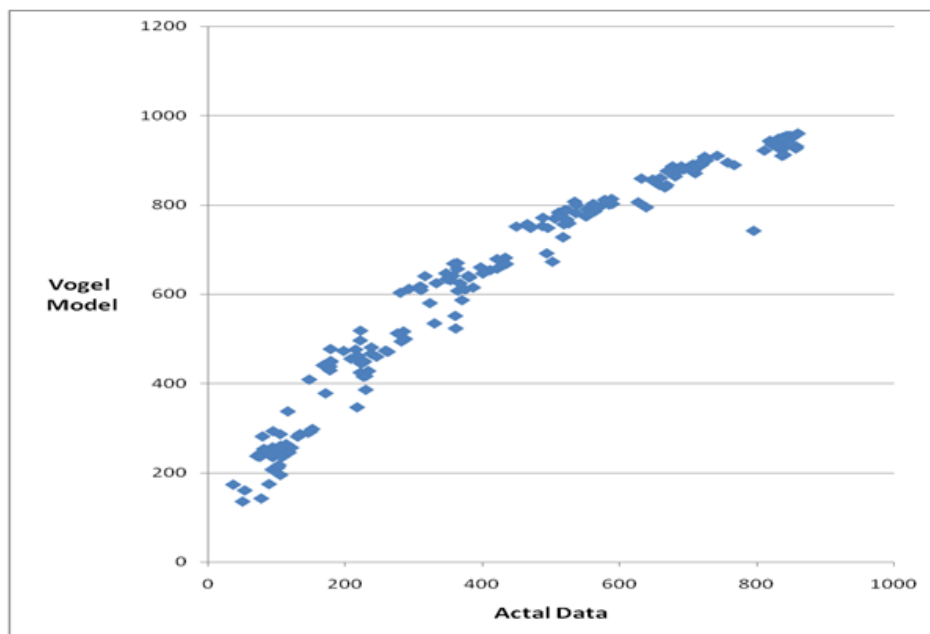


Fig. 5. Crossplot of actual data against predicted data from Vogel model

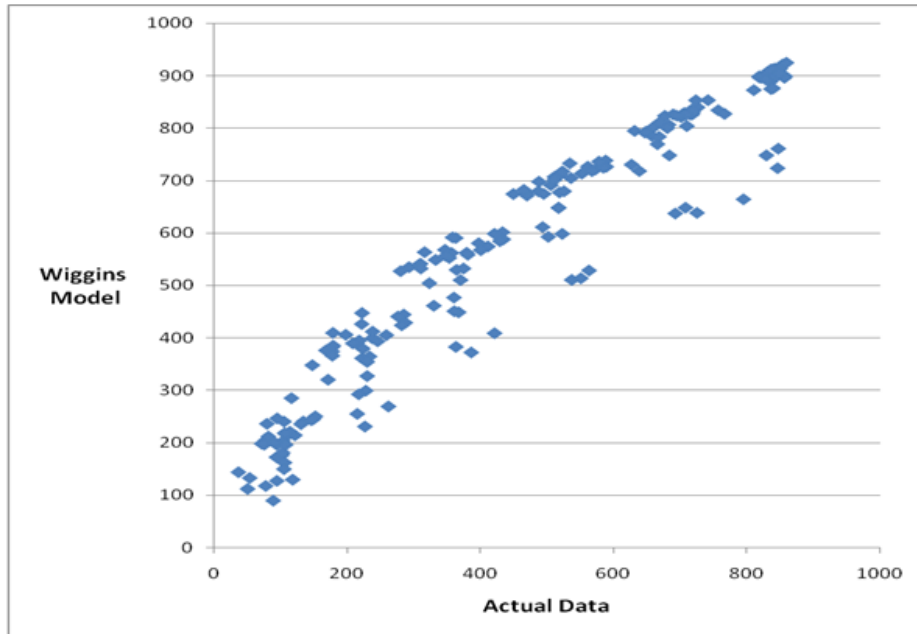


Fig. 6. Crossplot of actual data against predicted data from Wiggins model

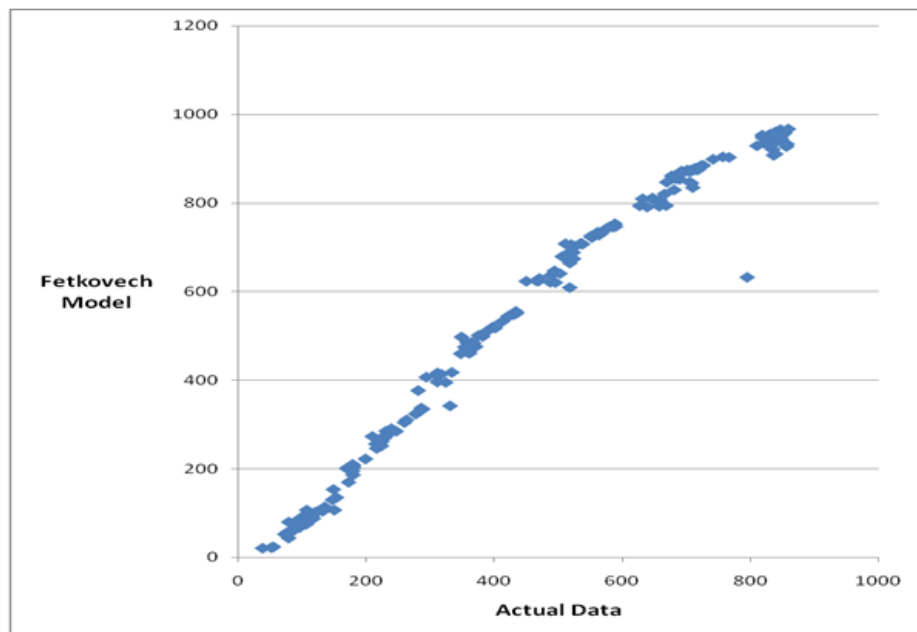


Fig. 7. Crossplot of actual data against predicted data from Fetkovech model

4 VALIDATION OF THE NEW INFLOW PERFORMANCE RELATIONSHIP (IPR) MODEL

To verify and validate the new developed IPR model, the new model was tested by comparing its accuracy with that of the most common IPR models such as Vogel, Fetkovich and Wiggins models.

The average absolute errors percent between the actual flow-rate data and the calculated rate for the four IPR methods that used in this study are shown in Fig. (8) for the comparison. It is clear from this Fig. that the new developed IPR model has the lowest average absolute error percent that is 11.38%, while the average absolute error percent for Fetkovich method is 22.65 %. The other methods have average absolute errors percent ranging from 45.75 to 69 .39% for Wiggins and Vogel, respectively.

Table (2) presents a summary of the average absolute errors percent that was obtained for each method. As indicated, the method of the new developed IPR model always provided the lowest value of the total average absolute error percent in comparison with that of other models.

Table 2. The reservoir, rock and fluid properties

Model	New model	Vogel	Fetkovech	Wiggins
Average Error %	11.385172	69.391355	22.6466525	45.7483122

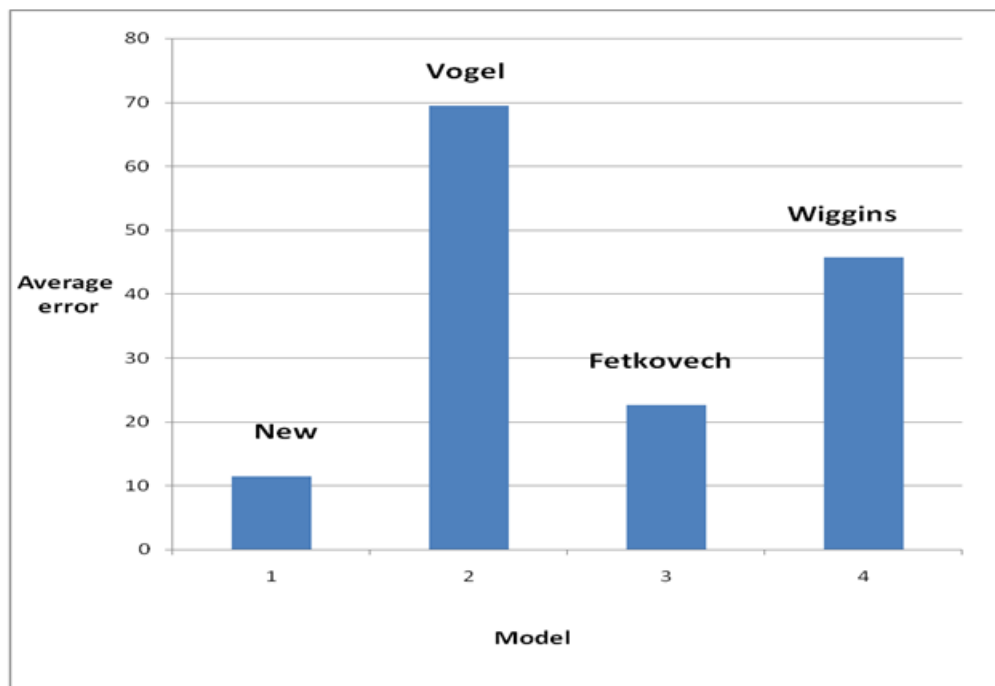


Fig. 8. The average absolute error analysis

5 CONCLUSIONS

- The new IPR model was developed to construct and predict the IPR curve for gas condensate reservoirs.
- The validity of the new IPR model was tested in comparison with the behavior of the most common methods that are used in the industry. The results of this validation showed that the new IPR model ranked the first model that succeeded to predict the behavior of the IPR curve while the other models of Fetkovich, Wiggins and Vogel ranked the second, the third and the forth respectively.
- The new IPR model requires one test point to estimate the maximum flow rate.

NOMENCLATURES

n = Deliverability exponent for Fetkovich, dimensionless

P_b = Bubble Point Pressure, psia

P_r = Average reservoir pressure, psia

P_{wf} = Bottom hole flowing pressure, psia

q_o = Oil flow rate, STB/D

q_{om} = Maximum oil flow rate, STB/D

REFERENCES

- [1] Ahmed, Tarek: "Advanced reservoir engineering", Elsevier Inc., Gulf Professional Publishing, 2005.
- [2] Fattah, K. A., El-Banbi, H. A., and El-Tayab, A.: "New Inflow Performance Relationship for Solution Gas Drive Oil Reservoirs", Oil and Gas Business, 2012.
- [3] Fetkovich M.J.: "The isochronal testing of oil wells", SPE Paper 4529 presented at the Fall Meeting of the Society of Petroleum Engineers of AIME, Las Vegas, NV, Sep. 30-Oct. 3, 1973.
- [4] Klins M.A., Majher M.W.: "Inflow Performance relationships for damaged or improved wells producing under solution-gas drive", SPE paper 19852, Journal of Petroleum Technology, 1992, Vol. 44, Num. 12, pp. 1357 - 1363.
- [5] Sukarno P., Wisnagroho A.: "Generalized two-phase IPR curve equation under influence of non-linear flow efficiency", Proc., Soc of Indonesian Petroleum Engineers Production Optimization Intl. Symposium, 1995, Bandung, Indonesia, pp. 31 - 3.
- [6] Vogel J.V.: "Inflow performance relationships for solution gas drive wells", Journal of Petroleum Technology, 1968, Vol. 20, Num. 1, pp. 83 – 92. (SPE Paper 1476). DOI: 10.2118/1476-PA
- [7] Wiggins M.L.: "Generalized inflow performance relationships for three-phase flow", SPE Paper 25458 presented at the SPE Production Operations Symposium, Oklahoma City, OK, March 21-23 1993. DOI: 10.2118/25458-MS.

ANTHOCEROS AGRESTIS PATON IN MOROCCO

Khadija Ahayoun, Mohamed Chliyah, Amina Ouazzani Touhami, Rachid Benkirane, and Allal Douira

Université Ibn Tofail, Faculté des Sciences, Laboratoire de Botanique et de Protection des Plantes, B.P. 133, Kenitra, Maroc

Copyright © 2015 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: *Anthoceros agrestis* is observed in the Mamora forest on sandy ground under the Eucalyptus and pine wood. Macroscopic and microscopic characters were described and illustrated.

KEYWORDS: *Anthoceros agrestis*, Morocco, Mamora forest, new, rare.

INTRODUCTION

According to previous publications (Corbière, 1913; Braun-Blanquet & Maire, 1924; Gattefossé, 1932; Maire & Werner, 1934; Gattefossé & Werner, 1935; Trabut, 1941; [5]; Jelenc, 1967; [6] bryological Moroccan flora comprises three (3) types of Anthocerotes: *Anthoceros* L. *Phaeoceros* Prosk. and *Phymatoceros* Stotler, W. T. Doyle & Crand.-Stotl. divided into five (5) species.

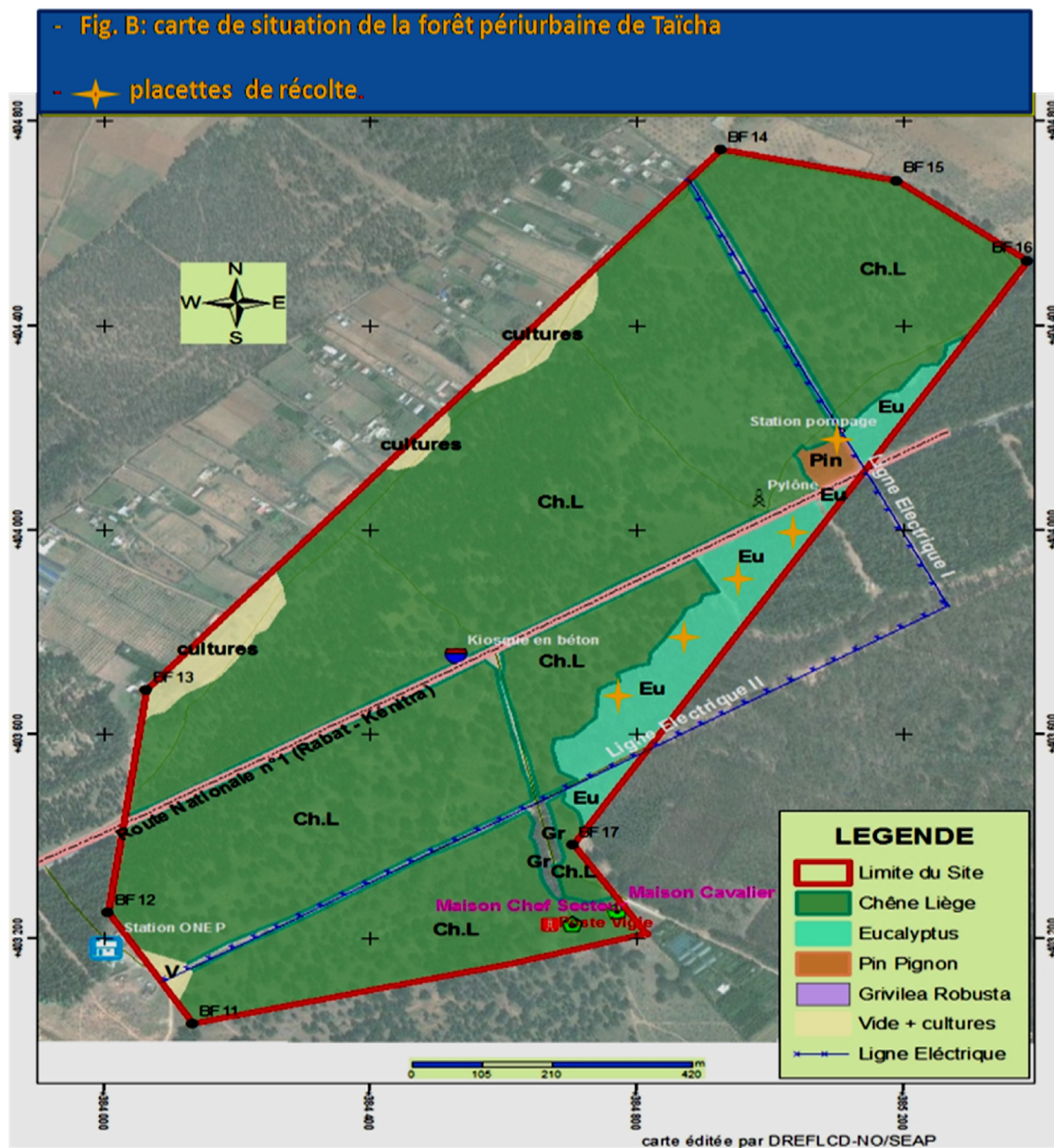
In all works in Morocco on Bryophytes, *Anthoceros agrestis* was reported but without specify localities [5]; [6] However, [7] reported that this species is very rare in Morocco, without giving reference. This species has been observed and localized for the first time at the Mamora forest (Atlantic plains during rainy and warm spring in 2009, on a sandy soil under the wood of Eucalyptus and pine). The collected specimens are described and presented in this study.

MATERIALS AND METHODS

This study concerns an area of the Mamora forest, which is divided naturally into five (5) cantons limited by the valleys of the wadis as Fouarat, Smento, Tiflet and Tourizet, nominated respectively from the west to the eastwards: Canton A, B, C, D and E. The cantons are themselves divided into smaller units called groups and are 33 in number (Fig. A).

The site is occupied by an old grove of mature and clear cork oak stump. In addition to this formation, we note the presence of an old grove of Eucalyptus in its purest forms. We also note the presence of two bouquets:

- *Grevillea robusta*, located near the forest station Taicha
- Adult high forest maritime pine well vener, located at the pumping station of ONEP.



METHODOLOGY

At a herborizing in the forest of Mamora (Atlantic Morocco), cantons A, Site Taicha a collection of several specimens of *Anthoceros* well fructifies was performed on 3/15/2009.

Samples were photographed before and after harvest. They were brought to the laboratory for microscopic study. In the laboratory, the species was described and identified using identification keys [8]; [6]; [1]; [3]; [2]). The voucher specimens are maintained and deposited in the National Scientific Institute of Rabat Herbarium (RAB).

DESCRIPTION

Anthoceros agrestis Paton is an annual species, terrestrial, characterized by a type of thalloïde gametophyte, light green, in the form of rosette 0.7 to 2 cm in diameter, spongy, margin strongly laciniated, dichotomous branching. Thallus cells have a single large chloroplast, occupying most of the cell (fig. 8).

Sporophytes are developed on the dorsal surface of the gametophyte, they are threadlike and trained, formed of a foot swollen at the base, which is located in the thallus (fig. 6) and a long cylindrical capsule or sporogone-long 1-2 (2.5) cm and a width of 0.3 mm, the wall of the door sporogone many stomata (fig. 12).

Anthoceros agrestis is monoecious, and blackberries capsules can be observed from March. At maturity, the chlorophyll capsule becomes black at the end and opens with two longitudinal slits along two valves from the top to release the spores; the valves are spiral after dehiscence sporophyte. Pseudo elaters, mixed with the spores are formed by small, short and thick elements and to various shapes, simple or grouped by the end groups of two, long 76, 54 microns wide and 13.32 microns (fig. 17-20).

Black-brown spores at distal face (FD) cross linked (fig.15-16) or tuberculate at proximal face (FP) foveolée (fig.13), measuring 46 (Fig. 14) - 54µm in diameter. Fertile species in March



Fig. 1-5: *Anthoceros agrestis* Paton: plant in situ; thallus rosette finely cut; thallus bearing sporophytes and the basis of a sporophyte.

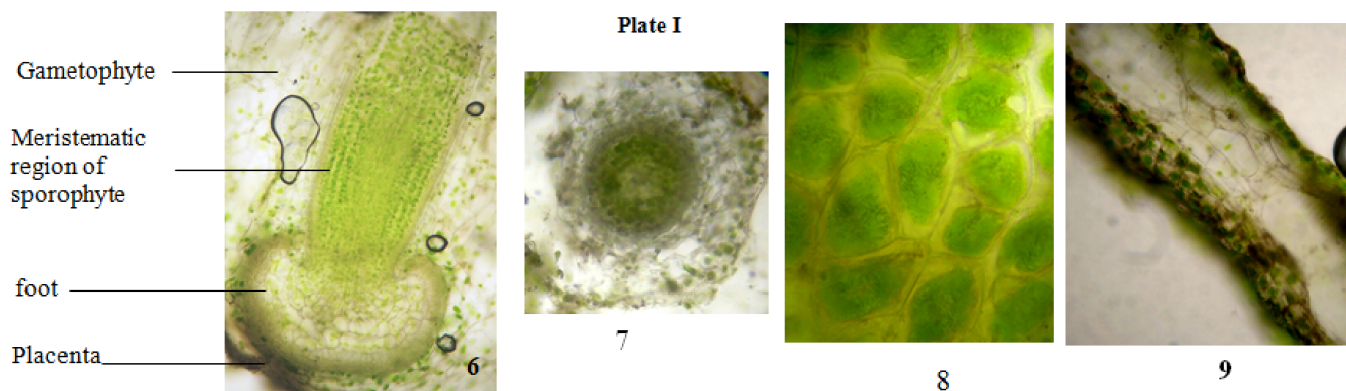


Fig. 6-9 *Anthoceros agrestis*: longitudinal section of the sporophyte; cross sections of sporogone; thallus cells to a single chloroplast; cross section of thallus X400.

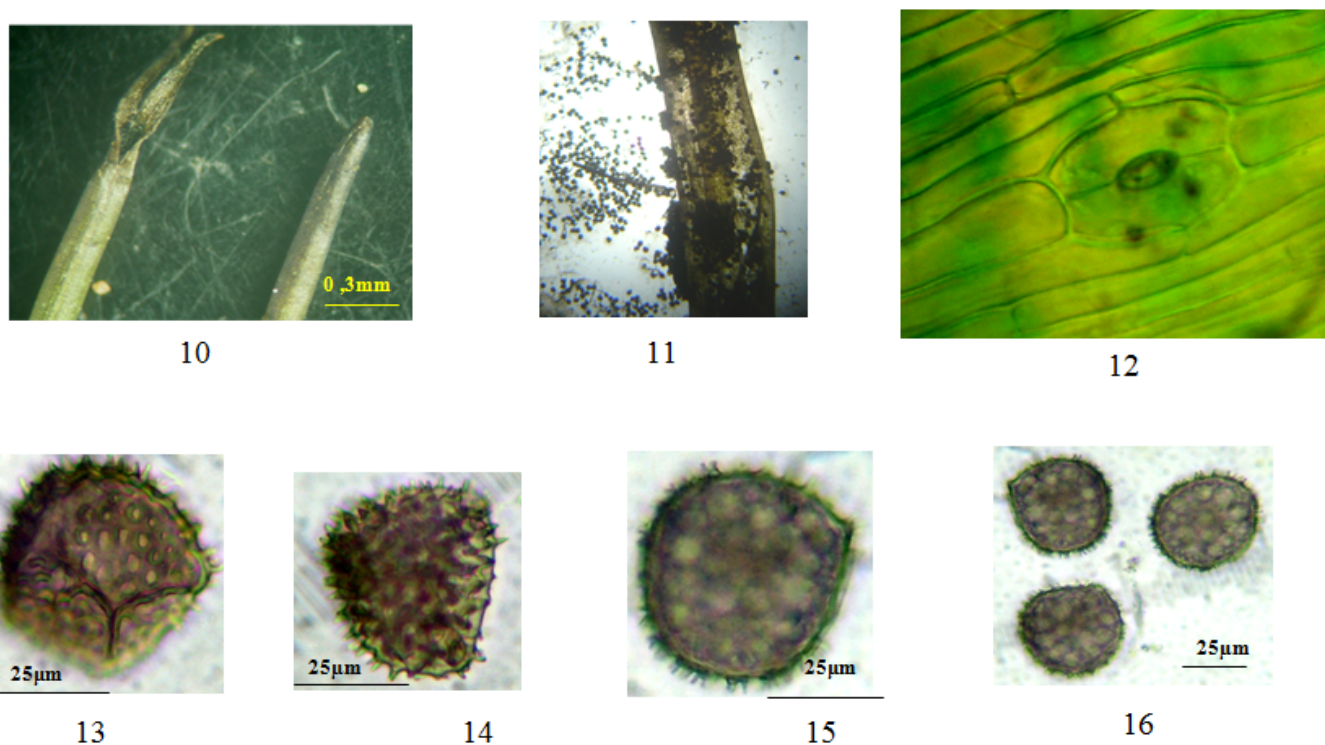


Fig. 10-16: *Anthoceros agrestis* Paton: mature sporangia; stomata and spores X400.

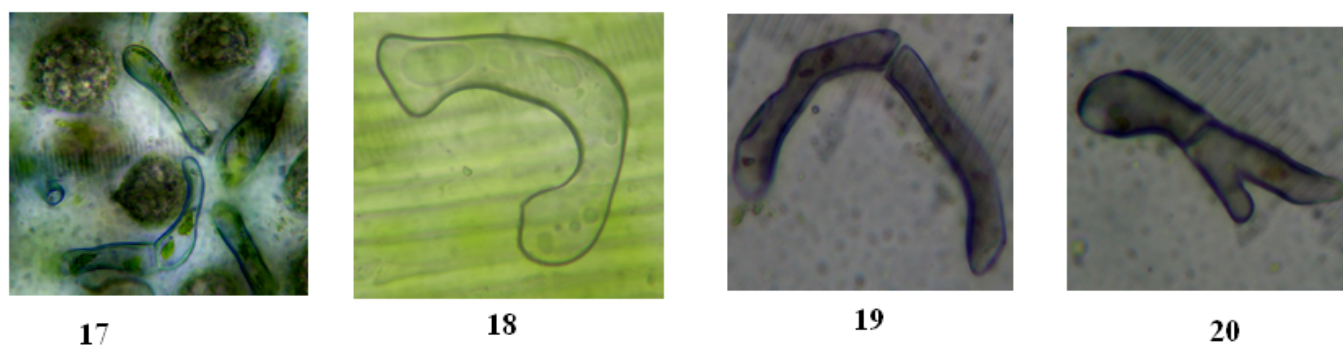


Fig. 17-20: *Anthoceros agrestis* Paton: spores blended by elaters Pseudo; pseudo elaters X400.

REFERENCES

- [1] Boudier P., Chavoutier J., 2006 — *Morphologie des Bryophytes*. Bull. Mycol. Bot. Dauphiné- Savoie. 182: 23-45.
- [2] Casas C.; Brugues M.; Cros R.M.; Sergio C.; Infante M., 2009 — *Handbook of Liverworts and Hornworts of the Iberian Peninsula and the Balearic Islands*: Illustrated Keys to Genera and Species. Institut d'Estudis Catalans. Barcelona, Spain. 177 p.
- [3] Faubert J., (25/09/2009) — *Flore des Bryophytes du Québec - Labrador- Les Anthocerotaceae Dumort-*
<http://www.floraquebeca.qc.ca/bryoweb>
- [4] Fraval A, Villemant C. La Mâamora et ses ennemis. Inra les dossiers de l'environnement 1997; 15: 133-46.
- [5] Jovet-AST, S., 1956 — *Hépatiques Marocaines II*. Bulletin de la Société des Sciences Naturelles et Physiques du Maroc, XXXVI, premier trimestre, p. 43-60.
- [6] Ros R.M., Mazimpaka V., Abou-Salama U., Aleffi M., Blockeel T.L., Brugués M., Cano M.J., Cros R.M., Dia M.G., Dirkse G.M., El Saadawi W., Erdağ A., Ganeva A., González-Mancebo J.M., Herrnstadt I., Khalil K., Kürschner H., Lanfranco E., Losada-Lima A., Refai M.S. & Söderström L. 2007- Hepatics and Anthocerotae of the Mediterranean, an annotated checklist. *Cryptogamie, Bryologie* 28: 351–437.
- [7] Smith A.J.E., 1990 — *The liverworts of Britain and Ireland*. Cambridge University Press, 392 p.
- [8] Watson E., 1981 — *British Mosses and Liverworts*. Cambridge, 3rd ed., 519 p.

DRECHSLERA AUSTRALIENSIS A NEW FOLIAR PARASITE OF MORUS SP. IN MOROCCO

Nadia Lamrani, Mohamed Chliyah, Rachid Benkirane, Amina Ouazzani Touhami, and Allal Douira

Université Ibn Tofail, Faculté des Sciences, Laboratoire de Botanique et de Protection des Plantes, B.P. 133, Kenitra, Maroc

Copyright © 2015 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: Surveys were realized in Kénitra city have allowed to observe brown to black lesions on leaves of *Morus* sp.; ornamental tree of some avenues in this city. This responsible agent was isolated and identified as *Drechslera australiensis*. Koch's postulate was verified that this pathogen showed the ability to infect healthy leaves of *Morus* sp.

KEYWORDS: *Morus* sp., lesions, *Drechslera australiensis*, Koch's postulate.

Mulberry (*Morus* sp.), is a species belongs to Moracea family; originally from Asia introduced since the antiquity in the Mediterranean region. This tree, 15 to 20 m high, is usually used in the urban environment for its capacity to support strong sizes and the shade it provides, despite the strong power of its messy drupes on floors [13]. It is cultivated in a cold temperate zones, one of the species that have become increasingly important during the past decade because of the possibility of extending their crops in areas with climate with mild winters, such as Mediterranean countries. It adapts perfectly to the agro-climatic conditions of Morocco.

It is of recent introduction, and is a great alternative to diversify fruit production in some regions including the Gharb and Loukkous. The distinction between varieties is based on the type of growth (erect, nearly straight, and spread), morphology of the stem (spiny or spineless) and characteristics of the fruit (floricane or primocane) [5].

Diseases have always been the main limiting factor for the production of quality in mulberry leaves. Given its perennial nature of culture and its extended climatic adaptability [10].

In this study, we proceeded to the determination of fungal parasites that attack the mulberry leaves and the relationship between symptoms and isolated fungi. In Morocco, no study has been done before to know the phytosanitary problems of this ornamental tree.

Some observations from in between June-July 2009, revealed that 60 to 70% *Morus* sp. showed leaf lesions. This lesion as well as encounter older leaves first appears young on the periphery and grows toward the center. They are circulars of 1 to 3 mm in diameter and brown to black (Fig. 1).

Analysis of the fungal population associated with these foliar injuries was performed with reference to the method of blotter test [2]. The leaves were washed with running water, cut into pieces and placed in sterile Petri dishes containing three pieces of paper (blotting) previously sterilized then humidified with sterile distilled water. The dishes were then incubated at 22° C under continuous light.

After 48 hours, the lesions were examined under a light microscope for searching the fungal fruiting bodies. Detected conidia were aseptically transferred one by one under the microscope, using a glass capillary stretched on the surface of an agar medium (Agar-agar: 15g, Distilled water: 1000 mL), then transferred using a sterile needle to the surface of the rice flour medium, favorable environment for growth and sporulation of many *Helminthosporium* [8].

The monosporale cultures prepared were incubated in the dark for 8 days and at 28°C for species identification. Five species were isolated and identified: *Drechslera australiensis*, *Fusarium oxysporum*, *Alternaria alternata*, *Epicoccum nigrum* and *Aspergillus* sp.

Drechslera australiensis, isolated from leaves lesions, presents a mycelium with a gray color to dark blackish brown (Fig. 1). On the host conidiophores are solitary, flexible, septate, reddish brown. Conidia are straight or cylindrical, circular ends of golden brown color, measuring 13-40 (18-33) x 6-11 (8-10) microns and with three septates (rarely 4 or 5 partitions). This description is identical to that was given by [4].

Koch's postulate was verified by inoculating Mulberry leaves, kept alive, with a *Drechslera australiensis* sporale suspension. Leaves with a healthy appearance were wiped and inoculated with a sporale suspension adjusted to a final concentration of 10^5 conidia /mL with sterile distilled water containing 0.05% of Tween 20 and 0.5 % of Gelatine. Inoculated leaves are placed in Petri dishes containing glass beads in the presence of sterile distilled water, and incubated under continuous white light at room temperature.

The lesions begin to develop 7 days after inoculation (Fig. 2). They are circular (1-2 mm), brown to black color. All formed sporulating lesions are formed and the number of conidia is of the order of 2×10^5 conidia / cm².

The evolution of the symptoms on the tree was also followed by visits over time. During the period of June-July 2009, all lesions are blackish brown. In November 2009, there was a fall leaves.

D. australiensis was never reported on *Morus* sp. Tree where other diseases have been reported. Systemic diseases such are caused by pathogens such as mycoplasma-like organisms, viruses, viroids, type fastidiosa bacteria and Spiroplasma attacking the xylem [9]. Among the mulberry leaf diseases, rust, induced *Cerotelium fici*, is a very severe disease, which causes loss of leaf yield of over 12%, while worsening the quality of the leaves, the only source of the worm food silk [7].

In Morocco, *D. australiensis* was isolated from seeds and from leaves of rice [1], from different vegetative organs of banana trees [6], from roots of the olive tree [3]. It is also a pathogenic agent of pineapple [11], barley (*Hordeum vulgare*), and of maize (*Zea mays*) [12].

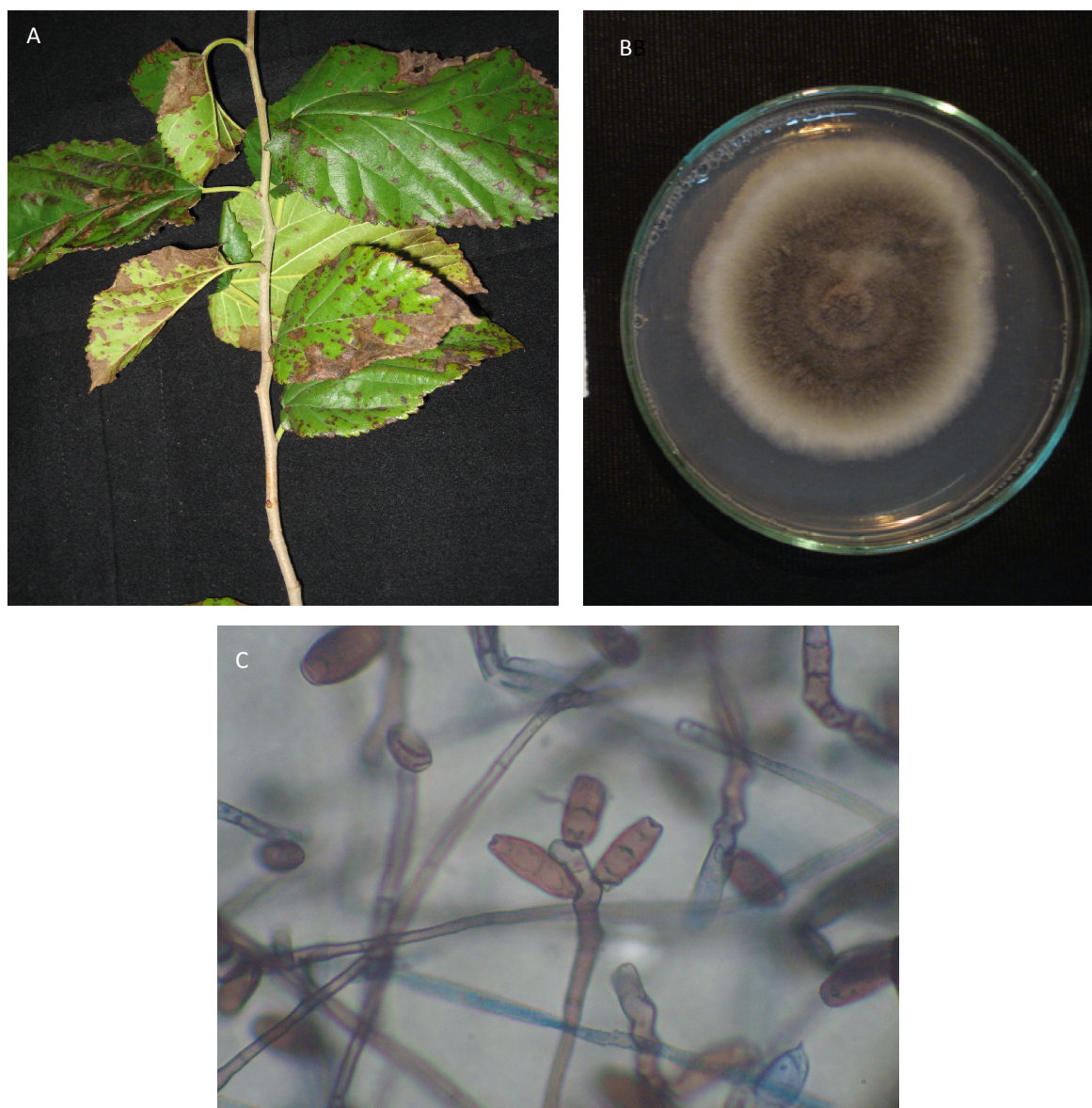


Figure 1: Lesions on leaves of Morus sp. (A), culture (B) and conidia (C) of Dreschlera australiensis



Figure 2: Developed lesions on leaves of *Morus sp.*, inoculated with the sporale suspension of *Drechslera australiensis*.

REFERENCES

- [1] Bahous, M. Ouazzani Touhami, A. and Douira, A. 2008. Survie de quelques pathogènes fongiques sur les feuilles de riz conservées au laboratoire. Bulletin de l'Institut Scientifique, section Sciences de la vie, Rabat, 30: 13-18.
- [2] Benkirane, R. 1995. Contribution à l'étude des maladies du riz au Maroc. Cas de la pyriculariose due à *Pyricularia oryzae*. Thèse de Doctorat de 3^{ème} cycle. Université Ibn Tofail, Faculté des Sciences, Kénitra, Maroc, pp 189.
- [3] Chliyeh, M. Rhimini, Y. Selmaoui, K. Ouazzani Touhami, A. Filali-Maltouf, A. El Modafar, C. Moukhli, A. Oukabli, A. Benkirane, R. and Douira, A. 2014. Survey of the Fungal Species Associated to Olive-tree (*Olea europaea* L.) in Morocco. Int. J. Rec. Biotech., 2 (2): 15-32.
- [4] Ellis, M.B. 1971. Dematiaceous Hyphomycetes. Commonwealth Mycological Institute, Kew, England, pp. 287.
- [5] Kenny, L. 2007. Les petits fruits au Maroc : Importance, exigences et techniques de culture. Fiche n°150, pp 1.
- [6] Meddah, N. Ouazzani Touhami, A. Benkirane, R. and Douira, A. 2007. Caractérisation de la mycoflore associée au bananier (*Musa accuminata* L.), variété Grande naine cultivée sous serre dans la région du Gharb (Maroc). Bulletin de l'Institut Scientifique, section Sciences de la vie, Rabat, 32 (1) : 1-11.
- [7] Nishitha, N.V. Sharma, D.D. Mala, V.R. Rekha, M. Govindalah, Gupta, V.P. 2008. Prediction of leaf rust disease in Mulberry for Timely Management, Sericologia, 48 (2): 95-206.
- [8] Ouazzani Touhami, A. Ennaffah, A. El Yachoui, M. and Douira, A. 2000. Pathogénie comparée de 4 espèces d'*Helminthosporium* obtenues à partir des plantes malades du riz au Maroc. J. Phytopathology, 148: 221-226.
- [9] Sharma, D.D. Chowdary, N.B. Nishitha, N.V. Mala, V.R. 2008. Systemic Diseases of Mulberry. Sericologia, 48(4): 327-348.
- [10] Sharma, D.D. Chowdary, N.B. Nishitha, N.V. Mala, V.R. Dandin, S.B. 2005. Blight diseases of mulberry (*Morus* spp.). Sericologia, 45 (3): 231-255.
- [11] Sharma, D.D. Singh, R. and Jain, A.C. 1981. Some new fungi recorded on pineapple. *Indian Phytopathol.*, 34: 245.
- [12] Sivanesam, A. 1987. Graminicolous species of *Bipolaris*, *Curvularia*, *Drechslera*, *Exserohilum* and their teleomorphs. Mycol. Pap., 158: 1-261.
- [13] Temani, Y. 2006. Le mûrier : *Morus* sp., « etoute ». El watan (23/4/2006), Algérie.

Visual Perceptual Abilities in Intellectually Disabled Children with and Without Attention Deficit Hyperactive Disorder

Sajida Anwer¹, Maria Akbar², Sbhat Liaqat³, Vijay Lal⁴, Karam Shair⁴, Hina Wahid Buksh³, and Hafiz Arslan Ali⁴

¹Clinical Psychologist at Nai Zindagi Hospital bhawalnagar, Pakistan

²VCCT Councillor at Nai Zindagi Hospital bhawalnagar, Pakistan

³M.Phil Scholar, Department of Applied Psychology, B.Z. University Multan, Pakistan

⁴M.Phil Scholar, Institute of Pure and Applied Biology, B.Z. University Multan, Pakistan

Copyright © 2015 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 conducted to find out the comparison between the visual perceptual ability of children with intellectual disability having ADHD problems and without having ADHD problem. On the bases of literature review it was hypothesized that visual perceptual ability will likely to be more disturb in children with intellectual disability co morbid ADHD problems as compare to 30 intellectual disable children without ADHD problems. A sample of 47 children already diagnosed in which 30 intellectual disable children co morbid ADHD and 17 intellectual disabled children without ADHD were selected from special school and hospitals of Karachi. Their age range from 6-10 years, and belongs to middle socioeconomic class. Draw A Person (DAP) test used to confirm the IQ to assess visual perceptual abilities was administered by Good enough (1926) was used for the IQ evaluation was used to assess the visual perceptual abilities. Bender Gestalt Test (BG) by Koppitz (1963) was administered. It was found that there was a significant difference in the visual perceptual ability in intellectually disabled (ID) children with Attention deficit disorder ADHD disorder then intellectual disabled without ADHD. (df =45 t= -5.517p<.000). Recommendations for future avenues are also suggested.

KEYWORDS: Visual Perceptual Abilities, Intellectual Disability, Attention Deficit Hyperactive Disorder.

1 INTRODUCTION

Visual perception refers to the process of interpreting and organizing visual information. Visual perception includes understanding what you see, identifying it, judging its importance and linking it to previously stored information visual perception relates to visual memory, this means for example recognizing words that you have seen previously and using the eyes and brain to form a mental picture of the words you see. (wikipedia, 2002).

1.1 1.1 COMMON AREAS OF DIFFICULTY AND SOME EDUCATIONAL IMPLICATIONS

This refers to the position of object in space. It also refers to the ability to accurately perceive objects in space with reference to other objects. Reading and math are two subjects where accurate perception and understating of spatial relationship are very important. Both of these subjects rely heavily on the use of symbols (letters, numbers, punctuation, math signs). Examples of how difficulty may interfere with learning are in being able to perceive words and numbers are separate units. directionally problems in reading and math, confusion of similarly shaped letters, such as b/d/p/q. this importance of being able to perceive objects in relation to other objects is often seen in math problems. To be successful, the person must be able to associate that certain digits go together to make single number (i.e.14). That others are single digit

numbers, that the operational signs (+, x, =) are distinct from the numbers, but demonstrate a relationship between the symbols. These activities presuppose an ability and understanding of spatial relationships.

Visual discrimination: This is the ability to differentiate objects based on their individual characteristics. Visual discrimination is vital in the recognition of common objects and symbols. Attributes which children use to identify are color, form, shape, pattern size and position. Visual discrimination also refers to the ability to recognize an object as a distinct from its surrounding environment. In terms of reading and mathematics, visual discrimination difficulties can interfere with the ability to accurately identify symbols, gain information from picture ,charts are be able to use the visually presented material in a productive way. The ability to recognize distinct shapes fro their background, such as objects in a picture, letters or chalkboard is largely a function of visual discrimination.

Visual closure: Visual closure is often considered to be a function of visual discrimination. This is the ability to identify or recognize a symbol or object when the entire object is not visible. Difficulty in visual closure can be seen in such school activities as when the young child is asked to identify, or complete a drawing of, a human face. This difficulty can be so extreme that even single missing facial features such as nose, eye, mouthy could render the face unrecognized by the child.

Object recognition (visual agnosia) : Many children are unable to visually recognize objects, which are familiar to them, or objects, which they can recognize through their other senses, such as, touch or smell. One school of thought about this difficulty is that it is based upon an inability to integrate or synthesize visual stimuli in to a recognizable whole. Another school of thought attributes this difficulty to a visual memory problem, whereby the person cannot retrieve the mental representation and the object itself. Educationally, this can interfere with child's ability to consistently recognize letters, numbers, symbols, words or pictures. This can obviously frustrate the learning process, as what is learned on one day may not be there, or not be available to the child, the next. In cases of partial agnosia, what is learned one day one forgotten one day two may be remembered again without difficulty one day three?

The Gestalt theory: The gestalt theory was based upon the numerous discoveries made by proponents of this approach. The Gestalt theorists strongly believed in the dynamic nature of perceiving and tendency for perception to tend towards coherent, meaning and simple solutions. The Gestalt demonstration of the emergent properties of stimulant interaction presents an important challenge to all future theories of visual perception. The decision of the Gestalt theorists to concentrate upon strong, reliable effects may provide a lesson for others who wish to make discoveries about perceptual system. Finally the phonological aspect of perception, which was such an important part of the Gestalt approach, is something that continuous to stimulate debate among contemporary theorists. (Gordon 2004).

1.2 INTELLECTUAL DISABILITIES

Term used for mental retardation (DSM- IV—TR, APA, 2000 p.41) This is a condition in which there is delay or deficiency in all aspects of development, i.e. there is global and noticeable deficiency in the development of motor, cognitive, social, and language functions. This is the commonest form of developmental disability. In many ways, intellectual disabilities are also representative of developmental disabilities in general, in its causation, nature, and care.

1.3 EMOTIONAL DEVELOPMENT

Erickson, (1950) expanded his focus to include other aspects of social experience in his theory of psychosocial development. He addressed the most important profound matters in all of our lives. The ability to trust others and on the world, autonomy and confidence in one's own skills, the discipline to apply ourselves and relational skills to share our lives with others. Erickson proclaimed I his theory that the landmark of health and adjustment equally important for all of us with and without intellectual disabilities.

1.4 COGNITIVE DEVELOPMENT

Piaget (1896-1980) describes four stages of cognitive growth, sensory motor, preoperational, concrete operational and formal. For Piaget, development proceeded from immediate, simple and concrete forms of thoughts to increasingly logical, complex and abstract form. Child thoughts in each stage are different. Aw new skills and thoughts patterns are developed, the old assumption usually must be abandoned. This process is naturally involves some temporary confusion and discomfort

Fletcher (2000) found that the psychiatric disorders are also common in p-people who have retardation, effecting as many as 20 percent to 35 percent of that population.

People with intellectual disabilities may have higher incident of behavioral problems, including aggression, withdrawal, and other inappropriate behaviors (Dudley, Ahlgrim & Calhoun, 1999).

1.5 VISION AND ORAL HEALTH NEEDS OF INDIVIDUALS WITH INTELLECTUAL DISABILITY

Over the past 20 years there has been a n increased emphasis on health promotion, including prevention activities related to vision and oral health, for general population not for individual with intellectual disability (ID). Owens & Kerker (2005) presented a rationale for the increased prevalence of these conditions in the context of service utilization, and examines the limitation of the available research. Available data revealed a wide range of prevalence estimates for vision problem and oral health conditions but all suggest that these are more prevalent among individual with ID compared with the general population, and disparities exist in the receipt of preventive and early treatment for these conditions for individuals with ID compared with the general population, and disparities exist in the receipt of preventive and early treatment of these conditions for these conditions for individual with ID.

1.6 ATTENTION DEFICIT HYPERACTIVE (ADHD)

ADHD is a common behavioral disorder that affects an estimated 8% to 10% of school-age children. Boys are about three times more likely than girls to be diagnosed with it, though it's not yet understood why. Children with ADHD act without thinking, are hyperactive, and have trouble focusing. They may understand what's expected of them but have trouble following through because they can't sit still, pay attention, or attend to details

ADHD used to be known as "attention deficit disorder", in (Gilliam 1994), it was renamed ADHD and broken down into three subtypes, each with its own pattern of behaviors:

An inattentive type: with signs that include:

- inability to pay attention to details or a tendency to make careless errors in schoolwork
- difficulty with sustained attention in tasks or play activities
- apparent listening problems
- difficulty following instructions
- problems with organization
- avoidance or dislike of tasks that require mental effort
- tendency to lose things like toys, notebooks, or homework
- distractibility
- forgetfulness in daily activities

A hyperactive-impulsive type: with signs that include

- fidgeting or squirming
- difficulty remaining seated
- excessive running or climbing
- difficulty playing quietly
- always seeming to be "on the go"
- excessive talking
- blurting out answers before hearing the full question
- difficulty waiting for a turn or in line
- problems with interrupting or intruding (Berkley 1981)

People with ADHD find it difficult then others to manage their time due to attention problems inducing them to lack focus on the task in hand. Time pass quickly when their attention is slipped, they became easily distracted and may start to daydream. (Susan Young & Jessica Bramham, 2007).

1.7 PROBLEM SOLVING DIFFICULTIES

Failure in inhibitory control when confronted with the problem may lead to an individual with ADHD to response before the optimal solution has been generated a difficulty in delaying gratification may also leads ADHD adults to opt for a short cut. For individual with ADHD their problem solving abilities are often affected by executive functioning difficulties e.g. a

difficulty in organizing and sequencing the information. Their problem solving abilities are hindered by core cognitive impairments, such as deficit in response inhibition, working memory and attention. (Young & Bramham, 2007).

1.8 COMMON MEMORY PROBLEMS IN ADHD

Misplacing things, e.g. forgetting where they have put their glasses, keys, forgetting appointments, deadlines and activities that need to be done in the future. Losing time not attending the time passing, or having the distorted sense of time resulting in them being late and not knowing where time has gone. Forgetting instruction, if someone tries to explain how to do a task they have to slow down and repeat it a number of times. (Young & Bramham, 2007)

1.9 VISUAL PERCEPTUAL ABILITIES IN INTELLECTUALLY DISABLED CHILDREN AND CHILDREN WITH CO MORBID ADHD PROBLEMS

There are several researches that showed disturbed visual perceptual abilities in intellectual disabled, children with cerebral palsy and Down syndrome with and without ADHD problems. Semrud-Clikeman and Schafer (2008) conducted a research on **80** children with the presence or absence of hyperactive—impulsive behaviors. They were administered a battery of tests to determine whether the groups differed in their visual perceptual skills and fluid reasoning abilities. Their findings showed that the groups with poor^{social} perception significantly differed from groups with intact social perception on the Rey-O and Fluid Reasoning but not on the Judgment of Line Orientation or the Developmental Test of Visual Motor Integration. It was further indicated that a subgroup of children with ADHD demonstrated poor social perception skills and accompanying deficits in complex visual perception and fluid reasoning.

Di Blasi, Elia, Buono and Ramakers(2007) conducted study to supports that the neurobiological hypothesis supports the relevance of studying visual-perceptual and visual-motor skills in relation to cognitive abilities in intellectual disabilities because the defective intellectual functioning in intellectual disabilities is not restricted to higher cognitive functions but also to more basic functions. The sample was 102 children 6 to 16 years old and with different severities of intellectual disabilities. Children were administered the Wechsler Intelligence Scale for Children, the Bender Visual Motor Gestalt Test, and the Developmental Test of Visual Perception, and data were also analyzed according to the presence or absence of organic anomalies, which are etiologically relevant for mental disabilities. Children with intellectual disabilities had deficits in perceptual organization which correlated with the severity of intellectual disabilities. Higher correlations between the spatial subtests of the Developmental Test of Visual Perception and the Performance subtests of the Wechsler Intelligence Scale for Children suggested that the spatial skills and cognitive performance may have a similar basis in information processing

Previously, Kozeis and Anogeianaki (2005) investigated visual function and perception in cerebral palsied (CP) children and their findings are:In the absence of severe mental retardation, CP children have deficient visual skills. It is suggested that the poor visual skills of CP children are a separate, identifiable factor compounding the adverse effects of mental retardation.

Shin, Kim & Kim (2003) examined the performance of Korean children diagnosed with attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD), learning disorder, ADHD with learning disorder, and tic disorder on the Rey-Osterreith Complex Figure. The clinical group consisted of 57 children between the ages of 6 and 13 years (15 with ADHD, 13 with learning disorder, 15 with ADHD + learning disorder, and 15 with tic disorder), and the control group included 20 children recruited from an elementary school. Rey-Osterreith Complex Figure productions were scored according to the Developmental Scoring System. The children in the control group showed a clear developmental trend—organization score increasing with age—that was similar to the performance of American children. No such age-related effect was found in the three clinical groups. The organization scores of the children with ADHD were lower than those of other groups, suggesting an organizational deficit in ADHD. Performance on the immediate recall condition was poorest in the tic disorder and ADHD + learning disorder groups, suggesting the presence of nonverbal memory problems in those groups.

Jacobsen, Magnusson and Smith (1997) conducted a study to found that the Hidden visual capabilities in mentally retarded subjects diagnosed as deaf—blind The visual acuity of twelve multi-handicapped, mentally retarded subjects, diagnosed as deaf-blind, was measured on two occasions with the Teller Acuity Cards (TAC). Eight subjects scored above the criterion for legally blind and the results of six of these indicated various degrees of poor to approaching-normal eyesight. To evaluate high-level vision four subjects were tested with the Fagan Test, assessing visual recognition memory for faces subsequent to familiarization with the preferential looking technique. The results for three subjects showed evidence for perceptual recognition. It is concluded that TAC combined with the Fagan Test may detect perceptual capacities unnoticed by clinical observation

Jaun and Jean (1991) compared the performances of 28 cerebral palsied, 19 mentally retarded, and 30 normal children between the ages of 8 and 16 years on measures of four components of visual perception: figure-ground relationships, form

constancy, spatial position, and spatial relationships. The figure-ground component was tested tachistoscopically the components of form constancy and spatial positions were tested by means of the Developmental Test of Visual Perception; and spatial relations was tested by requiring each child to reproduce a geometrical pegboard design. Results showed that the cerebral palsied and mentally retarded Ss scored more poorly than normal children in each of the four visual perception components and that the cerebral palsied showed less ability in visual perception tasks than the mentally retarded. Findings supported the hypothesis that the components of visual perception are impaired in the cerebral palsied child.

Deutsch, Dube & McIlvane (2008) they provide a review of diagnostic controversies in ADHD with IDD, and discuss several topics that are currently attracting research efforts in this field. These include behavioral phenotype and attempts to come to grip with problems of behavioral and etiological heterogeneity. They considered issues related to methodologically sound assessment of attention disorders and evidence based intervention procedures that may clarify and meliorate attention deficit in individual with ADD.

Pitetti, Beets & Combs (2009) conducted a study to evaluate physical activity patterns of children with ID during three school settings: adapted physical education moderate-to-vigorous physical activity (MVPA) on most days of the week. Little is known about the activity level of school-age children with intellectual disabilities (ID). They found that through allocation of time for APE and RE, coupled with programming designed to maximize activity opportunities, students with ID can achieve recommended levels of MVPA.

Ruedrich, Dunn, Schwartz & Nordgren (2007) evaluated the confidence and willingness of resident graduates to treat individuals with intellectual disability (ID), following a residency rotation in developmental disability and found that the Psychiatric graduates appear to value specialized education and experience in working with ID patients during residency, and feel more confident as a result. In spite of this, the majority of resident graduates did not identify ID training or expertise to their practice community, or choose to work with ID patients following residency.

1.10 RATIONALE OF THE STUDY

The main aim of the study is to investigate the visual perceptual abilities in children with special need. As this area is not well documented in our culture. There is need to rule out the differences of visual perception between children with intellectual disabilities (ID) having Attention Deficit Hyperactive Disorder (ADHD) problems and without ADHD problems. As noted in literature review that hyperactivity, inattention and impulsivity has an effect on visual perception. The findings of the research will be beneficial for psychologist in understanding the level of perceptual abilities of those children. That will further help in making treatment plans and rehabilitation activities in future. In the light of above mentioned literature review following hypothesis was framed.

1.11 HYPOTHESIS

Visual perceptual abilities will be more disturbed in intellectually disabled children (ID) co morbid Attention Deficit Hyperactive Disorder (ADHD) as compared to with intellectual disabled children without Attention Deficit Hyperactive Disorder (ADHD).

2 METHODOLOGY

2.1 SAMPLE

A sample of 47 children with intellectual disability was selected taken from different especial school and hospitals of Karachi; they were further divided in to two equal groups; 30 children with intellectual disability with ADHD and 17 intellectual disabled children without ADHD. Their age ranged from 6-10 years. The whole sample was already diagnosis by the respective psychologists and psychiatrists who help in the selection.

2.2 RESEARCH DESIGN

Comparative study

Children with intellectual disability

(N = 30)

Children with intellectual disability with ADHD

(N =17)

Administration of

1. Bender Gestalt Test (Koppitz 1963)
2. Draw –A- person Test ([Good Enough](#) 1926)

2.3 MEASURES

Draw-a-person test: Developed originally by [Good enough](#) in 1926, this test was first known as the Good enough Draw-A-Man tests. The test can be used to calculate the IQ. It is comprised by 18 items. Its scoring age is 3-13 years.

Test administration involves the administrator requesting children to complete individual drawing on a piece of paper (i.e. 8) Children are asked to human figure drawing drawing. No further instructions are given and the child is free to make the drawing in whichever way he/she would like. There is no right or wrong type of drawing, although the child must make a drawing of a whole person each time - i.e. head to feet, not just the face. The test has no time limit; however, children rarely take longer than about 10 or 15 minutes to complete all three drawings. Harris's book (1963) provides scoring scales which are used to examine and score the child's drawings. The test is completely non-invasive and non-threatening to children - which is part of its appeal. The purpose of the test is to assist professionals in inferring children's cognitive developmental levels with little or no influence of other factors such as language barriers or special needs. Any other uses of the test are merely projective and are not.

Bender gestalt test: Koppitz (1963) The Bender Gestalt Test, or the Bender Visual Motor Gestalt Test, is a psychological assessment instrument used to evaluate visual-motor functioning and visual perception skills in both children and adults. Scores on the test are used to identify possible organic brain damage and the degree maturation of the nervous system. The Bender Gestalt was developed by psychiatrist Lauretta Bender in the late nineteenth century.

The Bender Gestalt Test lends itself to several variations in administration. One method requires that the examinee view each card for five seconds, after which the card is removed. The examinee draws the figure from memory. Another variation involves having the examinee draw the figures by following the standard procedure. The examinee is then given a clean sheet of paper and asked to draw as many figures as he or she can recall. Last, the test is given to a group, rather than to an individual (standard administration). It should be noted that these variations were not part of the original test. (Grune & Stratton 1985)

2.4 RELIABILITY

The results involving the Bender-Gestalt Test with young children reveal inter-scorer reliability to be very high with correlations of .90 and above. Test-retest reliability coefficients with children range from a low of about .50 with kindergarten children measured 8 months apart to .90 and above. Test-retest reliability coefficients with children range from a low of about .50 with kindergarten children measured 8 months apart to .90 with the same age group measured two weeks apart. The majorities of more than 20 different reliability studies reported by Koppitz reveal correlation coefficients in the .80+ range and suggest that normal elementary school children show relatively stable patterns of Bender-Gestalt Test scores from one administration to the next. (Piotrowski, 1995).

2.5 PROCEDURE

In order to conduct the research and collect the data different especial education institute, rehabilitation centers and hospitals of Karachi were visited according to the study. A letter of consent describing the research project was provided to the concerned authorities, meetings was conducting with the head of departments in order to take permission, the purpose

of the study was described in details, after getting the permission the participants and their teachers were approached, then they also brief about the purpose of research and consent was taken. All ready diagnosed cases of mild and moderate intellectually disabled children with and without ADHD were selected purposefully.

Initially the researcher was established a rapport with the teachers and told them the purpose of the study in order to get required sample that is 30 mild and moderate intellectual disabled children without ADHD and 30 intellectually disabled with ADHD. However there was a difficulty in approaching this sample in special schools, then the sample was reduced to 17 intellectually disabled children with ADHD that was available. The diagnosis of intellectually disabled children was further confirm by the administration of Draw a Person Test (DAP) by Good Enough (1926) on all participants. However, ADHD problems in intellectually disabled children were already diagnosed by the psychiatrists. Most of cases of intellectually disabled children with ADHD were taken from NICH, Karachi. After the selection of sample, the Bender Gestalt Test (BG) would be administered to find out the visual perceptual ability of special children.

2.6 SCORING AND STATISTICAL ANALYSIS

Scoring of Draw A Person Test was done by Good enough method and IQ scores were derived by applying the formula $IQ = \text{mental age} / \text{chronological age} \times 100$. While the scoring of bender Gestalt test was done according to the method off given by kopplitz (1963) and raw scores were take for further analysis, t-test for independence mean was computed by SPSS (statistical package of social sciences version 12.0).

2.7 OPERATIONAL DEFINITION

Intellectual disability (ID): Intellectual disability is defined by American Psychological Association (APA, 2000) intellectually disabled are those children who have low intelligence in comparison with normal children. E.g. 70 and below IQ level. This is a condition in which there is delay or deficiency in all aspects of development, i.e. there is global and noticeable deficiency in the development of motor, cognitive, social, and language functions.

Attention deficit hyperactive disorder (ADHD): According to the American psychiatric association (1994). The essential features of Attention Deficit/Hyperactivity disorder is a persistent pattern of inattention, impulsivity, and hyperactivity that is more frequent and sever then is typically in individuals at a comparable level of development.

Inattention: Inability to pay attention to details or a tendency to make careless errors in schoolwork or other activities

Hyperactivity:

- Excessive talking
- Blurting out answers before hearing the full question (Berkley 1981)

Impulsivity: Assess the problem of inhibiting the behavior and delaying making a response, e.g. Act before thinking.

3 RESULT

Present study was conducted to find out the visual perceptual ability in special children, from the literature review of the different educational institutes of the world it has been observed that the Intellectually Disabled children with the Attention Deficit Hyperactive disorder is more disturbed rather than the children who does not have other problem, except intellectually disabled. Many researches indicates that the perception ability play an important role in the performance of special children. A visual processing or perceptual disorder refers to a hindered ability to make sense of information taken in through the eyes. This is different from problem solving sight or sharpness of vision. Difficulty with visual processing affects how visual information is interpreted or processed by the brain. When these ability is not developed according to the age and capacities of individual they tend to have the chances of become performance a low level because the ability to integrate the things that were perceived by vision is need to be processed well and accurately. Individual with low IQ must have capacity to learn about the copying, drawing and other practical skills but their behavioral problems such as hyperactivity and inattention effects this learning or performance ability negatively. If they have co morbid Attention Deficit Hyperactive Disorder, it became more so disturbance, hence the investigation in this specific area of nuro psychologist gain importance. These findings would be helped for diagnosis special structure and psychiatric for making screening and diagnosis. Considering all these issues the visual perceptual disturbance in especial children, the present study was designed. The results are consisted with the researches done in other institutes of the world.

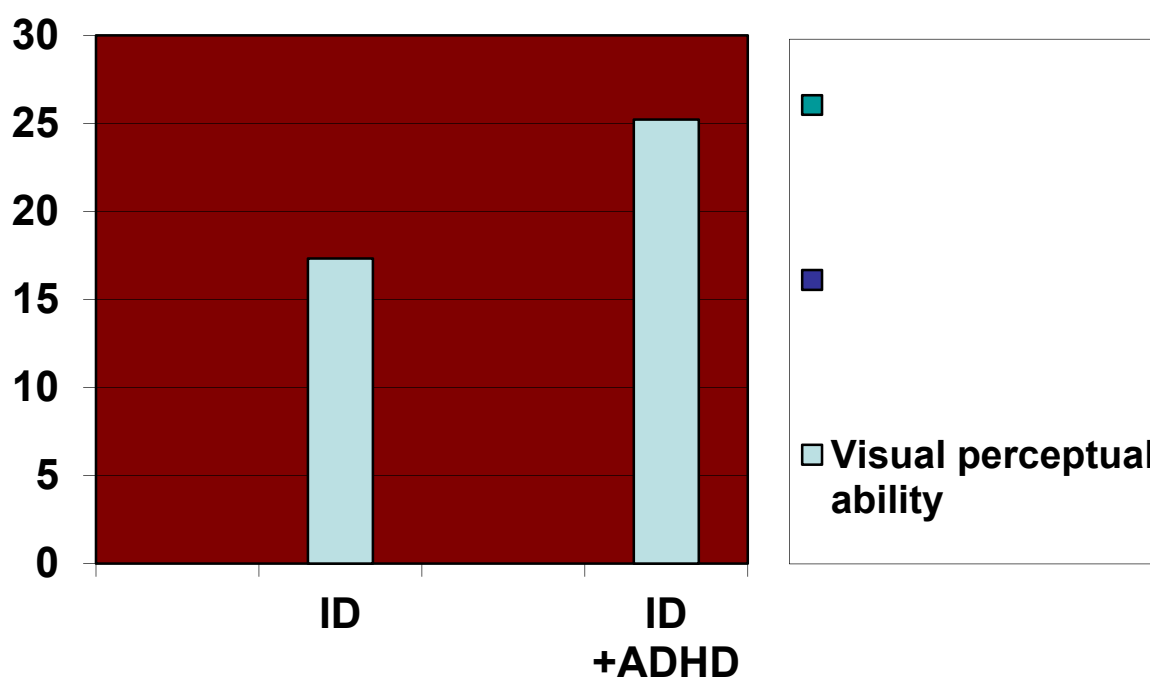
Table 1. Mean scores of visual perceptual ability of children with Intellectual Disability (ID) with and without Attention deficit hyperactive disorder (ADHD)

Groups	N	M	SD	SEM	t	Level Of sig.
Children with ID	30	17.33	4.89	.89	-5.517	p< .000
Children with ID and ADHD	17	25.23	4.38	1.06		

Table 1 showed when children with intellectual disability co morbid Attention Deficit Hyperactive Disorder is statistically ($P<.000$) more disturbance in visual perceptual area as compare to intellectually disabled children without ADHD.

Graph

Showing that the visual perception ability is more disturbed in intellectually disabled children with ADHD problems.



Graph A showed the mean score at Bender Gestalt Test by children with intellectually disabled with and without ADHD.

4 DISCUSSION

Intellectual disability is not a disease or illness but it is a group of recognized characteristics. People throughout history has noticed that some individual did not appear to learn, solve problems, developed language and otherwise behave at the level or in the manners that was expected at time. (Harnadek, 1991).

Specific personality and behavioral features are uniquely associated with intellectual disability. Some individual with intellectually disabled are passive and dependent and some others are aggressive and impulsive. Such cases are higher in almost all countries of the world and studies have been done over this sensitive area of population of our society. It is a standard way to understand a child with intellectually disabled when there is significantly below average intelligence and prominent impairment in their adaptive functioning, but there are some other factors of such individual are the focus of attention. They can be neglect persons; have depressed mood, irritability and feelings of insecurity with the present environment.

The most common associated intellectual disability is Attention Deficit Hyperactive Disorder (ADHD). The individual often has double diagnosis reflect a unique pattern if poor performance and behavioral disturbances. Such children are highly

disturbed in integrating the perceived things, recognizing and differentiation among objects. Each individual has their own unique strengths and weaknesses. I believe that in life, we all need to learn to improve our weak areas to an acceptable standard, compensate for them where necessary while focusing on, developing and enjoying our strengths and talents.

The individual who are intellectually disabled and as well as behavioral problems such as impulsivity, attention and hyperactivity are failed to problems such as impulsivity, attention and hyperactivity are failed to achieve the all potential in the areas of attention, copying and joining the presented stimuli. These individual have ability to perceive well and recognizes the stimuli in the present environment but they cannot recognized and interpret well because the children with ADHD act without thinking, are hyperactive, and have trouble focusing. They may understand what's expected of them but have trouble following through because they can't sit still, pay attention, or attend to details.

On the Bender Gestalt Test the intellectually disabled children with ADHD showed poor 3performance. The children have higher raw scores on test then the intellectual disable children without ADHD problems. The Bender Gestalt Test is used to evaluate visual maturity, visual motor integration skills, style of responding, and reaction to frustration, ability to correct mistakes, planning and organizational skills, and motivation. Copying figures requires fine motor skills, the ability to discriminate between visual stimuli, the capacity to integrate visual skills with motor skills, and the ability to shift attention from the original design to what is being drawn.

The above results that are shown in the table and graph are rightly proved the hypothesis that the visual perceptual abilities are more disturbed in intellectually disabled children with ADHD problems. Such children do not pay attention to the presented stimulus such as the test cards they were asked to copy and they understand that what they have to do but their impulsivity constantly shift their attention towards the other things in the environment and their low intelligence play a negative role. They failed to understand what they have to do. They started to copy the designs but did not focused on it and one thing more that are observed that these children refuses to copy the material and in order to quit the situation they complained that they cannot make anything, their higher energy level does no allow them to do a specific task at one time. They started to copy the design and tried to draw the proper pattern but they have no control over their behavioral. Rapport building is most necessary in order to make them to do test

5 LIMITATION AND RECOMMENDATION

In the present research it is tried to see all the related issues which can be included but instead there are many issues that are still untouched it is guided to work further on these areas in the new researches.

- This study was conducted on intellectually disabled children with and without attention deficit hyperactive disorder; further studies should also be done on the autistic children with behavior problems.
- The selection of educational institutes was good but the absence of a professional psychologist in the special centers created difficulty to select the children with behavioral problems. Their teachers were well trained in teaching education but lack of knowledge in identifies the behavioral issues and their modification.
- The performance is lack in children with ADHD problems is also sever due to lack of their exposure with paper pencil work and strict behavior of children and their parents due to lack of understanding.
- Further studies should also be conducted on the related variables such as school grade and gender differences.
- The size of sample should be decreased in the further studies if it will conduct on the same sample.
- The affects of school and center environment and the socioeconomic status of parents also effects on the achievements and performance qualities if special children.

REFERENCES

- [1] American Psychological Association. (1970). Psychology and mental retardation. *Amer .psychol*, 25,267-68. In C.R. Carson, N.J., Butcher, S.Mineka, (1998). *Abnormal Psychology and modern life*. (10th ed).Boston, London, p
- [2] Deutsch, c.k , Dube w.k & McIlvane (2008) attention deficit hyperactivity disorder, and intellectual disabilities, *journal of : ADHD and modifiers of the syndrome: influence on educational outcomes*.14, pp 285-292. Retrieved on 10th July, 2009 from <http://www.interscience.wiley.com>
- [3] Di Blasi, Elias& Buono (2007). Relationships between visual-motor and cognitive abilities in Intellectual disabilities *Journal of perception motor skill* Vol, no.104, pp 763-72. United States Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez>
- [4] Drowatzky, John.& Lehman, Jean (1991). Visual Perception Differences in Cerebral Palsied, Mentally Retarded and Normal Children. *The journal of law and education* Retrieved from <http://www.eric.ed.gov> on 25th March, 2009

- [5] Dudley, Ahlgrim & Calhoun, (1999). In crane (1999). Diverse diagnostic and behavioral patterns amongst people with dual diagnosis. *Journal of intellectual disability research*, 43(2), pp70-79.
- [6] Erickson (1950). Childhood and society. In crane (2002). Mental retardation: a community approach, Wardsworth/Thomson Learning 10 Davis Drive Belmont USA, P.28.
- [7] Fletcher, R. (2000). Information on mental health aspects of mental retardation and dual diagnosis. In crane (2002) mental retardation: a community approach. P 131 Canada USA.
- [8] Gilliam, E.J. (1995). *Attention- deficit/ hyperactive disorder; A method of identifying individual with ADHD*, Examiner's Manual. ROR – ED INC8700 School Creek Boulevard Autism, Texas.
- [9] Good Enough F.L. (1905). *Measurement of intelligence by drawing*. L. M. Terman (Edi). World Book Company, New York
- [10] Grune & Stratton (1985). Hutt, M. L. *The Hutt Adaptation of the Bender Gestalt Test*. New York:;
- [11] Karl Jacobsen, Svein Magnussen and Lars Smith (1997), Hidden visual capabilities in mentally retarded *Journal of Vision Research Volume 37, Pages 2931-2935*. Published by Elsevier Ltd.
Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science> on March 28th, 2009.
- [12] Kozeis .N, And Angavanakis (2005), investigate visual function and perception in cerebral palsied (CP) children *Journal of Visual and visual perception in cerebral palsied children* retrieved from <http://www.nkozeis@med.auth.gr> on: 4 February, 2009
- [13] Koppitz, (1963). *The Bender Gestalt Test for young children*. Grune & Stratton, New York..
- [14] Koppitz, (1959). *Teacher's attitudes & Children, s performance on the Bender Gestalt Test & Human Figure Drawing*: J. Élan
- [15] Owens P.L & Bonnie D. Kerker (2005). Vision and oral health needs of individual with intellectual disability. *Journal of intellectual disability* Vol 10 (11) pp1130-1741.
Retrieved from <http://www.interscience.wiley.com/journal/118568200/abstract>
- [16] Pitetti K, Beets M & Cindy Combs (2009). . Physical Activity Levels of Children with Intellectual Disabilities during School, Retrieved on 27th Oct, 2009 from <http://www.medscape.com/viewarticle/706817>.
- [17] Richard. H.P., Alexandra B, Dave D, & Christopher (2005). Symptoms of ADHD and Their Correlates in Children with Intellectual Disabilities. *Journal of Developmental Disabilities*, 26 (5) pp 456-468
Retrieved from <http://www.eric.ed.gov/ERICWebPortal/custom/portlets/recordDetails/detailmini.jsp>
- [18] Ruedrich S, Dunn J, Schwartz S, & Nordgren (2007). Psychiatric Resident Education in Intellectual Disabilities, *Journal of Acad Psychiatry* 31, PP430-434. Retrieved from <http://ap.psychiatryonline.org/cgi/content/full/31/6/430>
- [19] Shin, Kim & Kim. (2003) Neuropsychologic Characteristics of Children with Attention-Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD), Learning Disorder, and Tic Disorder on the Rey-Osterreith Complex Figure. *Journal of Child Neurology*, Vol. 18, (12), 835-844 Retrieved from <http://jcn.sagepub.com/cgi/content/abstract/18/12/835> in April 2009.
- [20] Young & Barmham, (2007). ADHD in adults: a psychological guide to practice John Wiley & sons Ltd. England.

Determination of Groundwater Potential in the Permanent site of University of Abuja, FCT, Nigeria

EMMANUEL O. OJO, ABRAHAM ADELOWO, and ENOCK AMAO

Department of Science Infrastructure, National Agency for Science and Engineering Infrastructure (NASENI),
P.M.B 391, Garki, Abuja, Nigeria

Copyright © 2015 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study was carried out with the aim of demonstrating the application of vertical electrical sounding (VES) method of investigation in the exploration for groundwater in University of Abuja, Permanent Site and Environs. A total of 12 VES points were probed in the area with AB/2 of 1 – 250m and covering a total area of 6.75km². ABEM SAS 300c tarrameter was used to generate the data using schlumberger array method. The data was interpreted using computer iteration methods (IPI2Win). Isoresistivity of topsoil, isoresistivity of weathered layer, isoresistivity of basement, weathered layer thickness and a 3-D of weathered layer thickness were also generated using surfer software. The result reveals five curve types (A, H, HA, HK and QH) and it shows variation in the layers available in the study area, some with four geo – electric layers: top soil, lateritic clay, weathered basement and fractured/fresh basement while some with three geo-electric layer: topsoil, weathered and fractured/fresh basements. It also shows variation in the groundwater potentiality of the study area i.e. good (VES 1, 5, 7, 9), moderate (VES 2, 4, 6, 8, 11, 12) and low (VES 3, 10). The good potential area is suggested for drilling of boreholes.

KEYWORDS: Groundwater potential, vertical electrical sounding, University of Abuja.

INTRODUCTION

Next to air, the most critical natural resource for life on earth is water. Fortunately, this water has been gifted by nature in bounteous proportion with its quality of transformation through perennial hydro geological evaporation, condensation, and precipitation. With the population explosion, increasing tempo of industrialization, and agricultural growth, the demands on the potable water supply have increased beyond our perception. It is within our comprehension that surface water is unable to cope with the ever increasing demands and the only alternative source of perennial water supply is groundwater. In order to pursue large scale development of groundwater it is essential to have a reliable estimate of groundwater potential [7].

In many developed and developing countries there is not only a heavy reliance on ground water as a primary drinking supply but also as a supply of water for both agriculture and industrial use. The reliance on groundwater is such that it is necessary to ensure that there are significant quantities of water and that the water is of a high quality. The use of geophysics for both groundwater resource mapping and for water quality evaluations has increased dramatically over the last 10 years in large part due to the rapid advances in microprocessors and associated numerical modeling solutions. The principal source of groundwater is meteoric water, that is, precipitation. However, two other sources are occasionally of some consequence.

These are juvenile water and connate water. The former is derived from magmatic sources, whereas the latter represents the water in which sediments are deposited. Connate water is trapped in the pore spaces of sedimentary rocks as they are formed and has not been expelled.

The amount of water that infiltrates into the ground depends on how precipitation is dispersed, namely, on the proportions that are assigned to immediate run-off and to evapotranspiration, the remainder constituting the proportion allotted to infiltration/percolation. Infiltration refers to the seepage of surface water into the ground, percolation being its subsequent movement, under the influence of gravity, to the zone of saturation. In reality, one cannot be separated from the other. The infiltration capacity is influenced by the rate at which rainfall occurs (which also affects the quantity of water available), the vegetation cover, the porosity of the soils and rocks, their initial moisture content and the position of the zone of saturation. The retention of water in soil depends on the capillary force and the molecular attraction of the particles. As the pores in the soil become thoroughly wetted, the capillary force declines, so that gravity becomes more effective. In this way, downward percolation can continue after infiltration has ceased but the capillarity increases in importance as the soil dries. No further percolation occurs after the capillary and gravity forces are balanced. Thus, water percolates into the zone of saturation when the retention capacity is satisfied. This means that the rains that occur after the deficiency of soil moisture has been catered for are those that count as far as supplementing groundwater is concerned. The water in the zone of aeration is referred to as vadose water. This zone is divided into three subzones, those of soil water, the intermediate belt and the capillary fringe. The uppermost or soil water belt discharges water into the atmosphere in perceptible quantities by evapotranspiration. In the capillary fringe, this occurs immediately above the water table, water is held in the pores by capillary action. An immediate belt occurs when the water table is far enough below the surface for the soil water belt not to extend down to the capillary fringe. The degree of saturation decreases from the water table upwards. An aquifer is the term given to a rock or soil mass that not only contains water but from which water can be abstracted readily in significant quantities. The ability of an aquifer to transmit water is governed by its permeability. By contrast, a formation with permeability of less than 10^{-9} ms^{-1} is one that, in engineering terms, is regarded as impermeable and is referred to as an aquiclude.

For example, clays and shales are aquicludes. Even when such rocks are saturated, they tend to impede the flow of water through stratal sequences. An aquitard is a formation that transmits water at a very slow rate but that, over a large area of contact, may permit the passage of large amounts of water between adjacent aquifers that it separates.

1.1 OBJECTIVE OF THE PRESENT STUDY

The primary objective of the present study is to apply electrical resistivity method in the quantitative assessment of groundwater potential. From the combination of the resistivity techniques used in the field, processing and interpretation of the field data using computer software, this study aims to investigate the following aspects:

1. Locating and identifying potential water bearing zones in the area.
2. Investigating the hydrogeology of the area by geophysical determination of the thickness of the aquifer.

1.2 GEOLOGICAL SETTING OF THE STUDY AREA

The study area, the Permanent site of University of Abuja is located in FCT, Abuja, Nigeria. It lies within latitudes 8.95780°N to 8.98752°N and longitudes 7.1758°E to 7.2365°E [26].

The geology of the area is generally the crystalline basement rocks. Older granite mainly porphyroblastic granite and migmatite, porphyritic granite, granite gneiss, biotite gneiss and pockets of medium-grained biotite and biotite hornblende granite constitute the dominants rocks in the area. Generally, only small amount of water can be obtained in freshly unweathered bedrock below the weathered layers.

Groundwater is found mainly in the variable weathered/transition zone and in fractures, joints and cracks of crystalline basement. Fissure systems in Nigeria rarely extend beyond 50m, as evident by available drilling data. The local water table is controlled by textural and compositional changes within the regolith vertical profile and the bedrock topography [39]

2 FIELD PROCEDURES

Field investigation was conducted for each of sounding points. Each of the VES has 1 – 250m spread out as its sounding points and the interval distance between the VES points varies from 500m to 1500m depending on the geological outcrops. The entire field work was carried out between 11th and 14th of February 2012, before the beginning of the rainy season.

3 DATA COLLECTIONS AND INTERPRETATIONS

ABEM Terrameter SAS 300c was used for data gathering at the field. It is made in such a way that it uses the potential difference as well as the current sent into the ground to automatically compute the resistance of the subsurface at any given point, for a particular set of electrode configurations. The instrument is programmed in such that it filters self potentials and noise from incoming signals, so that the output is actually the true resistance of subsurface, which can be used, with appropriate formulae, in the calculation of the apparent resistivity of the subsurface in ohmmeter. ABEM Terrameter SAS 300c usually comes with self rechargeable battery, four electrodes, cables, hammer, crocodile clips and measuring tapes.

Schlumberger configuration was employed in the data gathering process which is called VES (vertical electrical sounding) [18],[23],[28],[35],[38]. Twelve VES was acquired from the study area (6.75km^2) and with aid of computer software (IPI2Win), the below graphs were obtained (fig 3.1 – 3.12).

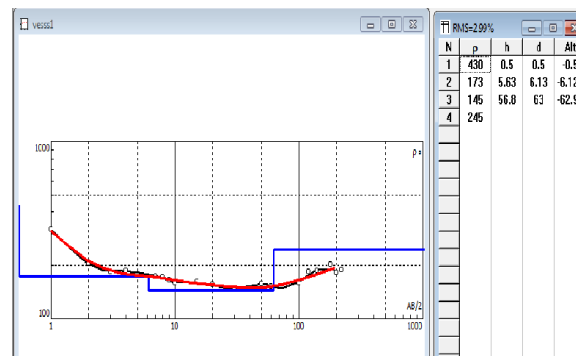


Fig. 3.1 Ves one

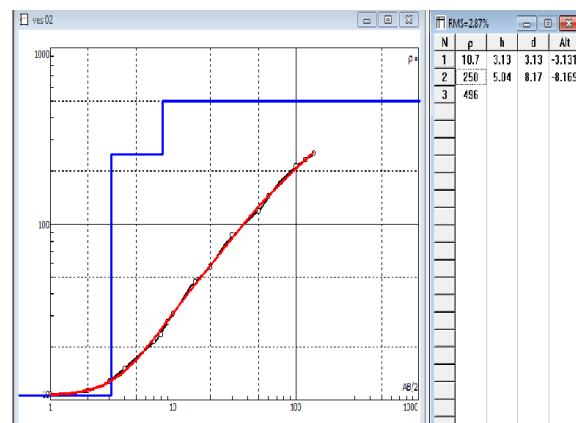


Fig. 3.2 VES two

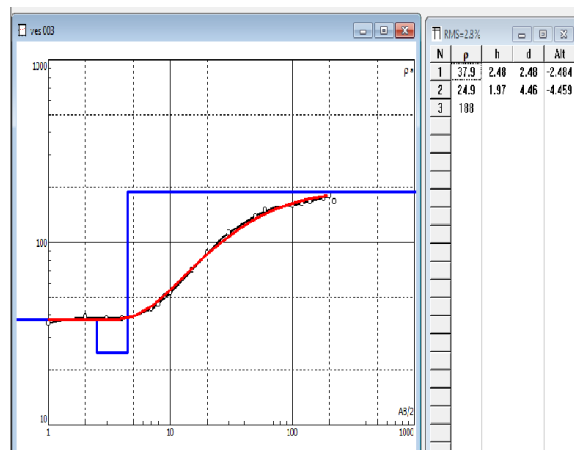


Fig.3.3 VES three

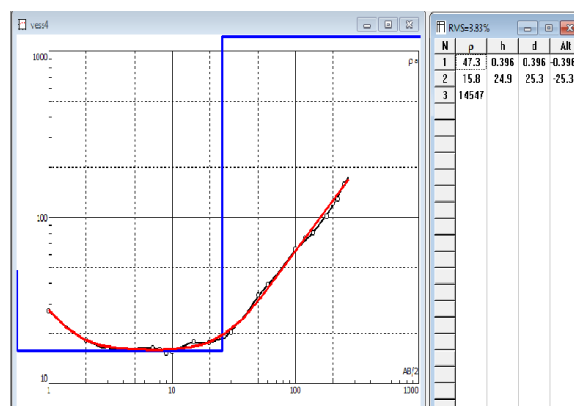


Fig. 3.4 VES four

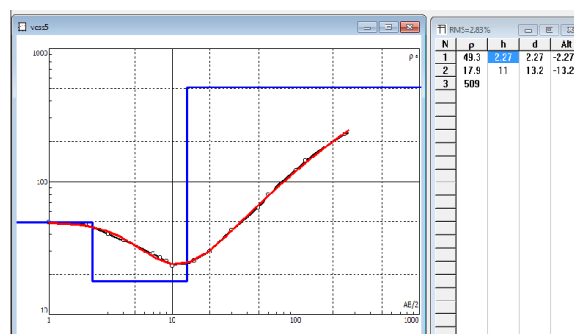


Fig. 3.5 VES five

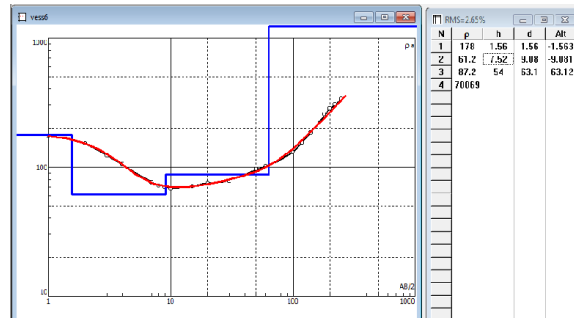


Fig. 3.6 VES six

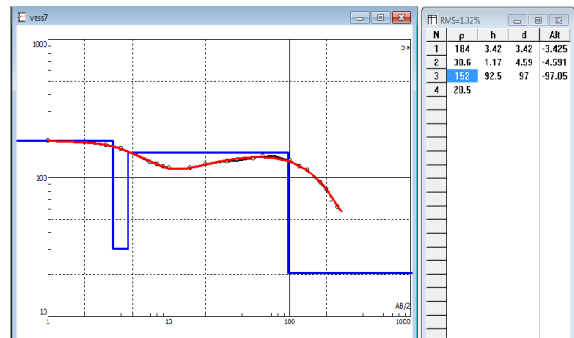


Fig. 3.7 VES seven

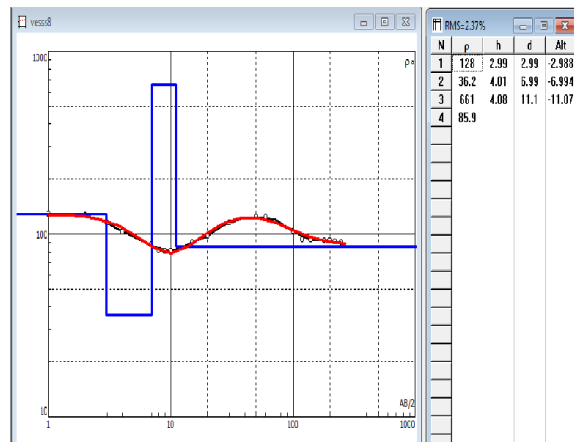


Fig. 3.8 VES eight

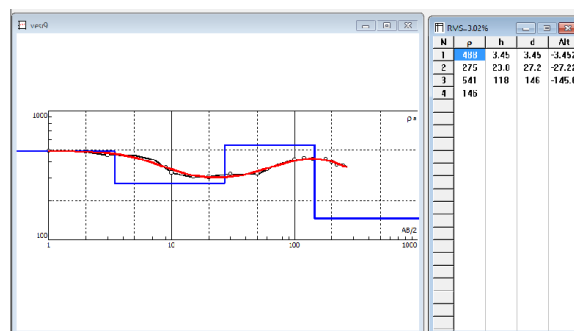


Fig.3.9 VES nine

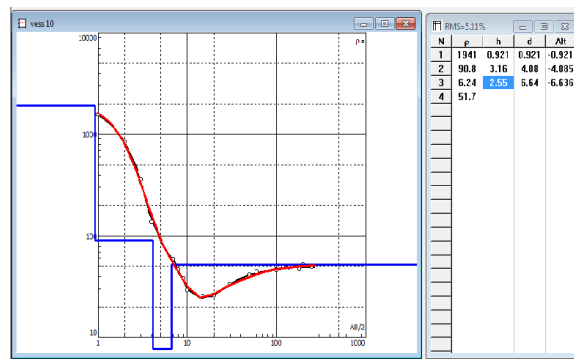


Fig. 3.10 VES ten

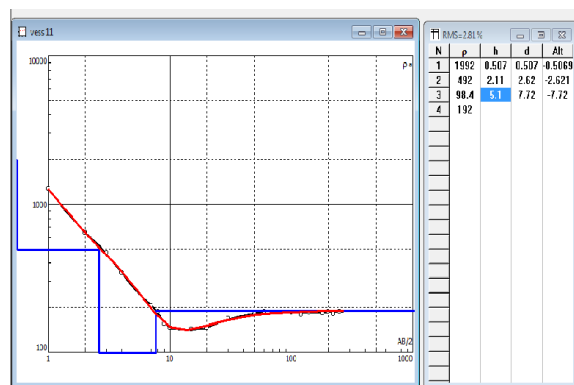


Fig. 3.11 VES eleven

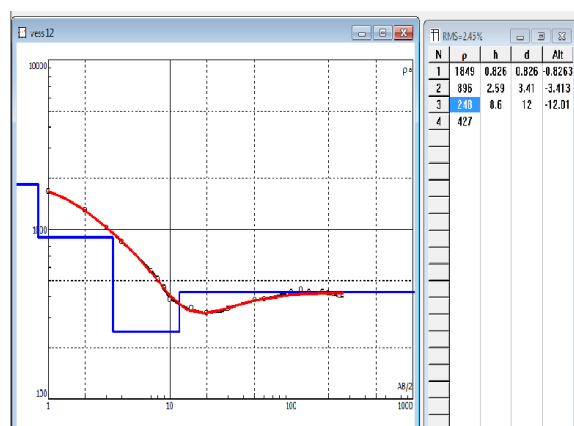


Fig. 3.12 VES twelve

Table 3.1 summary of curves

VES	Layer	Resistivity (Ωm)	Thickness(m)	Depth(m)	Probable Lithology	Curve types	Coordinates
1	1	430	0.5	0.5	Topsoil	QH	Latitudes
	2	173	5.63	6.13	Lateritic clay		8.98752N
	3	145	56.8	63	Weathered basement		
	4	245	-	-	Fractured basement		Longitudes
2	1	10.7	3.13	3.13	Topsoil	A	7.18518E
	2	250	5.04	8.17	Weathered basement		Latitudes
	3	496	-	-	Fractured basement		8.98033N
3	1	37.9	2.48	2.48	Topsoil	A	
	2	24.9	1.94	4.46	Weathered basement		Longitudes
	3	188	-	-	Fractured basement		718332E
4	1	47.3	0.396	0.396	Topsoil	H	Latitudes
	2	15.8	24.9	25.3	Weathered basement		8.97653N
	3	14547	-	-	Fresh basement		
5	1	49.3	2.27	2.27	Topsoil	H	Longitudes
	2	17.9	11	13.2	Weathered basement		7.1970E
	3	509	-	-	Fractured basement		Latitudes
6	1	178	1.56	1.56	Topsoil	HA	8.97926N
	2	61.2	7.52	13.2	Lateritic clay		
	3	87.2	54	63.1	Weathered basement		Longitudes
	4	70069	-	-	Fresh basement		7.1970E
7	1	184	3.42	3.42	Topsoil	HK	Latitudes
	2	30.6	1.17	4.59	Lateritic clay		8.97456N
	3	152	92.5	97	Weathered basement		
	4	20.5	-	-	Fractured basement		Longitudes
8	1	128	2.99	2.99	Topsoil	HK	7.21042E
	2	36.2	4.01	6.99	Lateritic clay		Latitudes
	3	661	4.08	11.1	Weathered basement		8.96905N
	4	85.9	-	-	Fractured basement		
9	1	488	3.45	3.45	Topsoil	HK	Longitudes
	2	275	23.8	27.2	Lateritic clay		7.20941E
	3	541	118	146	Weathered basement		Latitudes
	4	146	-	-	Fractured basement		8.96248N
10	1	1941	0.921	0.921	Topsoil	QH	
	2	90.8	3.16	4.08	Lateritic clay		Longitudes
	3	6.24	2.55	6.64	Weathered basement		7.2365E

	4	51.7	-	-	Fractured basement		Longitudes
							7.23471E
11	1	1992	0.51	0.51	Topsoil	QH	Latitudes
	2	492	2.11	2.62	Lateritic clay		8.95951N
	3	98.4	5.1	7.72	Weathered basement		
	4	192	-	-	Fractured basement		Longitudes
12	1	1849	0.83	0.83	Top Soil	QH	Latitudes
	2	896	2.59	3.44	Lateritic Layer		8.95780N
	3	248	8.6	12	Weathered Layer		
	4	427	-	-	Fractured basement		Longitudes
							7.23053E

3.1 RESULT AND DISCUSSION

The geoelectric section revealed four subsurface geo-electrical layers in VES 1, 6, 7, 8, 9, 10, 11 and 12, and three subsurface geo-electrical layers in VES 2, 3, 4 and 5.

The top layer which is the topsoil has resistivity value ranges from 10.7 to 1992 ohm-m, with mean resistivity of 611.267 ohm-m. Its highest value was observed at VES 11 and the lowest at VES 2 (as seen in fig. 3.13). The top layer thickness ranges from 0.396 to 3.45m, with mean thickness of 1.872m. It highest value was observe at VES 9 and the lowest at VES 4.

The top soil contributes to the development of ground water, because it is the passage for the flow of surface water to the fractured layer. It is known as aeration area and water in this layer is called sub-surface water. The top soil generally consists of three parts: the belt of the soil water at the top, the intermediate vadose zone, and the capillary fringe at the bottom. The difference in compaction of the clayed sand is responsible for the variation in the resistivity values.

For VES 1, 6, 7, 8, 9, 10, 11 and 12 which have four layers, the second layer constitute the Lateritic clay and its has resistivity value ranges from 30.6 to 896ohm-m, with mean resistivity of 256.85ohm-m. Its highest value was observed at VES 12 and the lowest at VES 7. Its thickness ranges from 1.17 to 23.8m, with mean thickness of 6.249m. It highest value was observe at VES 9 and the lowest at VES 7.

The second layer of VES 2, 3, 4 and 5, and the third layer of VES 1, 6, 7, 8, 9, 10, 11 and 12 which is the Weathered zone has resistivity that ranges from 6.24 to 661 ohm-m, with mean resistivity of 187.287 ohm-m. Its highest value was observe at VES 8 and the lowest at VES 10 (as seen in fig. 3.14). The Weathered zone thickness ranges from 1.94 to 118m, with mean thickness of 32.0425m. It highest value was observe at VES 9 and the lowest at VES 3.

The third layer of VES 2, 3 and 5, and the fourth layer of VES 1, 7, 8, 9, 10, 11 and 12 constitute the Fractured basement which has resistivity that ranges from 20.5 to 509 ohm-m, with mean resistivity of 236.11 ohm-m. Its highest value was observe at VES 4 and the lowest at VES 7.

The third layer in VES 4 and the fourth layer in VES 6 constitute the Fresh basement and its resistivity is 14547Ωm in VES 4 and it is 70069Ωm in VES 6, while the mean resistivity 42308Ωm.

The iso-resistivity maps for topsoil, weathered basement and fractured basement as well as the isopach of weathered basement and 3-D Isopach of weathered basement are as shown in figures 3.13 – 3.17 respectively.

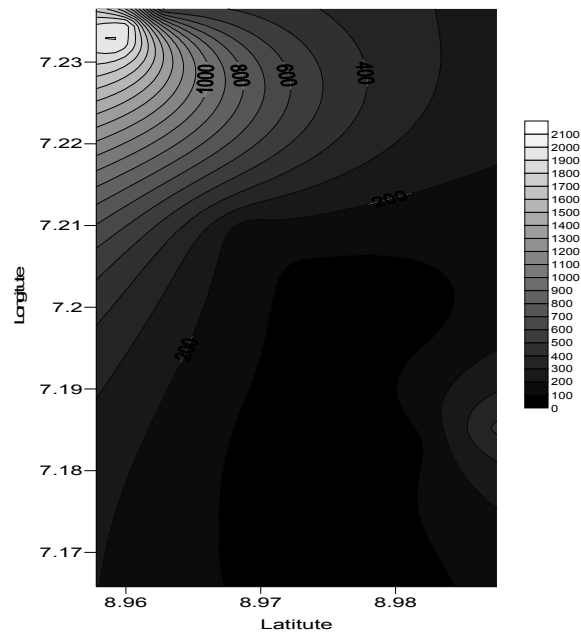


Fig. 3.13 isoresistivity of topsoil

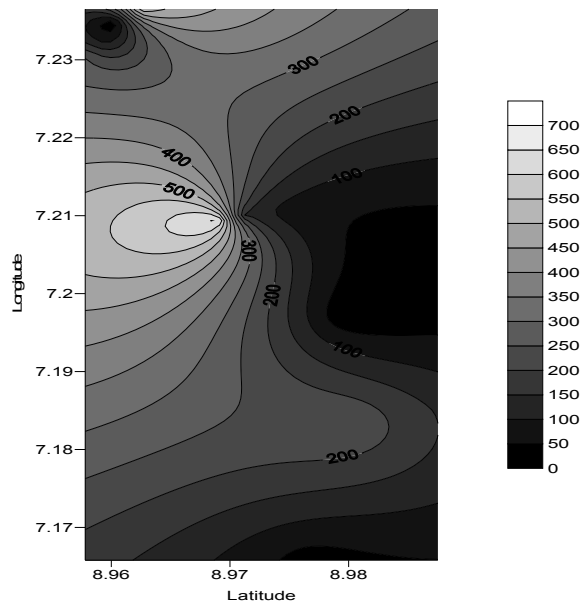


Fig. 3.14 isoresistivity of weathered basement

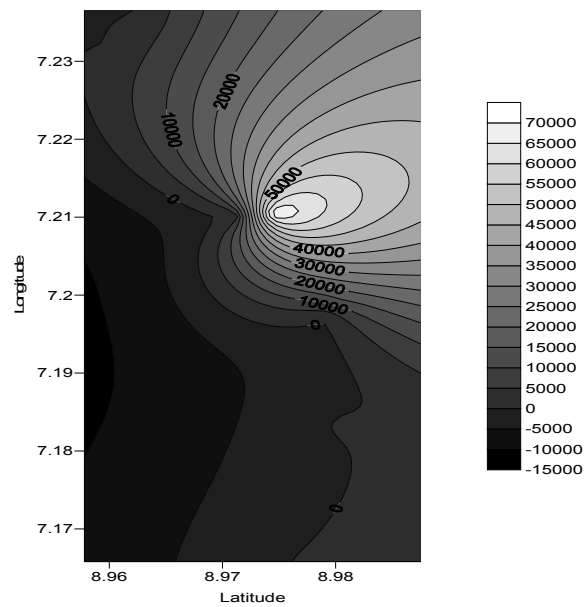


Fig. 3.15 isoresistivity of basement

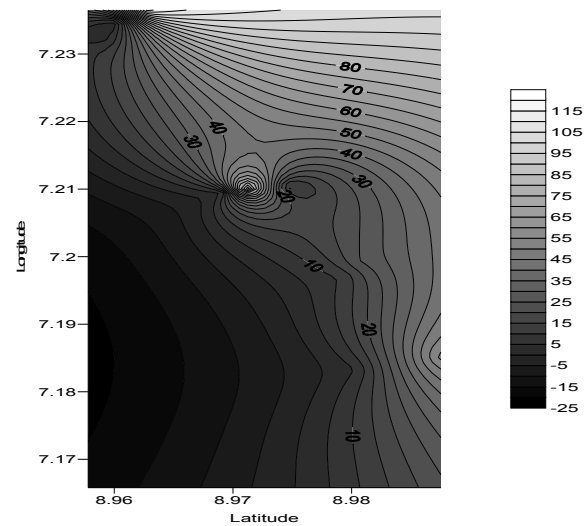


Fig. 3.16 isopach of weathered basement

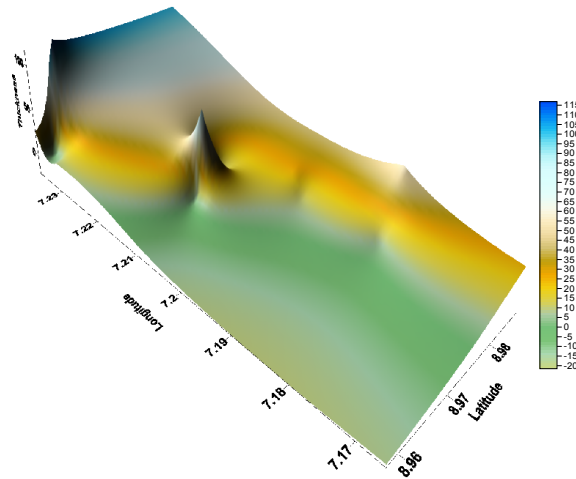


Fig. 3.17 3-D Isopach of weathered basement

3.2 CONCLUSION

The results from geoelectric sounding for groundwater exploration in the University of Abuja Permanent Site, Northcentral Nigeria have been presented. The interpretation results obtained from the study area shows the sequence and relationships between the subsurface lithologies. VES test revealed four subsurface geoelectric layers (top soil, lateritic clay, weathered basement, fracture/fresh basement) in VES stations (1, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12) and three subsurface geoelectric layers (topsoil, weathered basement and fracture basement) in VES station (2, 3, 4, 5).

The weathered basement and the fractured basement have been identified as the aquiferous zone in the area. [25] [39] The geoelectric parameters determined from the VES data interpretation were employed to generate different hydro-resistivity maps such as isoresistivity of top soil map, isoresistivity of weathered layer map, isoresistivity of fractured basement map, isopach of weathered basement map and 3-D representations of weathered basement (figures 3.13 to 3.17 are relevant). Integrating all the geoelectric parameters determined, the best suggested sites for sitting wells or boreholes (between 20m to 40m depth is suggested for drilling of borehole) are VES stations 1, 5, 7 and 9, because these VES stations have a good overbudden thickness ranging from 1.94m to 118m (table 3.1, fig. 3.16 and fig. 3.17). The research has shown that in basement environment, Vertical Electrical Sounding (VES) have proved to be very reliable for underground water studies and therefore the method can excellently be used for shallow and deep underground water geophysical investigation.

It is envisaged that the findings of this work will provide reliable background information for an elaborate groundwater development in University of Abuja Permanent Site.

REFERENCES

- [1] Adiat, K. A., Olayanju, G. M., Omosuyi, G. O. and Ako, B. D., (2009), Electromagnetic profiling and electric resistivity soundings in groundwater investigation of a typical basement complex: a case study from Oda town southwestern Nigeria, *ocean journal of social sciences* 2 (4).
- [2] Alabi, A. A., Et al (2010), Determination of groundwater potential in Lagos State University, Report and Opinion, 2(5)
- [3] Alile, O. M., Et al, (2011), Geo-electric Investigation Groundwater in Obaretin Iyanomon locality, Edo State, Nigeria: *Journal of Geology and Mining Research*, vol. 3(1) pp 12-20.
- [4] Alile, M. O., Jegede, S. I and Ehigiator, O. M, (2008), Underground water exploration using electrical resistivity method in Edo State, Nigeria, *Asia journal of earth sciences*, 1: 38 – 42.
- [5] Al –Bassam, A. M., (2005), Resistivity methods for groundwater exploration in cretaceous – tertiary sedimentary sequences, east of Jeddah, Saudi Arabia, *journal of environmental hydrogeology*, vol. 13, pp. 19.
- [6] Arabi, A. S, Et al, (2009), Hydro Geo - electrical investigation in Gombe town and environ, Northeastern Nigeria, *Journal of Applied Science Environment Management*, vol. 13(3) 65-68.
- [7] Ariyo, S. O. and Adeyemi, G. O., (2009), Role of Electrical Resistivity Method for Groundwater Exploration in Hard Rock Area; A case study from Fidiwo/Ajebo Area of Southwestern, Nigeria; *The pacific J. of Sc. and Tech.*, vol. 10(1).
- [8] Ariyo, S. O, and Banjo, A. A, (2008), Application of Electrical Resistivity Method for Groundwater Exploration in a Sedimentary Terrain: A case study from Ilaro-Remo, Southwest, Nigeria, *Continental J. Earth Sc.*, 3:53-58.
- [9] Ariyo, S. O. and Oguntade, A. K., (2009), Geophysics Investigation for Groundwater Potential in Mamu Area, southwestern Nigeria, *online journal of earth sciences*, vol. 3, pp. 10 -13.
- [10] Bell, F. G., (2007), *Engineering Geology*, 2nd edition, Elsevier Ltd.
- [11] Bello, A. A and Makinde, V., (2009), Delineation of the aquifer in the south-western part of nupe basin, Kwara State, Nigeria. *Academia Arena*, 1 (3).
- [12] Coker, J. O., (2012), Vertical electrical sounding (VES) method to delineate potential groundwater aquifers in Akobo area, Ibadan southwestern, Nigeria, *Journal of Geology and Mineral Research*, vol. 4 (2), pp. 34 – 45.
- [13] Egbai, J. C, (2011), A Combination of Electrical Resistivity and Seismic Refraction Surveys for groundwater exploration in the basement region of Ifon, Ondo State, Nigeria; *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 5(5): 1007-1016.
- [14] Egbai, J. C., (2011), Resistivity Method: A tool for identification of areas of corrosive groundwater in Agbor, Delta State, Nigeria, *journal of emerging trends in engineering and applied sciences*, 2 (2), 226 – 230.
- [15] Ekwe, A. C., Nnodu, I. N., Ugwumbah, K. I. and Onwuka, O. S. (2010), Estimation of aquifer hydraulic characteristics of low permeability formation from geosounding: A case from Oduma town, Enugu State, *online journal of earth sciences*, vol. 4, pp. 19 – 26.
- [16] Emenike, E. A. (2001); Geophysical exploration for groundwater in a sedimentary Environment: A case study from Nanka formation in Anambra Basin, Southeastern Nigeria. *Global of pure and Applied Sciences* Vol. 7 No.1 January Pp (97-110)
- [17] Emenike, E. A, Et al, (2007), A Regional Geo electric investigation for Groundwater exploration in Minna Area, North West, Nigeria, *Science World Journal*, vol. 2(3)
- [18] Ewusi, A., (2006), *Groundwater Exploration and Management using Geophysics; Northern Region of Ghana*, PhD Thesis, Brandenburg Technical University of Cottbus
- [19] Hago, Ali. H. (2000); Application of electrical resistivity method in quantitative study of groundwater reserve of unconfined aquifer; unpublished m.sc thesis; University Putra Malaysia.
- [20] Imagbe, O. L, Et al (2010), Preliminary assesement of the earth composition of shales of gongola formation, Gongola basin, Nigeria, *Continental J. Earth Sciences*, 5(1)
- [21] Jaff, E. K., (1995): *Groundwater Prospecting in Arid Zone*, Unpublished B.Sc Research Project, Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria; p47
- [22] Loke, M. H., (2000), *Electrical imaging surveys for environment and engineering studies*.
- [23] Louwrie, W. (2007), *Fundamentals of Geophysics*. 2nd Edition, Cambridge University Press, New York.
- [24] Mahmoud, I. I. M, Et al, (2009), Geo-electrical Survey for Groundwater Exploration at Asyuit governorate, Nile valley, Egypt JKAU: mar. Science, vol. 20, pp: 91-108
- [25] Mallam, A. (2004): Fresh Basement Revealed from Resistivity Prospecting Method, *Zuma Journal of Pure and Applied Sciences*, 6(2): pp 6-9.
- [26] Malomo, S., *Geological and Mineral Resources map of Federal Capital Territory, Abuja*, published by the authority of the Federal Republic of Nigeria.
- [27] Mbiimbe, E. Y, Samaila, N. K and Akanni, D.K, (2010), Groundwater Exploration in a Basement Complex Terrain using Electrical Resistivity Sounding (VES): A case study of RuminGado Town and Environ, Kano State North Central, Nigeria, *Continental J. Earth Sciences*, 5(1), 56-63.
- [28] Milson, J. (2007), *Field Geophysics; A Geological Guides*; 2nd edition, Elsevier Ltd.

- [29] Muhammed, A., Cheema, J. M. and Shafique, A., (2007), Determination of lithology and groundwater quality using electrical resistivity survey, *Int. J. Agr. Biol.*, vol. 9, no 1.
- [30] Nils, P. and Lennart, W., (2005), Tools for Groundwater Prospecting and Geophysical Prospecting for water in Ocotal, Nicaragua, unpublished M. Sc Thesis, Lulea University of Technology, Sweden.
- [31] Oseji, J. O, Et al, (2005), Geo-electric investigation of the aquifer characteristics and groundwater potential in Kwale, Delta State, Nigeria, *J. Ap. Sc. Environ. Mgt.*
- [32] Okoro, E. I, Et al, (2010), Evaluation of Groundwater Potentials in part of the Escarpment Areas of Southern Nigeria; *International J. of Geomatics and Geosciences*; vol. 1(3).
- [33] Omosuyi, G. O, (2010), Geo - electric assessment of groundwater prospect and vulnerability of overburden aquifers at Idanre, southwestern, Nigeria, *ocean journal of applied sciences*, 3 (1).
- [34] Sultan, S. A., Mekhemer, M. H, Santos, F. A. M, and Abdalla, M, (2009), Geophysical measurements for subsurface mapping and Groundwater exploration at the central part of the Sinai Peninsula, Egypt, *Arabia J. for Sc. and Eng.*, vol.34(1a)
- [35] Telford, W. M., Geldert, L. P., Sheriff, R. E. and Keys, D. A., (1976), *Applied Geophysics*, Cambridge University Press, London.
- [36] USGS, (1977): Preliminary Engineering Geologic Report on selection of urban site in the Federal Capital Territory, Nigeria, project report Nigerian investigation, (IF) N-I
- [37] Virendra, B. S. and Jayant, N. T., (2009), An Investigation of groundwater condition using geo – electrical resistivity method: a case from parts of Kaushambi district (U. P), India, *journal of spatial hydrology*, vol. 9, no. 2.
- [38] Zohdy, A. A., Et al., (1974), *Application of Surface Geophysics to Groundwater Investigation*, United State Government Printing Press Office, USA.
- [39] Kbab Geosciences' Consult, (2011), Technical Report on Geophysical Survey for locating promising borehole at area B, Garki Resettlement, Abuja, F.C.T.

SOIL DEGRADATION RESULTING FROM MIGRATION OF ION LEACHATE IN GOSA DUMPSITE, ABUJA, NIGERIA

Samuel EBISINTEI¹, Emmanuel O. OJO², and Gina O. IHEKWEME¹

¹Engineering Infrastructure Department, National Agency for Science and Engineering Infrastructure, (NASENI), Abuja, Nigeria

²Science Infrastructure Department, National Agency for Science and Engineering Infrastructure, (NASENI), Abuja, Nigeria

Copyright © 2015 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 effect of degradation caused by ion leachate migration in the soil of Gosa dumpsite was investigated with reference to water and soil from dumpsite located at Idu Industrial area- Abuja. This was done to determine the health and environmental pollution status caused by heavy metals concentration present in the dumpsite and its effect to inhabitants within the settlement. Soil samples collected during dry and wet season were pretreated and digested using hotplate. The heavy metal concentrations were determined using Atomic Absorption Spectrophotometer. The samples were analyzed for concentration of lead (Pb), copper (Cu), manganese (Mn), nickel (Ni) and chromium (Cr). Control soil samples were taken 300m away from the dumpsite. The dumpsite was divided into four cardinal points including the centre from which samples were collected for analysis. Water samples were collected from three wells to test for physiochemical properties of PH, chemical oxygen demand (COD), biochemical oxygen demand (BOD), dissolved oxygen (DO), Hardness, Conductivity and Alkalinity. The result showed significant difference in concentration of these metals in the dumpsite and control. The dumpsite was found to contain significant amount of toxic heavy metals. The analytical results indicates that in both dry and wet season, most of the metals concentration were above the World Health Organization (WHO) and Standard Organization of Nigeria (SON) standards, which is a major concern as these metals pose threats to human life, agricultural productivity and unsafe for the inhabitants.

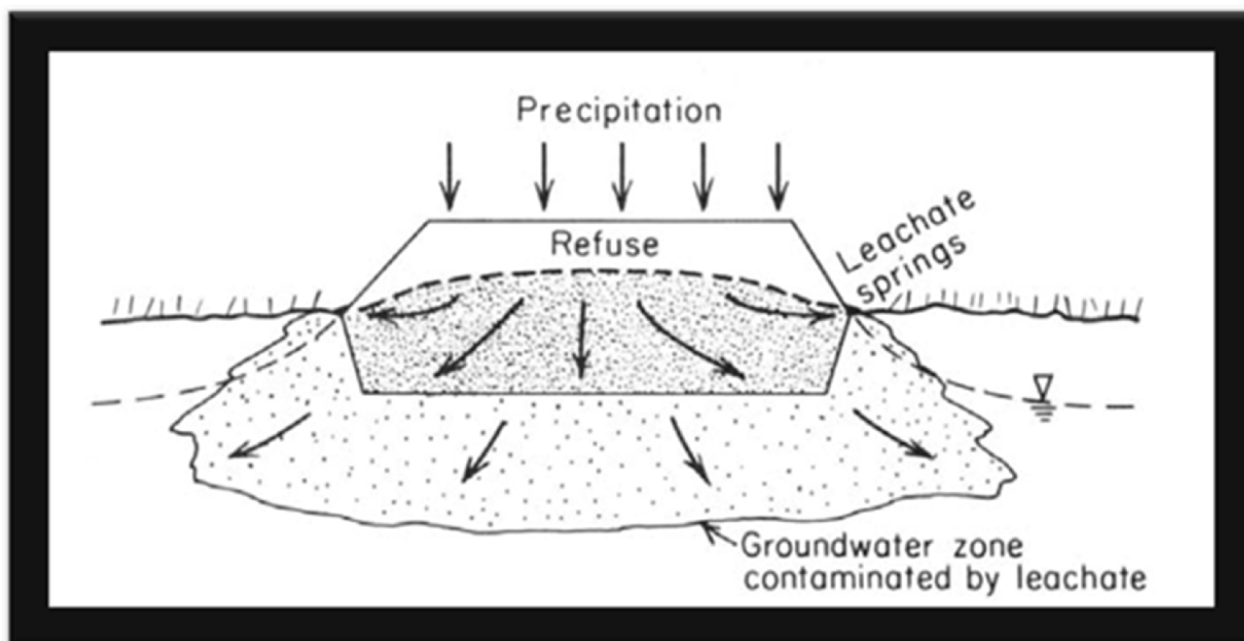
KEYWORDS: Heavy metals, Degradation, Dumpsite, Ion leachate, Pollution.

1 INTRODUCTION

Dumping of industrial and municipal solid waste in our environment has contributed greatly to increase the levels of heavy metals like Cu, Pb, Mn, Cr and Ni in soil and vegetation found in the vicinity of waste dumpsites. According to Federal Environmental Protection Agency FEPA [8], solid wastes are useless, unwanted or discarded materials that arise from man's activities and cannot be discarded through sewer pipe. Places with accumulated solid waste are called refuse dumps or dumpsites. Heavy metals pollution posed serious problem for human health and for life in general. Heavy metals are a general collective term which applies to metals and metalloid with a relatively high atomic density greater than 4 g/cm³ or 5 times or more than water, which is toxic and poisonous at low concentration [7]. The constant dumping of harmful substance into the environment has been shown to have adverse effect on human health, agricultural productivity and natural ecosystems [2]. The dramatic increase in public awareness and concern about the state of the global and local environments which has occurred in recent decades has been accompanied and partly prompted by ever growing evidence on the extent to which pollution has caused severe environmental degradation.

Soil degradation is when soil deteriorates because of human activity and loses its quality and productivity. It happens when soil loses its nutrients, or its organic matter. It also happens when the soil structure breaks down, or if the soil becomes toxic from pollution. The primary cause of soil degradation is erosion, but compaction, salinization, and depletion by nutrient demanding crops may also cause degradation. Rapp(2008),[7]. Most waste deposited in landfills is not inert. Degradation of

many components of waste including food, paper and textiles consumes oxygen thereby charging the redox potentials of the liquid present and potentially influencing mobility of other constituents. Plastic, glass and metals compounds tend to be less reactive and degrade more slowly. Under some conditions metals may, however become rapidly mobilized. Rain water percolating refuse dumps provides a medium in which waste, particularly organic, can undergo degradation into simpler substance through a range of biochemical reactions involving dissolution, hydrolysis, oxidation and reduction process controlled to a large extent within landfills and dumps by micro organisms primarily bacteria mechanisms [15]. According to [6], [10] in an unsealed landfills an aquifer percolating through landfills and refuse dumps often accumulate or 'mound' within or below the landfill (fig1).



(Fig 1) Conceptual diagram of leachate migration from a typical landfill [9].

This is due to production of leachate by degradation process operating within the waste, in addition to the rain water percolating down through the waste. Downward flow from the landfill threatens underlying ground water resources outward flow can result in leachate springs yielding water of a poor quality, often dangerous quality at the periphery of the waste deposit [5].

This research was carried out to investigate the effects of degradation caused by ion leachate migration in Gosa dumpsite as it affects human health and agricultural productivity. Some heavy metals were analyzed from the soil and to determine their toxicity level.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 STUDY SITE

The Gosa dumpsite is located at Idu Local Government Area, F.C.T., Abuja, with coordinates 09° 02.047N 007° 20.216E (Hour Degree Minute) with an altitude of 100 ±3m. This coordinates was taken with a handheld GPS (Global Positioning System) (ETREX) using the WGS84 coordinate system. The area has rough topography with few elevated areas. The study area enjoys a tropical type of climate generally characterised by two extreme temperatures [1]. The mean annual rainfall of the area is 1040mm. The wet/ rainy season last for 5-6 months between April/May to October with the heaviest in August [3]. During the dry season, temperatures ranges from a minimum of 15-24°C in December/ January to a maximum of 32-39°C in April/May. The soil consists of well drained sandy loam and clay loam soil on the Gosa site.

2.2 SAMPLE COLLECTION

Soil samples were collected from the reference site at 10 different points during dry season and 18 different points during wet season at the top surface level and at a depth of 30 cm at each location, starting from the Centre of the dumpsite

to the bottom of the slope. Control samples were collected from a distance at 300 m away from the last sampling point on the dumpsite, bearing in mind that the distance from the road will make them to be less exposed to the pollutants. The land was divided into four cardinal directions away from the centre (North, South, East and West) from which the samples were collected 20m away from the next point, thoroughly preserved in a clean plastic container to obtain a representative sample as illustrated on **Fig 2**

It was then dried under ambient temperature. This was monitored until the samples were totally dried and stored in a labeled polyethene bags prior to analysis in the laboratory.

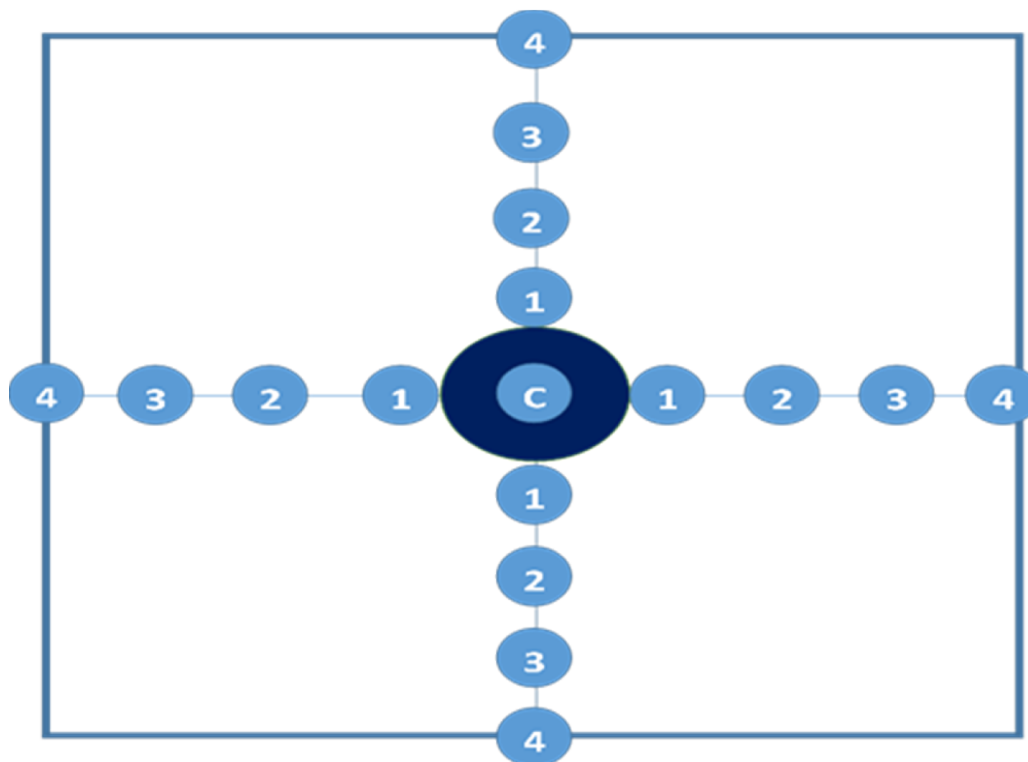


Fig 2- Four cardinal direction of soil sample collection at Gosa dumpsite, Abuja. Where N= North, S= South, W= West and E= East directions.

2.3 MATERIAL PREPARATION AND ANALYSIS

This was achieved in three different stages;

- Sampling and Pre-Treatment stage
- Sampling digestion Method
- Analysis of the sample by using Bulk Scientific Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) in order to determine the concentration heavy metals in the soil.

Water samples from the site were taken from 3 wells situated at different locations. The composition was analyzed for both seasons. Parameters such as Dissolved oxygen (DO), Biochemical Oxygen Demand (BOD) and Chemical Oxygen Demand (COD), PH, Electrical Conductivity, Total Alkalinity and Total Hardness were determined.

Similarly, soil samples were obtained from the site as labeled in fig (2), prior to the soil analysis using Bulk Scientific Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). The samples were digested using acid digestion method.

2.4 SAMPLE PREPARATION FOR DIGESTION SOLUTION

1g of sieved soil sample was weighed into a washed and dried 50 mL beaker using a sensitive weighing balance. 20 mL of acid mixture (3:1) Nitric acid/ per chloric acid mixture was measured and poured into the beaker containing the sample according to [14] and (Selected Method for soil and plant Analysis, Institute of Tropical Agriculture, Ibadan Nigeria), and thereafter transferred to a hotplate at 150°C and allowed to digest gently until a clear solution is obtained or the digest

reduces to about 5 mL. Add distilled water and allow it to boil again before removing it from the hotplate. Digest was then allowed to cool, then filtered and made up to 100 mL mark with distilled water using a 100 mL volumetric flask. The same procedure was repeated for the remaining samples. The filtrate was then transferred to a labeled plastic sample bottle and analyzed for heavy metals concentration using Atomic Adsorptive Spectrophotometer. The experiment was done in the school of Agriculture and Agricultural Technology, department of Water Resources, Agriculture and fisheries Technology laboratory (WAFT), Federal University of Technology, Minna.

The above procedure was repeated at both seasons (dry & wet) and extended to control locations within the vicinity of the site where there are no dumps.

3 RESULTS AND DISCUSSION

The results of analysis of the effect of degradation caused by heavy metals (Ion leachate migration) in Gosa dumpsite and the three wells analyzed are as shown in Table 1, 2 and 3. The metals considered in the study includes those which are micro-nutrient such as copper and manganese, also the non-essential/ toxic heavy metals which are toxic to plants present in the soil at concentration above tolerance is lead but with no trace of chromium and nickel in the soil and water.

Based on the results obtained, the concentration of Cu ions found in the dumpsite during the wet season (0.29- 3.90) ppm is higher than the dry season (0.30-2.27) ppm. This is as a result of leachate generation caused by rainfall that percolates the dumpsite. The unauthorized dumping of all kinds of waste will cause serious health damage due to the released of heavy metals that comes from the dumpsite. The concentration of Cu ions in NP1W during wet season was (0.73) ppm, when compared to the WHO limit (2.0) ppm, was within acceptable standard. Sample location point NP2W of Cu ion has concentration of (1.84) ppm, but when compared to WHO limit fell within the acceptable standard. Point NP3W had a concentration of (1.07) ppm also fell within WHO limit. NP4W point with concentration (1.120) ppm is also within WHO limit.

The SP1W location point (0.99) ppm agrees with WHO limit for Cu ion, SP2W location point (2.39) ppm was seen to have exceeded WHO limit, SP3W location point (0.84) ppm was seen within the standard and SP4W location point (0.85) ppm also fell within the standard. EPIW location point was (1.38) ppm, falls within WHO limit, EP2W location point was analyzed as (3.90) ppm which of course is higher than acceptable limit of Cu. EP3W location point (1.23) ppm fell within WHO limit and EP4W location point (1.20) ppm was also within WHO limit. WP1W location point (0.39) ppm when compared to WHO limit, fell within WHO limit, WP2W location point (0.52) ppm fell within WHO permissible limit, WP3W location point (1.11) ppm was within WHO limit and WP4W location point (0.98) ppm also fell within WHO permissible limit.

According to [4] and [34], WHO admissible limit for Cu ions is (2.0) ppm. It can be seen from Table 1, out of 17 sample location points, only SP2W (2.39) ppm and EP2W (3.90) ppm exceeded WHO limit of Cu (2.0) ppm. Similarly, when all points were compared to control sample, all was higher than control (0.29) ppm, indicating concentration decrease with distance. However, in Table 2 for dry season, out of 9 sample location points, only EP1D (2.27) ppm and centre D (2.65) ppm was above tolerance of WHO. When compared to control D (0.73) ppm, only 4 points; centre D (2.65) ppm, WP2D (1.25) ppm, EP1D (2.27) ppm and EP2D (1.10) ppm. The rest of Cu concentration was lesser.

In Table 1, the concentration of Pb in location point NP1W is (0.90) ppm, when compared to WHO limit of Pb (0.01) ppm was found to be above tolerance. Location point NP2W (1.40) ppm exceeds WHO limit, NP3W location point (0.60) ppm was above tolerance and NP4W location point (1.10) ppm exceeds WHO permissible limit. SP1W (2.30) ppm exceeds WHO limit, sample location point of SP2W (4.40) ppm was above tolerance of WHO, SP3W location point (1.10) ppm was above WHO limit and SP4W location point (1.40) ppm also exceeds WHO limit. EP1W location point of Pb ion concentration (1.30) ppm was above tolerance and exceed WHO limit, location point EP2W (6.90) ppm was the highest heavy metal recorded in Pb concentration which of course exceeds WHO limit, EP3W location point (1.50) ppm exceeds the limit of WHO and EP4W location point (1.50) ppm was above WHO limit. WP1W location point with value (0.30) ppm was above WHO limit of Pb (0.01) ppm; WP2W location point (0.60) ppm was above WHO limit, WP3W location point (1.40) ppm exceeds WHO limits, WP4W location point (1.40) ppm was above WHO limit. It should be noted that, centre W (0.50) ppm was above WHO limit.

The concentration of Pb ion in the wet season is higher than the dry season as shown in Table 1 and 2. This is because leachate migration is faster due to rain precipitation on the refuse contaminating underground water and increases the heavy metals found within that period. This observation was seen to be similar to the study carried out by [30]. These results also supported [28] claimed that Pb – containing particles in motor vehicle exhaust tend to be larger in rural areas and near motorways in urban area. The value of Pb ion is higher in NPW during the wet season than the NPD values in the dry season indicating high presence of Pb concentration as shown in table 1 and 2 respectively. According to [35], the permissible limit for Pb ion in soil and water (0.01) ppm when compared to (0.60 -1.40) during wet season (NPW) and (0.30 – 1.30) ppm during dry season (NPD) was above WHO tolerance. From Table 1 and 2, control samples analyzed for Pb is higher in wet season

(1.20) ppm than that of the dry season (0.70) ppm. It is caused by water migration due to heavy rainfall which increases the level of leachate generation. On the average, the concentration of Pb in wet and dry season is lower compared to Pb concentration in the dumpsite as shown in Table 1 and 2

Conclusively, from Table 1 all 17 location points exceeded WHO limit of Pb (0.01) ppm. However, when compared to control W, 9 location points: WP4W, WP3W, EP3W, EP2W, EPIW, SP4W, SP2W, SPIW and NP2W were higher while the remaining 7 location points: NP1W, NP3W, NP4W, SP3W, WP1W, WP2W and centre D were lesser with EP4W having same concentration with control W (1.20) ppm. Similarly, in Table 2 the concentration of all sample points of Pb was seen to be higher than WHO limit of Pb (0.01) ppm. However, 4 location points of Pb: SP2D, EPID, WP2D and centre D were found higher than control D while sample points NP1D, NP2D, SP1D and WP1D were lesser, EP2D was having same concentration as that of the control D.

The result in Table 1, 2 and 3 shows Mn concentration as the highest recorded. It was found higher than WHO (2007) limit in both seasons and the three wells within the dumpsite. Mn ions was recorded highest in NP3W of wet season as (8.40) ppm which the same value with control W. The concentration of Mn ion was considered very high not only in all sample location points at the dumpsite but in the control on both seasons: Control W (8.40) ppm and Control D (14.10) ppm. This could be as a result of waste deposited in the dumpsite containing more concentration of Mn and pollutant emitted from the exhaust of motor vehicle and other sources.

However, when Mn concentration at various location points in wet season were compared to control W (8.40) ppm, all values were lesser except for NP3W which equals the value of Control W. Similarly, in dry season as shown in Table 2. When all sampling points were compared to control D (14.10) ppm, all were below control D.

The high presence of Mn heavy metals concentration can lead to Neurological disorder in humans and are toxic to plants [4].

The presence of Cr indicates very low availability in the soil and water samples shown in Table 1, 2 and 3. But on the average, the presence of Cr ion is lower in wet and dry season. It has values ranging from (0.000- 0.1010) ppm in NPW of wet season and (0.000- 0.006) ppm in NPD of dry season, indicating high presence in wet season compared to dry season.

According to [17] and [35], the permissible limit for Cr concentration is (0.05) ppm. The soil and water samples collected from gosa dumpsite was analysed with no trace of Ni ion as shown on Table 1, 2 and 3, hence was within the permissible limit of World Health Organisation [35] and [17]. This indicates no presence of Ni heavy metal from the various kind of waste deposited there.

Control samples for soil and water analyzed during wet and dry season had no trace of Ni but with (0.003) ppm concentration of Cr which indicates little or no presence of Cr as shown on Table 1, 2 and 3. Therefore, Ni was not seen to be present in all analyzed samples; there is no detection of metal in trace quantity. Based on this result obtained, there was a gradual increase in the concentration of heavy metals of the centre to other points within the dumpsite.

The pH values obtained from the result of the well analysis WP2 and WP3 falls within the WHO water quality standard of 6.5-8.5. The values obtained were 6.64 and 6.42 respectively, while WP1 falls below the standard with 5.37 which makes it acidic. World Health Organization [17] admissible limit for pH value in quality water is 6.5-8.5([3], [33]).

The electrical conductivity of the three well water samples in Gosa dumpsite was high indicating high presence of conducting ions. The values obtained in the conducting measurement are all within the acceptable standard with readings below as shown on Table 3.

The values of alkalinity in the three wells are high except of the value in WP1 as shown on table 3. Total alkalinity in CaCO_3 for all wells fall within the limit with values ranging between 30-130mg/l. Although, when there is no World Health Organization's standard admissible limit for alkalinity in the well water, may contribute to hardness of underground waste water resources. This was shown in levels of hardness in all well points, falls within the limit of WHO.

According to [4], water quality is low when its dissolve oxygen is lower than 9.2ppm and the suspended solid is higher than 9.2ppm. Hence the well water, if untreated before discharge into the environment for drinking is a potential source of water pollution within the vicinity. While the values obtained from the wells was within the acceptable standard ranging between (4.6-6.4)mg/l as shown on Table 4.3. DO in waste water is desirable because it prevents the formation of noxious odours.

During a research by [4], it was discovered that there is a significant relationship COD and BODs of domestic and waste waters. Since the greater the decomposable organic matter, the greater the BODs value [4], the results of this research imply low levels of micro organism as a result of low values of BODs which are 1.6, 3.0 and 3.4 for WP1, WP2 and WP3 respectively.

The BOD values of 1.6 – 3.4mg/l can be said to be low as BOD determination is an empirical determination of the amount of oxygen required to oxidize organic matter in the sample, which can be used to measure pollutant rate of water body.

The COD are equally very low indicating that the well water contains less amount of organic matter. Research according to George et al (2003), the ratio of BOD/COD for untreated water is normally from 0.3 to 0.8 but for the well under investigation ranged from 0.11 to 0.25 which are very low and hence falls below the admissible limit. It indicates a low organic strength of domestic and industrial waste water.

Therefore, these results should be a source of a major concern to the inhabitants of Gosa dumpsite, farming and drinking water from the surrounding not only in Gosa in Idu industrial area but to others who are in similar affected areas.

Table 3.1 Analysis of soil samples collected from Gosa dumpsite for heavy metals concentration in wet season

Samples Location	Heavy Metals Concentration In(ppm)			
	Cu	Pb	Mn	Cr
NPIW	0.73	0.90	7.50	0.010
NP2W	1.84	1.40	7.10	0.003
NP3W	1.07	0.60	8.40	0.003
NP4W	1.12	1.10	4.80	0.006
SPIW	0.99	2.30	4.30	0.000
SP2W	2.39	4.40	4.30	0.003
SP3W	0.84	1.10	4.30	0.006
SP4W	0.85	1.40	4.60	0.006
EP1W	1.38	1.30	5.50	0.003
EP2W	3.90	6.90	7.30	0.003
EP3W	1.23	1.50	5.20	0.000
EP4W	1.20	1.20	6.20	0.006
WP1W	0.39	0.30	2.50	0.000
WP2W	0.52	0.60	5.00	0.003
WP3W	1.11	1.40	3.10	0.006
WP4W	0.98	1.40	4.80	0.006
CENTRE W	0.55	0.50	8.10	0.003
CONTROL W	0.29	1.20	8.40	0.000
WHO LIMIT	1.0	0.01	0.5	0.05

Table 3.2 Analysis of soil samples collected from Gosa dumpsite for heavy metals concentration in dry season

Samples Location	Heavy Metals Concentration In(ppm)			
	Cu	Pb	Mn	Cr
NPID	0.30	0.30	3.60	0.000
NP2D	0.46	0.50	6.50	0.006
SP1D	0.39	0.20	3.40	0.003
SP2D	1.10	1.30	4.20	0.000
EP1D	2.27	1.60	6.30	0.006
EP2D	0.43	0.70	4.10	0.000
WP1D	0.41	0.30	3.20	0.003
WP2D	1.25	1.10	4.50	0.003
CENTRE D	2.65	1.20	4.20	0.006
CONTROL D	0.73	0.70	14.10	0.003
WHO LIMIT	1.0	0.01	0.5	0.05

NPD – North Point in Dry Season

SPD – South Point in Dry Season

EPD – East Point in Dry Season

WSD – West Point in Dry Season

CENTRE –Centre of the dumpsite in Dry Season

CONTROL – Control Sample in Dry Season

Table 3.3 Analysis of water samples from three different wells In Gosa dumpsite

Parameters	WP1	WP2	WP3	WHO (2004) Standard
Cu (ppm)	0.15	0.13	0.12	1.0
Mn (ppm)	1.20	6.80	3.60	0.5
Pb (ppm)	0.00	0.00	0.00	0.01
Cr (ppm)	0.003	0.003	0.003	0.05
Ni (ppm)	0.00	0.00	0.00	0.02
Temperature ($^{\circ}$ C)	29	29	28	5-50
pH	5.37	6.64	6.42	6.5-8.5
Conductors	316	977	661	1000
Hardness (Mg/l)	50	90	192	500
Alkalinity (Mg/l)	30.6	130	103	500
DO (Mg/l)	4.6	5.0	6.4	
BOD (Mg/l)	1.6	3.0	3.4	
COD (Mg/l)	14.8	12	15.2	

The effect of heavy metal concentration in Gosa dumpsite with respect to the control sample and WHO standard are presented below in fig 3.01 – 3.14.

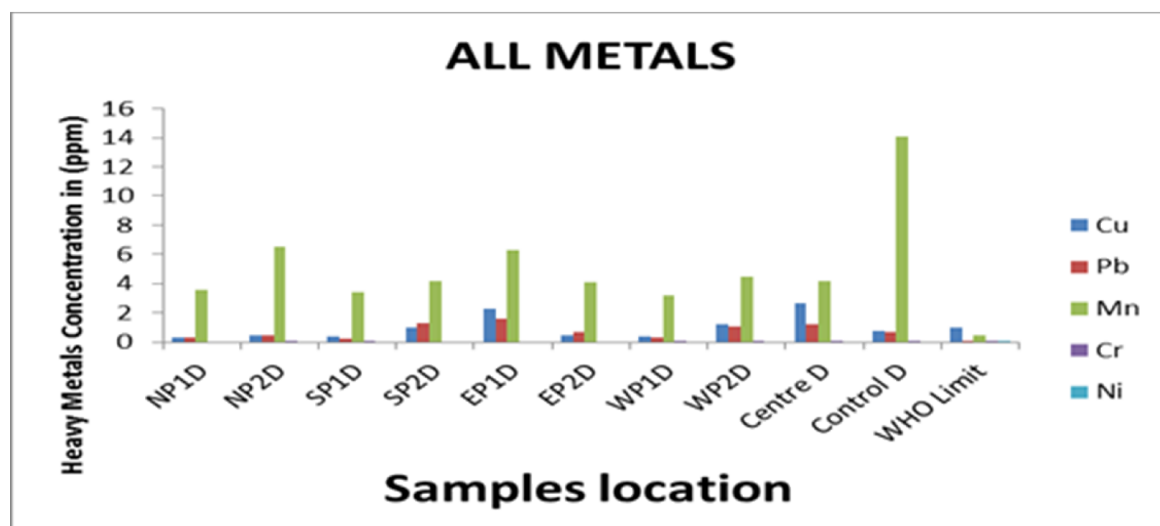


Fig 3.01 A plot of heavy metals concentration against sample locations of all metals during dry season

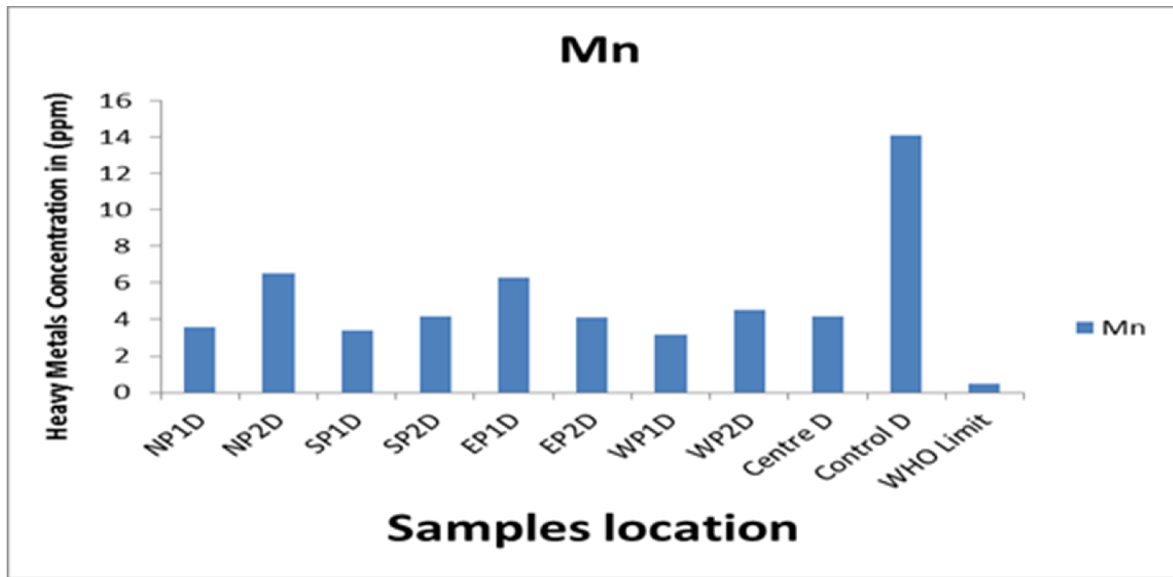


Fig 3.02 A plot of manganese concentration against sample location during dry season

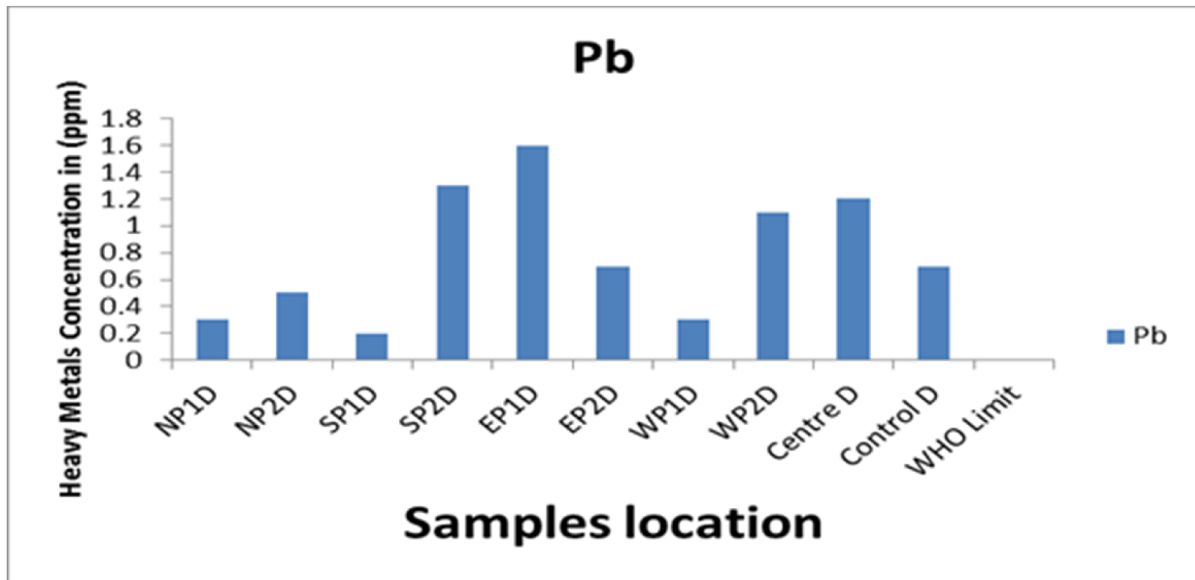


Fig 3.03 A plot of lead concentration against sample location during dry season.

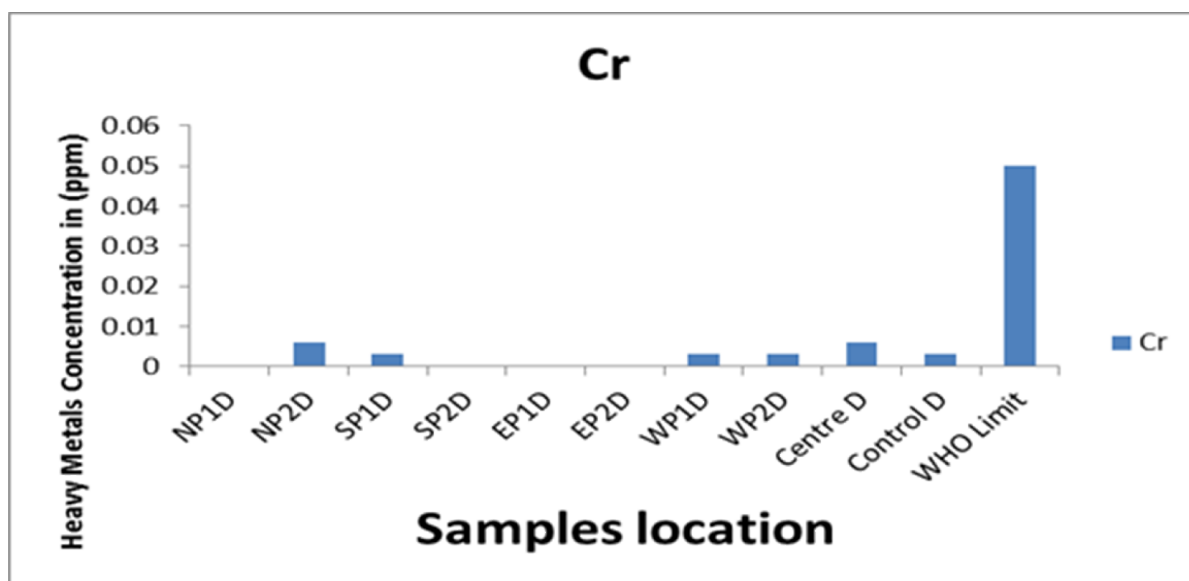


Fig 3.04 A plot of chromium concentration against sample location during dry season

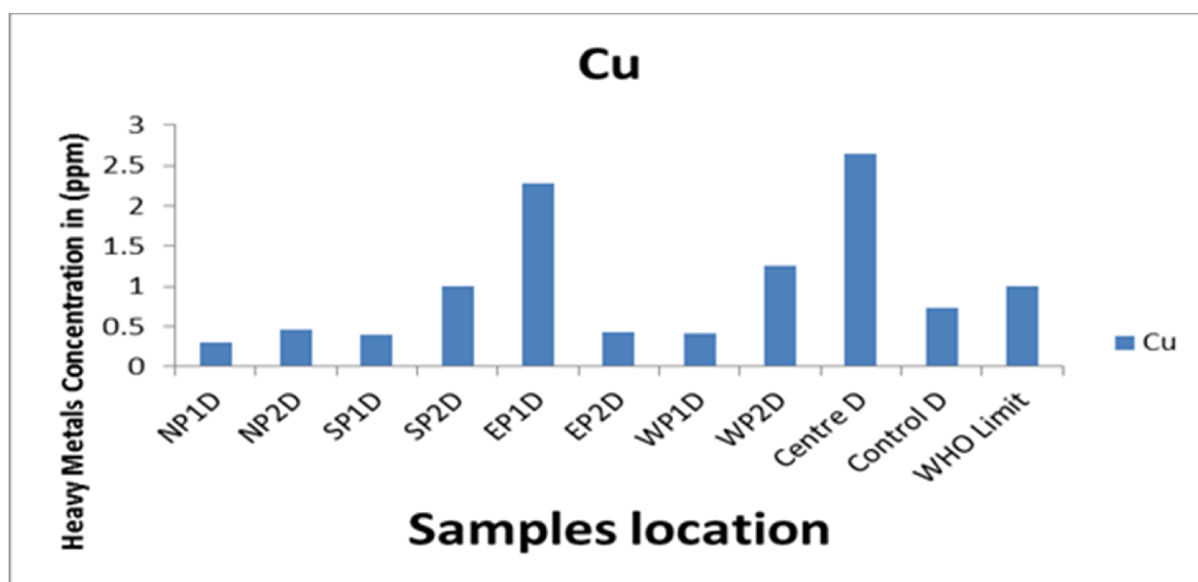


Fig 3.05 A plot of copper concentration against sample location during dry season

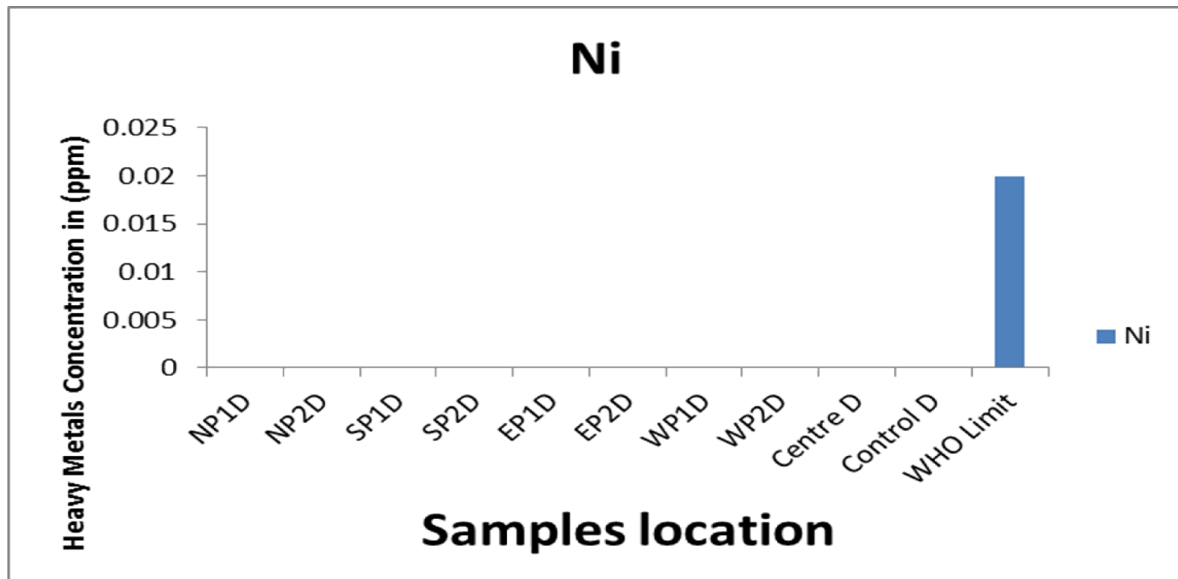


Fig 3.06 A plot of nickel concentration against sample location during dry season

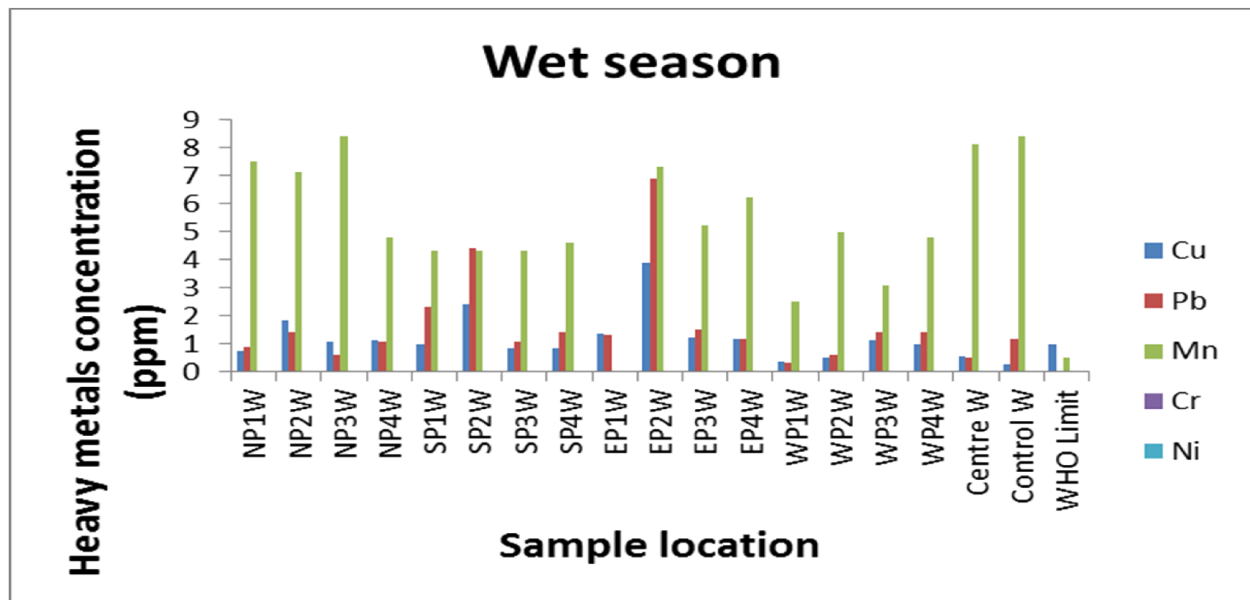


Fig 3.07 A plot of heavy metals concentration against sample locations of all metals during wet season.

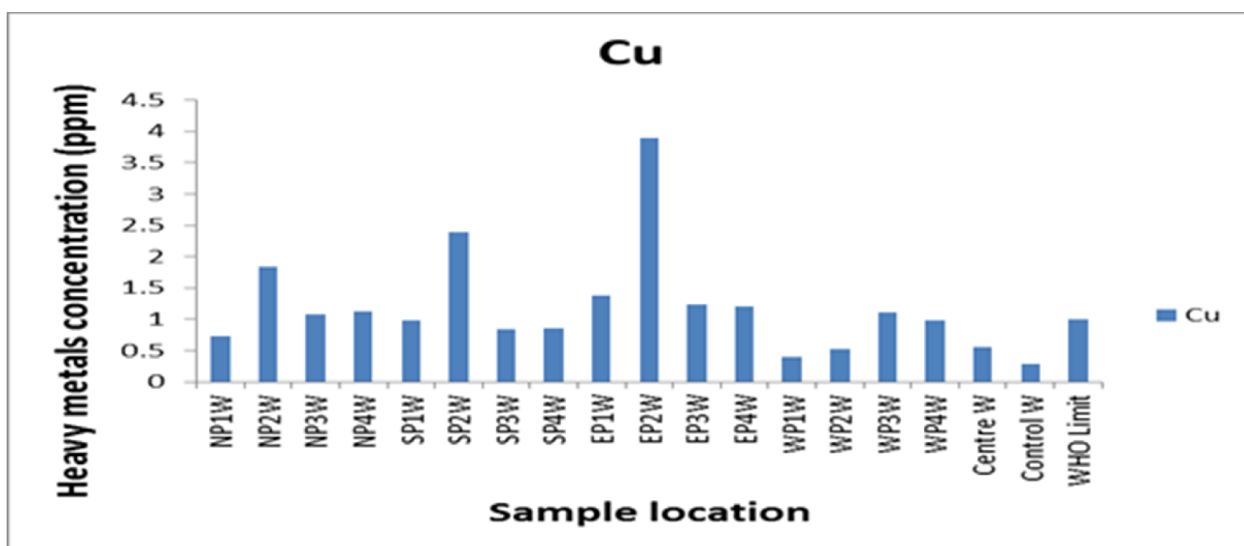


Fig 3.08 A plot of copper concentration against sample location during wet season

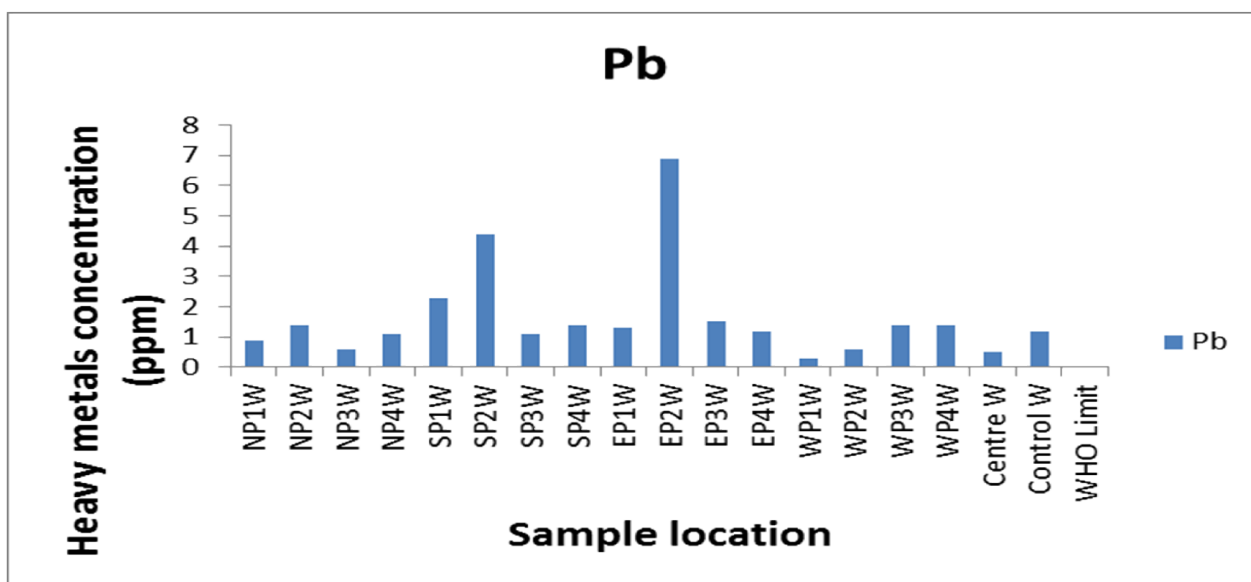


Fig 3.09 A plot of lead concentration against sample location during wet season

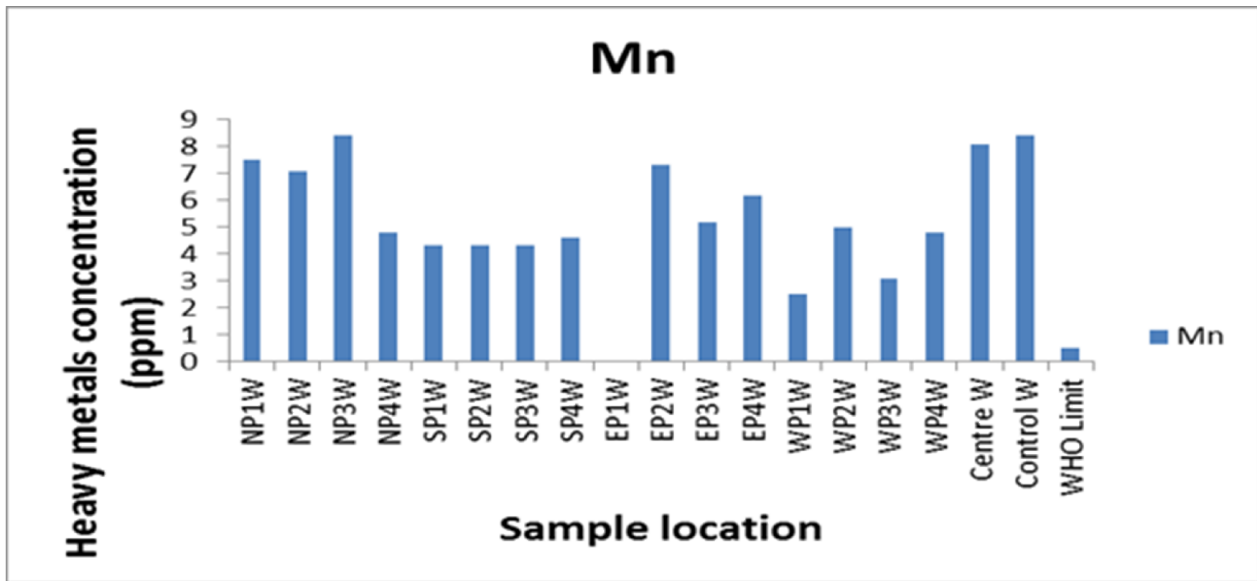


Fig 3.10 A plot of manganese concentration against sample location during wet season

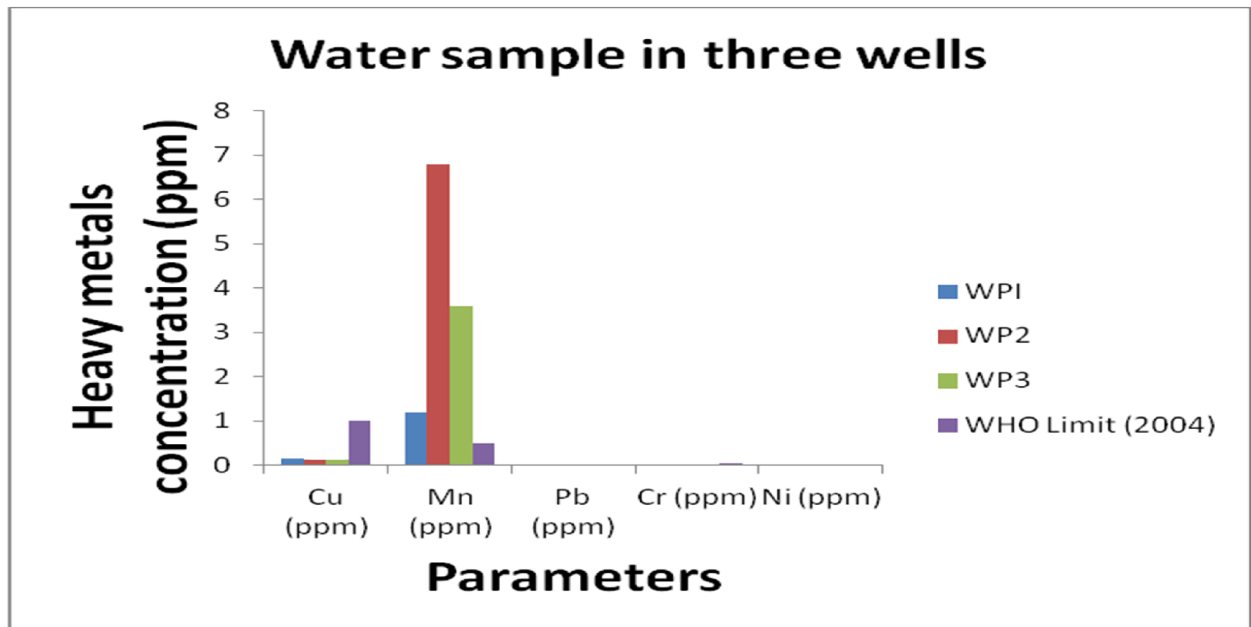


Fig 3.11 Plot of heavy metals against sample location three wells in Gosa dumpsite

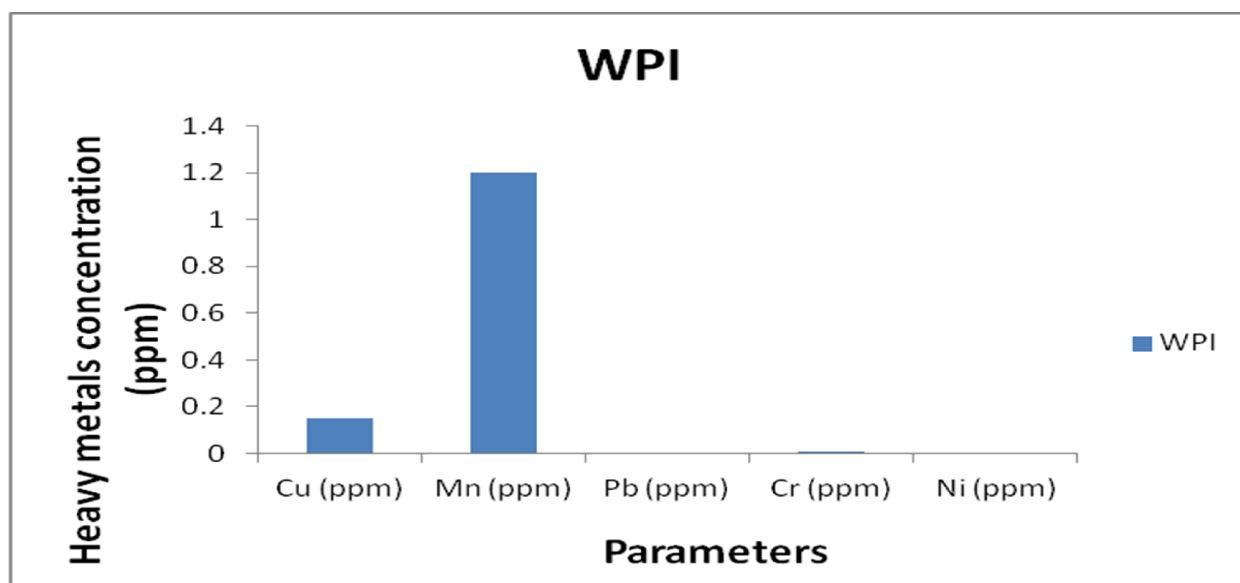


Fig 3.12 Plot of heavy metals concentration against well point one in Gosa dumpsite

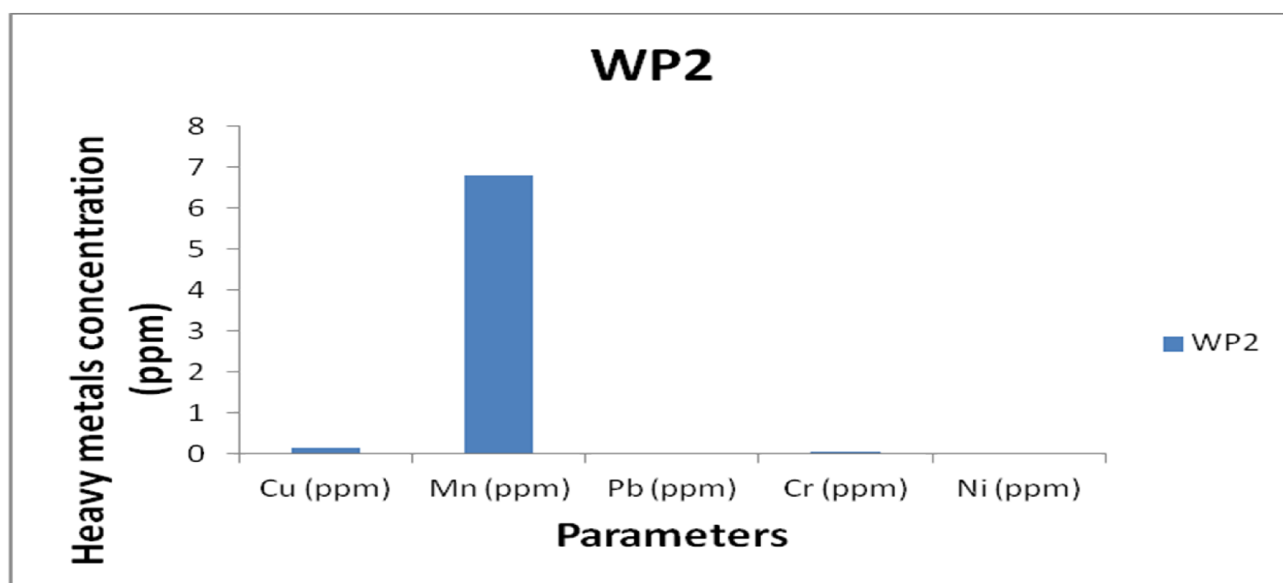


Fig 3.13 Plot of heavy metals concentration against well point two in Gosa dumpsite

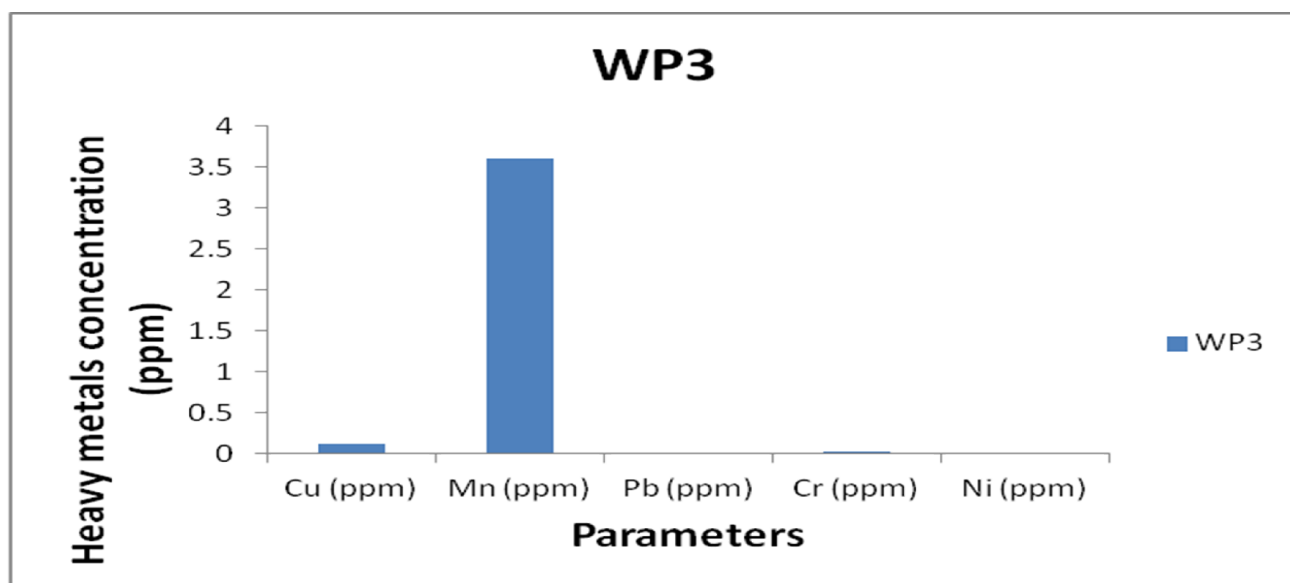


Fig 3.14 Plot of heavy metals concentration against well point three in Gosa dumpsite

4 CONCLUSION

The work on investigation of soil degradation resulting from migration in leachate in Gosa dumpsite, Abuja was successfully carried out. The concentration of heavy metals were obtained to be higher at some point within the dumpsite, but was recorded highest at the centre and control during wet season and highest in control sample during dry season. Out of the five heavy metals analyzed in Gosa dumpsite, only Pb and Mn concentration was found to have appreciable level and exceeds WHO standard. Cr and Ni was not detected in any case of the season, Cu concentration has two points in both season that exceeded WHO limit, while the rest points were below standard and fell within acceptable limit.

However, the results indicates that the dumpsite and Gosa community contains increased level of Mn and Pb ions, leaching of heavy metals but not to a level of contaminating underground water for people to drink and degrading the soil for farming activities. However, in years to come attention should be given to the site because if such activities continues at the dumpsite, there will be high level of leachate generation, heavy metals may increase above tolerance and may reach toxic levels through food chain which course for concern as these metals can accumulate to pollute the environment (soil and underground water).

ACKNOWLEDGEMENT

It is of great importance to acknowledge the management and staff of the Abuja Environmental Protection Board (AEPB) for the information given about Gosa dumpsite during this work.

REFERENCES

- [1] Adamu S., (2000), A brief history of Yauri emirate council, ABU press, Zaria, pp. 2- 8.
- [2] Adefemi O.S, Awokunmi E.E (2009). The impact of municipal solid waste disposal in Ado Ekiti metropolis, Ekiti State., Nigeria Afr. J. Environ Sc. Tech, 3(8); 186 – 189.
- [3] Adefolalu DO (2007). Nigerian eco-climatic atlas for North West zones, centre for climate change and fresh water resources. FUT Minna, Nigeria.
- [4] Ademoroti, C. M. A., (1996), Environmental Chemistry and Toxicology, Foludex Press Ltd., Ibadan, Nigeria.
- [5] Bouchez, T., Munoz, M.L., Vessigaud, S., Bordier, C., Aran, C., and Duquennoi, C., (2003), Clogging of MSW Landfill Leachate Collection Systems: Prediction Methods and in Situ Diagnosis, Proceedings Sardinia 2003, 9th International Waste Management and Landfill Symposium, S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy, (CD-ROM).
- [6] Bruinsma, J., (2003), World agriculture: towards 2015/2030: an FAO perspective: FAO: Earthscan: Rome; London.
- [7] Eddy N.O, Ndibuke M. O, Ndibuke E.O., (2004), Heavy metals in sediment from Cross River at Oron., Afr. J. Environ. Pollut. Health, 3 (5): 21-26

- [8] Federal Environmental Protection Agency (FEPA) (1995). Corporate profile, Metro prints Ltd, Port Harcourt.
- [9] Freeze, R.A., Cherry, J.A. 1979. Groundwater. Prentice-Hall, 479 pp.
- [10] Good, D. H. and Reureny R. (2006). The fate of Easter Island: the limit of resources management Institutions. Ecological economics, 58(3) : P473
- [11] Hazra T., Goel S., (2008), Solid waste management in kolkata, Journal of waste management, In Press.
- [12] Hawkes J. S., (1997). Heavy metals, J. Chem. Educ. 74(11): 1374.
- [13] Lenntech water treatment and purification (2004). Water Treatment, Publish by Lenntech Rotterdamseweg, Netherland.
- [14] Miroslav R. and Vladimir N. The Royal Society of chemistry, 1999. Milton Road, Cambridge, Uk.
- [15] Rowe, R.K and VanGulck, J.F. (2004) Filtering and Drainage of Contaminated Water, 4th International Conference on GeoFilters, Stellenbosch, South Africa, October, pp1-63.
- [16] Rowe, R.K., and Mclsaac, R. (2005) Clogging of Tire Shreds and Gravel Permeated with Landfill Leachate. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 131(6): 682-693.
- [17] World Health Organisation (WHO) (Ipcs) (2011). Environmental Health Criteria 171; Diesel fuel and Exhaust Emission. WHO Geneva. 389 pp, 2004.
- [18] Scherr, S. J. (1999). Social degradation: A threat to developing-country food security by 2020? International Food Policy Research Institute: Wastington DC.
- [19] Abida, B., Ramaih, M., Harikrishma, I., and Veena, K., (2009), Analysis of heavy metals concentrations in soils and litchens from various localities of Hosur road, Bangalore, India. E-Journal of Chemistry, 6(1): 13-22
- [20] Agunwamba, J. (1998). Solid waste management in Nigeria: problems and issues. Journal of Environmental Management, 25 (2), 849-856.
- [21] Ali, M., Cotton, A. and Westlake, K. (1999). Down to earth: solid waste disposal for low-income countries. Journal of Environmental Management, 2 (12), 745-751.
- [22] Allen, A. (2001). Containment landfills. Journal of Engineering Geology, 60 (4), 3-19.
- [23] Bagchi, A. (2004). Design of landfills and integrated solid waste management, Journal of International Waste and Enviromental Management, 11 (31), 1121-1128.
- [24] Barrett, A. and Lawlor, J., (1995), The economics of waste management in Ireland. Journal of Economic and Social Research, 12 (9), 121-126.
- [25] Campbell, D. (1993). Environmental management of landfill sites, Journal of International Waste and Enviromental Management., 7(2), 170 - 173.
- [26] Chifamba, P. (2007). Trace metal contamination of water at a solid waste disposal site at Kariba, Zimbabwe. African Journal of Aquatic Science, 32 (1), 71-78.
- [27] Diwekar, U., (2005), Green process design, industrial ecology, and sustainability, Journal of Environmental Management, 44 (6), 215-235.
- [28] Fergusson, J. (1990). The heavy elements: chemistry, environmental impacts and health effects. London, UK: Pergamon Press
- [29] Christensen, T.H., Cossu R., Stegmann, R. (Eds.), Proceedings Sardinia 03, Ninth International Waste Management and Landfill Symposium, (pp. 77). London, UK: CISA Publisher.
- [30] Madumelu, P., Okafor, J. and Akoma, O. (2001). The Effect of some Additives on the Physical and Organoleptic Quality Characrtteristics of Fermented Cassava, Polymath Journal, 2 (1), 3-4.
- [31] Mclsaac, R., and Rowe, R. (2006) Effect of Filter-Separators on the Clogging of Leachate Collection Systems. Canadian Geotechnical Journal, 43(7): 674-693.
- [32] Scherr, S. J., (1999), Social degradation on dumpsite., Journal of International Food Science International., 4 (2), 99-104.
- [33] www.unep.org/cpi/briefs/2008May14.doc
- [34] World Health Organisation (WHO) (Ipcs) (2011). Environmental Health Criteria 171; Diesel fuel and Exhaust Emission. WHO Geneva. 389 pp, 2004.
- [35] Standard Organisation of Nigeria (2007).

Profil social du chef de ménage et variabilité des revenus en milieu rural au Katanga : cas de trois villages du territoire de Kipushi, RD Congo

[Social profile of head household and variability of incomes in rural area in Katanga: case of three villages of Kipushi territory, DR Congo]

Mushagalusa Balasha Arsene, Kyungu Nyembo Manix, Kabala Kazadi Laurent, and Mujinga Kaoma Modeste

Département d'économie agricole, Faculté des sciences agronomiques,
Université de Lubumbashi, Lubumbashi, Katanga, RD Congo

Copyright © 2015 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: Income is an indicator and one of measurements used in the studies of poverty. Poverty in rural areas covers deep disparities according to social characteristics' (gender, education, occupation...) of the household head. This work aims to contribute to the studies on the poverty dynamics in rural area. Its main goal is to analyze the variability of incomes according to social profile of the households head in rural area in Katanga. Methodologically, 123 households taken in a random way were surveyed in 3 villages of Kipushi namely Kanyameshi, Makwatsha and Mimbulu. Five types of households are identified according to their professions (farmers 54%, craftsmen 11%, tradesmen farmers 18%, civil servants 5%, and farm labourers 12%). There are the agri tradesmen who earn more income (1320\$) per year and 25% of the farmers, of the farm labourers, civil servants and the craftsmen realize nearly similar incomes. The marital status did not influence the income but the widowers have low income (703\$) per year and 25% of them do not reach 465. 6\$. As for the education, a significant difference is observed between the levels ($p=0,011$). If the academics have higher incomes followed by the illiterates, however, 25% of the latter have less of 450\$ per year. Being given that the rural incomes seem to be fluctuating and liable to several risks, to increase them surely, these results plead for a rural development which passes first of all by an agricultural development, sector of more opportunities.

KEYWORDS: Poverty, Income, Household head, Occupation, Marital status, Education.

RESUME: Le revenu est un indicateur et une des mesures utilisées dans les études de la pauvreté. Il se situe à un niveau bas en milieu rural et cette situation s'accompagne des profondes disparités selon les caractéristiques sociales (genre, niveau d'instruction, profession exercée...) du chef de ménage. Ce travail qui cherche à contribuer aux études sur la dynamique de la pauvreté en milieu rural a comme objectif d'analyser la variabilité des revenus en fonction du profil social du chef de ménage en milieu rural au Katanga. Du point de vue méthodologique, 123 ménages pris de manière aléatoire ont été enquêtés dans trois villages de Kipushi notamment Kanyameshi, Makwatsha et Mimbulu. Cinq types de ménages sont identifiés selon leurs professions (agriculteurs 54%, artisans 11%, agri commerçants 18%, fonctionnaires 5%, ouvriers 12%). Ce sont les agri commerçants qui ont plus de revenu soit 1320\$ l'an et 25% des agriculteurs, d'ouvriers, fonctionnaires et d'artisans réalisent des revenus presque similaires. L'état civil n'a pas influé sur le revenu mais les veufs en ont les plus bas soit 703\$ l'an et 25% d'eux n'atteignent pas 465,6\$. Quant à l'instruction, une différence significative est observée entre les niveaux ($p=0,011$). Si les universitaires ont des revenus supérieurs suivis des analphabètes, cependant, 25% de ces derniers ont des revenus inférieurs à 450\$ l'an. Etant donné que les revenus ruraux semblent être instables et sujets à plusieurs aléas, pour les accroître, ces résultats plaident pour un développement rural qui passe de prime abord par un développement agricole, secteur à plus d'effets d'entraînement.

MOTS-CLEFS: Pauvreté, Revenu, Chef de ménage, Profession, Statut matrimonial, Instruction.

1 INTRODUCTION

La République démocratique du Congo (RDC) est l'un des pays à faible revenu au monde et dont un nombre important de ménages accroupissent dans l'insécurité alimentaire [1],[2]. Avec un taux de pauvreté élevé à 71,3%; 87,7% vivent de moins de 1,25\$ par jour par personne [3],[4]. Pour [5], le niveau des indicateurs des Objectifs du millénaire pour le développement reste plus mauvais en RDC que dans les autres grands pays pauvres d'Afrique subsaharienne. Cette situation s'accompagne de profondes disparités selon les caractéristiques sociales (genre, niveau d'instruction, profession exercée...) du chef de ménage et la localisation ou le milieu de résidence. Par exemple, le taux de l'insécurité alimentaire et de la pauvreté est deux fois plus élevé en milieu rural (39%) qu'en milieu urbain (19%)[6]. Les études menées au Benin par [7] révèlent que les ménages exclusivement agricoles affichent un niveau de pauvreté plus élevé que les ménages dont les chefs exercent dans le commerce ou le transport. Au Katanga, le seuil de la pauvreté est de 69,1% [8] et cette province appartient au groupe où le niveau des ménages en insécurité alimentaire varie entre 25 et 50% [1]. Les études récentes menées par [9] présentent les ménages agricoles de quelques villages de Kipushi dans une situation de pauvreté monétaire et alimentaire d'une part et décrivent le fossé homme femme dans les exploitations agricoles familiales d'autre part, pourtant celles-ci constituent pour la majorité des ménages agricoles leur principale source de revenu [10]. Suite à la faiblesse de la création d'emplois dans le secteur formel, en ville ou en milieu rural [11], les ménages développent des stratégies d'adaptation en diversifiant les sources de revenu et les cultures au sein des exploitations agricoles [12] ou travaillent dans les carrières minières artisanales au péril de leur vie pour gagner à peine un dollar par jour pour avoir un minimum vital[13]. Les revenus en milieu rural sont toujours à un faible niveau [14] mais il n'est pas simultanément aisé de les déterminer avec exactitude surtout dans le contexte d'une économie informelle généralisée sur l'étendue du pays [15] et d'autant plus que ces revenus sont sujets à plusieurs facteurs ou aléas. Par exemple, 80% de la population rural en RDC vivent de revenus et de produits agricoles[16] mais le faible rendement, la perte due la conservation (beaucoup plus remarquée pour les produits maraichers), la fluctuation des prix agricoles et les importations qui concurrencent la production locale plongent les ménages agricoles dans une situation d'incertitude ou de déception financière. Etant donné que le monde rural est au-delà du secteur agricole[17], il est nécessaire d'appréhender la manière dont les ménages ruraux forment leurs revenus pour mieux comprendre leur dynamisme[18]. Cette démarche se résume dans le cadre de ce travail en 3 questions : le type de profession exercée a-t-elle un impact sur le revenu en milieu rural? , comment ces revenus varient-ils en fonction du statut matrimonial du chef de ménage ? Le niveau d'instruction a-t-il un effet sur le revenu du ménage dans le contexte des villages sous étude? Les hypothèses avancées vont premièrement dans le sens où les ménages ruraux diversifient leurs sources de revenus mais l'agriculture est la principale source pour la majorité bien que les revenus générés soient modestes.[11]. Deuxièmement, la profession exercée et l'état civil ne créeraient du point de vue statistique de différences de revenu mais les écarts seraient observables entre les groupes. Par ailleurs ; il y a lieu de soupçonner que le niveau d'instruction du chef pourrait avoir une incidence sur le revenu du ménage. Les études (à l'échelle provinciale) sur la pauvreté au Katanga existent [8] mais très peu d'elles ont prêté une attention sur les revenus des ménages ruraux surtout ceux de la zone agricole de Lubumbashi [19]. Eu égard à ce qui précède, ce travail se fixe l'objectif d'analyser la variabilité des revenus en fonction du profil social des chefs des ménages en milieu rural plus précisément dans les villages précités. Etant donné que l'incidence de la pauvreté rurale est liée à sa structure et à sa productivité [20], le but de cet article est de contribuer aux études sur la dynamique de la pauvreté en milieu rural pour rendre disponible les informations aux acteurs de développement et les autorités locales afin d'entreprendre les actions concrètes pour la promotion du monde rural. L'objectif spécifique poursuivi par ce travail est la comparaison de revenu en fonction du genre, de la profession exercée, de l'état civil et le niveau d'instruction du chef de ménage. Ensuite, l'étude fournit des explications de chaque situation dans la discussion des résultats.

2 MILIEU ET METHODES

2.1 DESCRIPTION DU MILIEU D'ETUDE

Situé dans la province du Katanga, le territoire de Kipushi est localisé à 11 ° 46' Sud et 27° 23' Est de la RD Congo. C'est une entité politico administrative décentralisée d'une superficie de 12059 km² avec une population de 283786 dont 17866 ménages agricoles. Ce territoire occupe une position stratégique étant donné que la ville de Lubumbashi (chef-lieu de la province du Katanga) s'y situe entièrement (**Fig. 1**) [22]. Outre la cité de Kipushi, qui est essentiellement minière, le territoire s'étend sur deux chefferies et un secteur (chefferie Kaponda, Kinama et le secteur Bukanda) .Il est limité au nord par le territoire de Kasenga, au Sud par le Territoire de Sakanya et République de la Zambie, à l'Est par la République de la Zambie et à l'Ouest par Territoire de Kambove .L'étude s'est déroulée dans les villages Mimbulu, Kanyameshi situés respectivement à ± 18km et ± 28km de Lubumbashi sur la route Kipushi et Makwatsha à 41 Km de Lubumbashi sur la route Kasumbalesa. Le

sol de ces villages serait pauvre en azote et nécessiterait un apport en chaux et en fertilisant pour améliorer la productivité agricole [21].

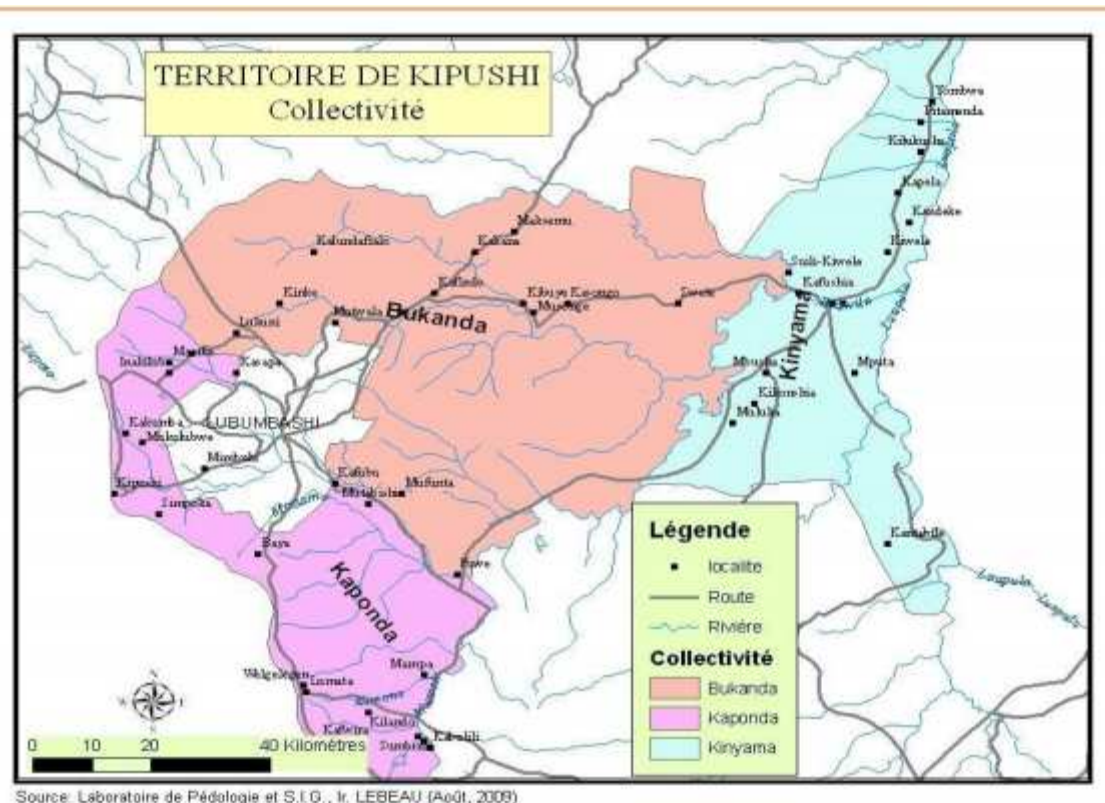


Fig.1. Carte représentant le territoire de Kipushi tirée de Tshomba et al, 2013.

2.2 ASPECTS SOCIOÉCONOMIQUES DU MILIEU

Le territoire est bien réputé pour ses activités minières mais dans les villages enquêtés, la principale activité économique est l'agriculture du type familial. Dans un contexte de pauvreté et de la faible productivité agricole comme partout en RD Congo [19], plusieurs stratégies sont développées par les ménages assurer leur sécurité alimentaire ainsi que leur survie[23]. Ainsi à Kipushi, hommes et femmes se débrouillent de façon à subvenir tant soit peu au besoin de leurs ménages au travers diverses activités. Outre l'agriculture devenue un secteur de refuge de la population dans l'arrière-pays minier du Katanga [24] d'autres activités comme l'exploitation artisanale minière, la fabrication de briques et le charbon de bois sont pourvoyeurs de revenus dans les villages. La commercialisation des produits agroalimentaires reste dominée par les femmes qui en tirent les revenus pour prendre soin de leurs familles. Par ailleurs, on rencontre quelques fermes dans les villages Mimbulu et Kashamata qui constituent une cadre d'emploi agricole pour quelques villageois à une rémunération dérisoire.

2.3 MATERIELS ET METHODES

La méthodologie utilisée dans ce travail est héritée d'un travail socioéconomique mené dans le même territoire par[12]. Les données utilisées dans cette étude proviennent des enquêtes couplées aux interviews menées du février au juillet 2013 et février -juillet 2014 dans le cadre de travaux de recherches menés à la faculté des sciences agronomiques de l'Université de Lubumbashi. Pour mener cette recherche, un questionnaire a été conçu pour recueillir les informations. Ces informations portaient sur le genre, niveau d'instruction, l'état civil, la taille de ménage, type de profession exercée, salaire ou revenu gagné des activités principales génératrices de revenu, l'argent reçu de transfert d'amis ou membres de famille ainsi que l'affectation de ces ressources. Au total, 123 ménages ont été enquêtés en raison de 50 à Mimbulu, 42 à Makwatsha et 31 à Kanyameshi. Ces villages, tous de la zone agricole de Lubumbashi ont été choisis sur base de leur accessibilité, la prédominance de plusieurs sources de revenu (artisanat, commerce, des activités agricoles toute l'année...) Le choix des ménages ruraux, pris de manière aléatoire après chaque 5 habitations est dû au fait que leurs activités ne sont pas seulement relatives à l'agriculture mais prennent en compte tous les aspects de l'économie rurale. Les enquêtes se déroulaient chaque weekend pour avoir la chance de rencontrer les responsables ou les adultes au sein des ménages. Selon

les sources de revenus, trois types de ménages ont été repérés. Les ménages agricoles, les ménages agri commerçants, artisanaux et ordinaires. Est considéré ici comme ménage agricole, le ménage dont le chef de ménage ou son épouse n'a comme activité économique que l'agriculture et dont dépend la survie des membres du ménage. il n'a comme autre source de revenus que les dons, les transferts ou le salariat agricole.[17]et tous les membres reconnaissent l'autorité d'un même chef de ménage (également chef d'exploitation ou de famille dans la plus part de cas) et prennent leur repas ensemble. Les ouvriers agricoles sont associés aux ménages agricoles car dans la plus part de cas, sa famille (femme et/ou enfant,...) pratique l'agriculture. La deuxième catégorie comprend ces personnes dont leur occupation principale est la commercialisation des produits agroalimentaires de la Zambie - Kipushi – Lubumbashi ou bien au sein du village ou du village vers un centre de consommation. Les ménages artisanaux englobent les femmes peintres de Makwatsha, les briquetiers et creuseurs dans les carrières minières. Un ménage ordinaire ici est celui qui ne jouit que de revenu issu du salaire dans le secteur formel. Ces gens sont très moins nombreux et travaillent dans la fonction publique (enseignants). Le niveau d'instruction ici ne tient pas compte nécessairement de l'obtention de diplôme mais le fait seulement d'avoir fréquenté une institution d'enseignement au minimum 2 ans. Cette étude n'a pas identifié (le nombre) toutes les sources de revenu par ménage mais plutôt elle indique le revenu issu de la source principale pour chaque chef de ménage enquêté. Pourquoi cette étude s'intéresse-t-elle au revenu des ménages ? Le revenu est indicateur utilisé pour mesurer non seulement le bien être de la population mais aussi la pauvreté. En plus, la connaissance des revenus et leurs sources donnent la vue et la compréhension de la dynamique de la pauvre et le moyen d'existence de la population pauvre [25],[20]. Enfin, c'est le revenu qui détermine le pouvoir d'achat[26] et qui permet à chaque ménage de consommer les biens et services. Dans la discussion, un accent sera mis sur le revenu agricole en ce sens que l'agriculture occupe plus d'un rural. Le revenu considéré ici est relatif à une période donnée (pendant la période d'enquête) mais étant donné que certaines activités des ménages (maïsiculture par exemple) ne peuvent pas procurer mensuellement l'argent, l'étude a contourné cette difficulté en ramenant tous les revenus à l'échelle annuelle. Dans ce cas, la prudence reste de mise car les fluctuations de revenus selon les périodes [17] ne sont pas prises en compte ici. Selon[27], le revenu en milieu rural est la somme de gains agricoles et non agricoles ou bien de l'emploi. Les données récoltées ont été saisies sur Excel et ensuite transférées vers le logiciel Statistical Package for Social Scientists (SPSS21). Les statistiques descriptives sont appliquées pour calculer les fréquences, les pourcentages, les moyennes, écart types et les quartiles. L'analyse de la variance a servi pour comparer ces moyennes. La grande difficulté rencontrée pendant la récolte de données de ce travail était la réticence des enquêtés à déclarer leurs revenus du à un manque de confiance.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 CARACTÉRISTIQUES SOCIODÉMOGRAPHIQUES DES MÉNAGES ENQUÊTÉS

Les ménages enquêtés contenaient en moyenne 7 personnes et dirigés par les hommes à 81% et les femmes chefs de ménages ne représentaient que 19%. 59,4% de ces chefs de ménages ont un âge variant entre 18-49 ans. Cette tranche est celle d'intense activité pour l'homme pour accumuler la richesse. Les résultats sur le genre se rapprochent à ceux de [28] trouvés au sein des ménages agricoles burundais où 74 % des exploitations sont dirigées par les hommes contre 26 % de femmes. La même taille de ménage a été récemment trouvée dans les mêmes villages par[19] et au Bénin par [7]. C'est sur cette taille que repose la main d'œuvre familiale mais lorsque tous les individus ne sont pas tous actifs pour contribuer aux charges du ménage, une large taille peut être une cause et accentuer la pauvreté. Ces femmes chefs de ménages sont identifiées plus dans la catégorie de veuves et célibataires. Les femmes mariées chefs des ménages ne le sont temporairement qu'à l'absence de leurs maris. Les études menées au Sénégal montrent aussi qu'on trouve les plus fortes proportions de femmes chefs de ménage parmi les personnes célibataires ou en rupture d'union ; ainsi les chefs de ménage veufs ou divorcés sont majoritairement des femmes (respectivement 86,6 % et 69,2 %) contre à peine 11,7 % et 12,1 % pour ceux qui vivent en union polygamique ou monogamique[29]. Tous ces chefs identifiés ne sont pas tous agriculteurs mais chacun tente saisir l'opportunité disponible dans son environnement pour développer une activité génératrice de revenu les revenus.

3.2 LES REVENUS

La diversification de moyen d'existence inclue les activités agricoles et non agricoles, l'emploi ou autres services pour générer les revenus. La profession n'étant bien définie en milieu rural, ce qui est pour un ménage donné une activité principale peut être une stratégie de survie ou une activité complémentaire de revenu pour un autre ménage[30]. Toute fois, le revenu généré en milieu rural mérite une attention particulière en ce sens que la croissance des revenus ruraux réduirait non seulement la pauvreté rurale mais encore la pauvreté urbaine alors que l'inverse n'est pas vrai[31]. Quant à ces revenus,

il existe des disparités entre les villages de même qu'au niveau des ménages d'un même village. Ainsi, sans tenir compte de sources, à Kanyameshi, le revenu annuel moyen s'élève à 1152\$, il baisse de 24\$ et de 81,6\$ respectivement à Mimbulu et Makwatsha. Une similaire situation est décrite dans certaines communes de Maroc où les disparités entre les communes au sein d'une même région sont parfois plus grandes que les régions elles-mêmes [32]. Pour le cas de villages étudiés ; il y a lieu d'affirmer que l'enclavement d'un village ou son éloignement du centre ville peut influencer sur le revenu agricole [33]. C'est le cas de Makwatsha qui est plus éloigné (41km) de la ville de Lubumbashi et d'où les revenus bas sont enregistrés.

3.3 GENRE ET VARIABILITÉ DES REVENUS

Les hommes avaient des revenus légèrement supérieurs aux femmes. En moyenne, le chef de ménage du sexe masculin en avait 1116\$ l'an alors que la femme réalisait 1092\$. 25% de toutes les deux catégories en avaient moins de 660\$. 192\$ étaient les plus bas revenus réalisés par la femme alors que 180\$ étaient signalés chez l'homme. Le revenu plus élevé chez l'homme était de 3996\$ et 3324\$ pour la femme. Si les revenus des femmes se rapprochent à ceux des hommes, cela est expliqué par le fait que plus de femmes intègrent la chaîne de commercialisation des produits agricoles simultanément actrices dans l'agriculture familiale. Or le commerce des denrées alimentaires est rentable car l'accroissement démographique de la ville de Lubumbashi et de la cite de Kipushi entraîne aussi une hausse de la demande alimentaire. Cependant, la production locale ne couvre pas les besoins alimentaires. Récemment, [10] ont indiqué que même au niveau de la production agricole, les femmes enregistraient des faibles productions que les hommes. Selon plusieurs organisations, ce faible rendement de même que le revenu sont justifiés principalement par le faible accès et inégal aux ressources et facteurs des productions par la femme [34].

3.4 PROFESSIONS ET VARIABILITÉ DES REVENUS DES CHEFS DES MÉNAGES

Si dans les zones urbaines comme Lubumbashi une proportion importante de ménages tire leurs revenus des services et des industries, le cas n'est pas pareil dans les zones rurales. Dans la ville comme Dakar par exemple où 30 % du revenu proviennent de salaire, viennent ensuite les entreprises non agricoles, les transferts et la propriété[29] mais les zones rurales abritent très peu d'entreprises pour donner l'emploi aux ruraux. Les résultats trouvés dans les villages enquêtés sont presque similaires à ceux obtenus dans d'autres zones en république démocratique du Congo. Ils confirment en premier lieu que l'agriculture occupe la majorité de la population rurale[16],[24],[35],[36],[37] mais dans un contexte de chute de production, 80% de celle-ci n'est que pour l'autoconsommation[23]. Il est rapporté que la RDC a connu non seulement la chute de sa production agricole mais aussi le revenu par tête a sensiblement baissé comparativement aux années 60 et la part de l'agriculture dans la formation de revenu est tombée de 75 à 54 pour cent[2]. Les résultats trouvés au Burundi prouvent que les activités agricoles (65%) sont plus représentées que les activités extra agricoles (35%)[38]. Par ailleurs, les revenus identifiés ici se situent dans la gamme de revenus trouvés dans le territoire d'opale où l'enclavement rural a de l'influence sur l'inégalité de revenu variant de 789,4 à 2333,7 \$ l'an [33].

Tableau 1. Professions exercées et variabilité des revenus des chefs de ménages

Professions	Effectif (%)	Revenu moyen	1 ^e quartile	Médiane	3 ^e quartile
Agriculteurs	66 (54)	1092±618	705,6	1065,6	1333,2
Artisans	14 (11)	1035,6± 643,2	650,4	866,4	1333,2
Agri commerçants	22(18)	1320± 703,2	751,2	1200	1861,2
Fonctionnaires	6(5)	1040,4± 552	600	840	1507,2
Ouvriers agricoles	15(12)	1005,6± 124,8	600	1066,8	1333,2

Ce tableau 1 montre que sur 100% des ménages enquêtés, 54% soit 66 chefs des ménages ont pour profession l'agriculture, 11% œuvrent comme artisans, 22(18%) sont agri commerçants, 5% sont fonctionnaires et 12% travaillent dans les fermes et dans les exploitations familiales des autres. Les revenus annuels de l'agriculture sont de plus ou moins 1092\$. 25% des agriculteurs ont des revenus inférieurs à 705,6\$ lorsque la moitié d'eux en a moins de 1065,6\$ l'an. Même si aucune différence significative ($p>0,05$) n'est indiquée quant aux revenus et la profession, il est cependant observé que les chefs de ménages ayant combiné l'agriculture et le commerce ont des revenus moyens élevés de plus ou moins 1320\$ alors que 75% d'eux en ont moins de 1861,2\$. C'est dans la catégorie des ouvriers agricoles où les revenus moyens sont légèrement faibles (1005,6\$) mais 25% d'eux ont les mêmes revenus que les fonctionnaires en dessous de 600\$. Les revenus sont identiquement inférieurs à 1333,2\$ pour 75% des ouvriers, artisans et agriculteurs. Dans son étude sur les inégalités de revenu au Sud Kivu,[17]révèlent que les ménages agri commerçants et les simples agriculteurs leurs revenus se

différent. Les auteurs montrent que les revenus annuels totaux des ménages agri commerçants étaient de 1978,1\$. Ces agri commerçants ont également des revenus agricoles supérieurs (914,4\$US) par rapport aux ménages agriculteurs (607,3\$US). Ceci est justifié en partie par le rôle que joue l'activité non agricole comme source de financement de l'agriculture familiale et un appoint dans l'amélioration de la sécurité alimentaire [14]. Par ailleurs, en examinant le premier quartile des artisans, fonctionnaires et ouvriers, ils correspondraient à une catégorie plus pauvre qui dispose un revenu de 50\$ à l'échelle mensuelle si on se repliait aux résultats de [39] dans la ville de Kinshasa. Pour ce qui est des ouvriers agricoles dont les fermes constituent un cadre d'emploi, [40] rapporte que leur emploi assure une émancipation surtout chez les femmes mais la rémunération reste médiocre pour 60% des ouvriers dans le pays comme le Maroc et l'Egypte. En observant le 3^e quartile des agriculteurs, artisans et ouvriers on est en face d'un même revenu mais en moyenne, ce revenu devient plus maigre (621,6\$ par an soit 51,8 / mois) chez le chef de ménage veuve ayant fréquenté au minimum deux ans d'école primaire, de âgée de plus de 64 ans et dont l'agriculture est la seule source de revenu. L'explication de ce phénomène est dû au fait que la veuve est vulnérable du point de vue plusieurs facteurs : primo, son âge affecte négativement ses potentialités physiques avec corollaire un sensible rétrécissement de son exploitation agricole familiale et abandon des filières lucratives très exigeantes comme le maraichage. Secundo, la plus part de ses enfants auraient déjà quitté la maison pour aller fonder leurs foyers, avec comme conséquence la perte de la main d'œuvre et l'aide familiale [12]. En plus, certaines barrières socioculturelles africaines font que la veuve ne jouisse pas des ressources laissées par son mari défunt comme le montre [7] dans son expérience au Bénin.

3.5 ETAT CIVIL DU CHEF DE MENAGE ET VARIABILITE DES REVENUS

Ce tableau ci-dessous présente la variabilité des revenus en fonction du statut matrimonial des chefs de ménages enquêtés.

Tableau 2. Variabilité des revenus en fonction de l'état civil du chef de ménage

Etat civil	Effectif (%)	Revenu moyen	1 ^e quartile	Médiane	3 ^e quartile
Mariés	101(82)	1153,2±384	666	1065,6	1333,2
Célibataires	14(11)	1050±648	804	1140	1232,4
Veufs	8(7)	703,2±252	465,6	692,4	794,4

Ce tableau 2 renseigne que sur 123 enquêtés, 101 soit 82% étaient mariés, 11 et 7 % étaient respectivement célibataires et veufs. L'analyse de la variance(ANOVA) n'a révélé aucune différence significative ($p>0,05$) mais il est observé que les mariés ont des revenus annuels supérieurs ($\pm 1153,2$ \$) aux célibataires et de loin supérieurs aux veufs qui en ont $\pm 703,2$ \$. 25% de ces veufs ont des revenus de moins de 465,6\$ pendant 50% en ont moins de 692,4\$ et 75% de la même catégorie ne réalisent pas 794,4 \$ l'an. En observant le deuxième quartile de célibataires, ils ont des revenus élevés même si ils n'atteignent pas 1140\$. Le revenu sont généralement faibles pour toutes les catégories mais le dynamisme de célibataires après les mariés se comprendrait sous plusieurs raisons notamment, la majorité étant moins âgée (18 à 35 ans) que tous, physiquement, ils sont forts pour affronter de travaux exigeants en énergie comme la fabrication de brique, exploitation artisanale minière. Deuxièmement, pour certains, c'est simplement une motivation sociale ; celle d'organiser la vie et fonder indépendamment son foyer. Les propos de l'un d'eux, âgé de 25 ans dans le village Makwatsha sont éloquentes « *comme bientôt je me marie, je dois travailler, épargner pour payer la dot à ma belle-famille* ». En revanche, si les mariés cherchent à tout prix à accroître leurs revenus, c'est par le fait qu'ils sont conscients de responsabilités (scolarisation des enfants, santé et alimentation) à assumer comme parents. Toutefois, avec une taille moyenne de 7 personnes, les revenus générés sont loin inférieurs pour faire face aux besoins sociaux de base (alimentation, santé et scolarisation)[12], pourtant, les ménages pauvres accordent une grande part(70%) de leur revenu pour l'alimentation[41]. Parmi les mariés, ce sont les hommes de niveau primaire œuvrant dans l'artisanat et les femmes agricultrices dont les conjoints sont absents de la maison qui enregistrent de faibles revenus (636\$). Pour les hommes, cette situation pourrait premièrement s'expliquer par le faible pouvoir d'achat des consommateurs de produits proposés mais aussi l'interdiction d'exercer dans la carrière minière artisanale a contribué à une chute brutale de revenu et des conditions de vie des artisans. Ceci peut se comprendre dans le propos d'un ex creuseur rencontré à Mimbulu « *nous faisons bonne affaire dans les carrières minières mais depuis que nous sommes contraints de quitter nos sites, il est actuellement difficile de vivre sans argent* ». Dans ces conditions, [42]souligne qu'une partie des chefs de ménages exerçant dans le secteur informel resterait vulnérable du fait de multiples aléas qui pèsent sur leurs activités.

3.6 NIVEAU D'INSTRUCTION ET REVENU DU CHEF DE MENAGE

L'éducation est essentielle pour le développement humain et la réduction de la pauvreté. Si l'amélioration du niveau d'éducation est une condition nécessaire à la réduction de la pauvreté, elle n'est assurément pas à elle seule la condition suffisante [20]. En milieu rural où plus d'un ménage tire l'essentiel de survie de l'agriculture ; le niveau d'instruction pourrait être un outil capital dans l'adoption de technologies agricoles pour la productivité agricole. Cependant les résultats rapportés dans plusieurs régions rurales congolaises indiquent qu'il y a une proportion importante d'analphabètes. Au sud Kivu par exemple, [43] rapportent que 45,8% de chefs de ménages étaient des analphabètes et 28,9% et 19,6% avec un niveau respectivement d'étude primaire et secondaire et 5,7% de niveau universitaire. Le niveau d'instruction diffère également en fonction du sexe. Le taux de scolarisation est le plus bas chez les femmes que chez les hommes. L'étude menée sur le niveau d'instruction et structures socioéconomiques dans les mêmes villages sous étude, révèlent que les analphabètes sont nombreux parmi les hommes alors que les femmes sont nombreuses ayant fait l'école primaire sans l'achever. Les chefs de niveau supérieur sont moins nombreux en milieu rural ne serait-ce que parce que les plus instruits y trouvent moins d'opportunités professionnelles. Ce même constat a été fait par [32] dans la commune rurale de Bitit au Maroc où seuls 6,4 % des chefs de ménage ont un niveau d'instruction « supérieur ».

Tableau 3. Variabilité des revenus en fonction du niveau d'instruction

Niveau d'étude	Effectif (%)	Revenu moyen	1 ^e quartile	Médiane	3 ^e quartile
Aucun	8(7)	1308 ±1172,4	450	1066,8	1524
Primaire	59(48)	1008±484,8	720	960	1200
Secondaire	52(42)	1132,8±552	666	1065,6	1332
Universitaire	4(3)	2006,4±612	999,6	2004	3000

De ce tableau on peut retenir que sur 100% des ménages enquêtés, la majorité soit 48% sont de niveau d'étude primaire, 42% de secondaire, 7% n'ont jamais fréquenté d'école alors que une petite proportion de 3% est arrivée à l'université. Une différence significative est observée entre les niveaux d'étude ($p=0,011$). Statistiquement, les revenus de chef de ménage ayant fréquenté l'école primaire et secondaire sont similaires mais ceux ayant fréquenté l'université ont des revenus élevés par rapport à d'autres. 50% de ces universitaires ne réalisent 2004\$ alors que 75% en ont moins de 3000\$ l'an. Pour les analphabètes, le fait qu'ils sont prédisposés à exécuter n'importe quel travail pour avoir de l'argent, cela explique leurs exploits en s'enlignant derrière les universitaires avec les revenus moyens de plus ou moins 1308 \$ pendant que 25% d'eux ont de la peine à gagner 450\$, une somme approximativement trois fois inférieure à la moyenne. Les revenus relativement supérieurs des universitaires s'expliqueraient par le fait qu'outre l'emploi officiel qu'ils exercent, duquel ils reçoivent une rémunération de manière régulière, ils ont la capacité de créer, diversifier et bien gérer d'autres activités génératrices de revenu non agricoles parallèles [12]. D'ailleurs, ces universitaires rencontrés sont à 50%(2) commerçants, 25% fonctionnaires. En plus, grâce à leur portefeuille et leur niveau, ces universitaires peuvent acquérir et adopter les innovations agricoles plus productives, lesquelles peuvent avoir l'incidence sur leur revenu. Plusieurs chercheurs signalent que le revenu provenant de l'activité non-agricole peut être un appoint significatif dans la formation du revenu global des ménages et jouer un rôle clé de sécurité alimentaire. [14],[17].

4 CONCLUSION

Il est nécessaire d'étudier les revenus vu leur importance dans le vécu quotidien des ménages et leur choix dans l'appréhension de la pauvreté. Cette étude avait comme objectif d'analyser la variabilité des revenus par rapport au profil social du chef de ménage. Spécifiquement, il s'agissait de comparer les revenus en fonction de la profession, de l'état civil et du niveau d'instruction du chef de ménage. Pour y arriver, une enquête a été conduite auprès de 123 ménages de Mimbulu, Makwatsha et Kanyameshi. Les résultats révèlent que les ménages enquêtés sont de 7 personnes, majoritairement dirigés par les hommes. Dans le contexte des villages étudiés, la profession exercée et le statut matrimonial du chef de ménage semblent n'avoir pas d'effet sur les revenus bien que les écarts soient observables. Il est remarqué que les chefs de ménages ayant combiné l'agriculture et le petit commerce avaient plus de revenu que tout le monde. 75% des agriculteurs, d'ouvriers agricoles et de fonctionnaires ont des revenus similaires inférieurs à 1333,2\$ l'an. Les veufs constituent une catégorie sociale qui gagne de revenu très faible et la situation s'empire lorsqu'elle est agricultrice, de niveau primaire et âgée de plus de 64 ans. Pour le niveau d'étude, ce sont les universitaires qui semblent gagner plus mais dans le contexte d'une économie informelle, ce sont les analphabètes qui viennent en deuxième position grâce à leur flexibilité et leur prédisposition pour n'importe quel travail. Au regard de la taille de ménage et les revenus repris ci-haut, il y a lieu de confirmer que les ménages

enquêtés baignent dans la pauvreté surtout que la quasi-totalité de membres ne dépendent que du seul revenu du chef de ménage. Ce travail recommande fortement et encourage l'éducation en milieu rural pour augmenter les chances professionnelles et réduire les inégalités dans les jours à venir. Les recherches ultérieures sont envisageables pour identifier toutes les activités génératrices des revenus.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient vivement Baraka patient, Tshitebwa Michel, Rodrigue Fota Dachabo Damien pour avoir participé à la récolte des données sur terrain.

REFERENCES

- [1] L.D'Haese, JP. Banea-Mayambu, A.-Remaut-De Winter , Food Security in the Democratic Republic of Congo ,pp.19,2013
- [2] World Bank ,Democratic Republic of Congo Boosting Growth and Employment, Report no.59631-ZR, Volume II: Historical and Macroeconomic Context ,pp132,2011
- [3] PNUD, Rapport Sur Le Développement Humain 2013, L'essor Du Sud : Le Progrès Humain Dans Un Monde Diversifié, P172, 2013
- [4] Ahmed Moumami,Analyse de la pauvreté en République démocratique du Congo, Working Papers Series N° 112, African Development Bank, Tunis, Tunisia.,2010
- [5] Banque Mondiale, Santé et Pauvreté en République Démocratique du Congo : Analyse et cadre stratégique de lutte contre la pauvreté, Rapport d'état Santé et Pauvreté, pp100.2005
- [6] INS, UNICEF, enquête par grappes à indicateurs multiples, MICS-RDC 2010, rapport final, 2011
- [7] E.Houngbo, Dynamique de pauvreté et pratiques agricoles de conservation de l'environnement en milieu rural africain: Le cas du plateau Adja au Sud-Benin. Environnemental Sciences. Université de Abomey-Calavi, pp 326,2008.
- [8] PNUD, Pauvreté et conditions de vies de ménages, province du Katanga, RDC, pp20, 2009
- [9] A. Mushagalusa , Tshomba , Assani , and Nkulu,"Insécurité alimentaire dans les ménages agricoles de Kipushi (R.D. Congo): Une appréhension en termes de dépenses monétaires",*International Journal of Innovation and Applied Studies* Vol. 10 No. 4 Mar. pp. 1144-1149,2015
- [10] Genre et exploitations agricoles familiales en milieu rural au Katanga : étude de cas de Kipushi,in press, *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 2015
- [11] Eric Tollens, La Flambée des Prix Alimentaires et les Actions à Entreprendre dans l'Immédiat (et Après) pour la RDC , International Food Policy Research Institu,2008
- [12] A. Mushagalusa , Kasanda, Nkulu and P. Lebailly," Niveau d'instruction et structures socioéconomiques des ménages ruraux de Kipushi : analyse de dynamisme et perspectives, in press, International Journal of Innovation and Applied Studies,2015
- [13] Global Witness.,Rush and Ruin The Devastating Mineral Trade in Southern Katanga, DRC, Washington DC ,pp.30,September 2004
- [14] N.Zhu, Impact De La Participation Aux Activités Non-Agricoles Rurales Sur L'inégalité: Une Analyse Des Zones Rurales En Chine, pp.26, 2005
- [15] Bart Weijs, Dorothea Hilhorst and Adriaan Ferf, Livelihoods, basic services and social protection in Democratic Republic of the Congo, Working Paper 2,pp.84,2012
- [16] P. Lebailly,Cinquante années de dépendance alimentaire en RDC : situation et perspectives .par Unité d'économie et développement rural GxABT-Ulg,Contributions de la formation et de la recherche agronomiques au développement durable du Congo Gembloux, pp9, le 19 octobre 2010
- [17] G. Furaha, M.Leki Et Ph. Lebailly ,,"l'impact des activités non-agricoles sur la pauvreté et l'inégalité rurales. cas des groupements katana et kavumu (province du sud-kivu",gembloux, 2013
- [18] D F. Bryceson,"African Rural Labour, Income Diversification & Livelihood Approaches: A Long-term Development Perspective", *Review of African Political Economy* No.80,pp.171-189, 1999.
- [19] Mushagalusa Arsène, Momba, Kasanda, and Nkulu Mwine,"Caractéristiques de l'agriculture familiale dans quelques villages de Kipushi: Enjeux et perspectives pour la sécurité alimentaire,"*International Journal of Innovation and Applied Studies* Vol. 10 No. 4, pp. 1134-1143,2015
- [20] FIDA, pauvreté rurale : Afrique de l'ouest et du centre, pp 113,2001.
- [21] Inspection de l'agriculture du territoire de Kipushi, rapport annuel interne des activités agricoles, pp.26,2012

- [22] J.T Kalumbu, J. M. F. Nkulu, F. Berti, P. Lebailly, Typologie des exploitations agricoles familiales du territoire de Kipushi/RDC, Territoires périurbains : développement, enjeux et perspectives dans les pays du Sud, Colloque international-ULg-Gembloux, 2013
- [23] Koen Vlassenroot ,Households land use strategies in a protracted crisis context: land tenure, conflict and food security in eastern DRC, Conflict Research Group University of Ghent ,pp40
- [24] M.J. Nkulu, Thèse de doctorat. Lubumbashi, Université de Lubumbashi, Faculté des Sciences agronomiques, pp207, 2010
- [25] Hari Ram ,Poverty dynamics in rural Sindh, Pakistan, Working Paper No. 157,pp60, November 2009
- [26] E.Tollens, Current Situation of Food Security in the D.R. Congo : Diagnostic and Perspectives, Working Paper, n° 80, Department of Agricultural and Environmental Economics, Katholieke Universiteit Leuven, pp.45, 2003.
- [27] R.Dewina and Futoshi Yamauchi ,Human Capital, Mobility, and Income Dynamics: Evidence from Indonesia,jica-ri working paper,pp24march 2010
- [28] B. Minani, D. Rurema,P. Lebailly, Analyse et stratégies de l'agriculture familiale dans un pays post-conflit : cas de la province de Kirundo au nord du Burundi .
- [29] K.Mababou et Y. Charbit,"Genre et vulnérabilité au Sénégal : les femmes chefs de ménage,Migrations internationales et vulnérabilités, Revue européenne des migrations internationales, vol. 23, n°3 pp. 51-65 ,2007.
- [30] H. Karim and J. Nelson,sustainable livelihoods and livelihood diversification ,ids working paper 69,pp32
- [31] J.P. Chausse, T Kembola et R Ngonde, , "L'agriculture : pierre angulaire de l'économie de la RDC", Résilience d'un Géant Africain : Accélérer la Croissance et Promouvoir l'Emploi en République Démocratique du Congo, Volume II : Etudes sectorielles, *Médiaspaul*, Kinshasa, pp 1-97,2012
- [32] Programme RuralStruc - Phase II, Changements structurels des économies rurales dans la mondialisation, – Rapport Maroc, pp234, Novembre 2009.
- [33] A. I. Bolakonga, m. Disonama, b. Michel et P. Lebailly, Influence De L'enclavement Sur L'économie Rurale en République Démocratique du Congo : Cas du Territoire d'Opala, Gembloux, 2012
- [34] FAO,La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture, Le rôle des femmes dans l'agriculture, Rome ,pp.161,2011.
- [35] H, Kitsali , Mode de fonctionnement des exploitations familiales pour le développement agricole et rural au Katanga, cas de la zone agricole de Sambwa, thèse de doctorat,Université de Lubumbashi, Faculté des Sciences économiques, pp.340, 2013.
- [36] H. Ndahama, P. B Cishibanji J. B Mashimago, B N.Kabale, J. P. Baluku, J. L. B. Kayeye, D. Matembera Busenga and D. B. Mushayuma, « Analyse des contraintes au développement de la production porcine dans la région de Katana, Sud Kivu, RD Congo », International Journal of Innovation and Applied Studies ,Vol. 7, No. 4, pp. 1384-1390, 2014.
- [37] Ministère de l'agriculture et du développement rural de la RDC, projet de loi portant code agricole
- [38] jp Hubert, 'étude de la diversification des activités des exploitations agricoles sous la pression démographique et foncière : cas du Burundi'', *Tropicultura*, 14,1, pp17-23,1996.
- [39] E. Tollens, "Sécurité alimentaire à Kinshasa: un face à face quotidien avec l'adversité." Working Paper, n° 82, Département d'Economie Agricole et de l'Environnement, Katholieke Universiteit Leuven,pp41, 2003.
- [41] Z. Bouzidi S. El Nour W. Moumen,Le travail des femmes dans le secteur agricole: Entre précarité et empowerment Cas de trois régions en Egypte, au Maroc et en Tunisie, The Population Council. Pp. 21,2011
- [39] F. Goossens, Aliments dans les Villes, rôle des sada dans la sécurité alimentaire de Kinshasa, EC/08-96,pp75, avril 1997.
- [42] M. Kuepie: revenu du chef de ménage et stratégie de survie des ménages pauvres: une comparaison Dakar/Bamako, DIAL-CIPRE/CEPS-INSTEAD, 2006.
- [43] T. Badose, Chishibanji, and Félix Mugisho Maroyi, « Problématique de la non-intégration du planning familial et ses conséquences sur le développement des ménages dans les entités rurales de Kabare Nord », *International Journal of Innovation and Applied Studies* Vol. 9 No. 2, pp. 989-997,2014.

Ptéridophytes : Bio indicateurs des changements opérés sur la structure des forêts de zone de montagnes du Parc National de Kahuzi-Biega à l'Est de la R.D. Congo

[Ferns and Fern Allies: Bio indicators of changes occurred in the structure of the mountain forests within the Kahuzi-Biega National Park in eastern D.R. Congo]

Jean De Dieu MANGAMBU MOKOSO¹⁻², François MUHASHY³, Elmar ROBBRECHT²⁻⁴, THOMAS JANSSEN⁵, Honorine NTAHOBAVUKA HABIMANA⁶, and Van DIGGELEN RUURD²

¹Département de Biologie, Université Officielle de Bukavu, Laboratoire de Systématique Végétale et de Biodiversité, B.P. 570 Bukavu, RD Congo

²Department of Biologie, Universiteit Antwerp, Universiteitsplein 1-C, B-2610 Antwerp-Wilrijk, Belgium

³Institut Royal des Sciences naturelles de Belgique, Rue Vautier 29B, Bruxelles 1000, Belgium

⁴Département des Plantes Vasculaires, Jardin Botanique National de Belgique, Domaine de Bouchout, Nieuwelaan 38, B-1860 Meise, Belgium

⁵Institut für Biologie, Humboldt-Universität zu Berlin, Unter den Linden 6 10099 Berlin, Germany

⁶Département d'Ecologie et Gestion des Ressources Végétales, Université de Kisangani, Laboratoire de Palynologie, Anatomie du bois et la Biodiversité Forestière, B.P 2012 Kisangani, RD Congo

Copyright © 2015 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: Though the national Kahuzi-Biega Park be necessarily covered with a forest of well distinguished canopy; it also possesses disturbed areas. This work aims at studying the floristic composition of Ferns and Fern Allies to assess vegetation disturbances in the mountain forests (ranging from 1250 meters to 3000 meters) within the Kahuzi-Biega National Park. Comparisons of vegetation features were made both in disturbed and non-disturbed habitats. Data were collected within 24 plots differently located following the 3 vegetation altitudinal ranges (submontane, montane, afro-alpine) taken into account. In each plot, 4 sampling units of 1ha each were established. Collected data included abundance and dominance features of plant species (both Ferns and their Allies, as well as woody species), tree diameter (DBH), and canopy height, the average of vegetation cover per forest layer (stratum) as well as floristic patterns and species richness. We referred to CANOCO and R (version 2.10.1) softwares to perform our statistical analyses. Results showed that the 3 altitudinal ranges offer differences in their floristic composition. The considered plant features (height, diametric structure) also express variations when disturbed and non-disturbed habitats are taken into consideration. This is for example illustrated by significant differences (results based on a t-test, p-value = 0.007) when one considers the occurrence of Ferns and their Allies. Within stable habitats, Ferns and their Allies particularize themselves by rich and much diversified communities. However, disturbed habitats (following various causes of permanent aggression) face major changes into the floristic composition of their major canopy tree species.

KEYWORDS: Ferns, Fern Allies, Bio-indicators, Forest Structure, Kahuzi-Biega National Park.

RESUME: Bien que le Parc National de Kahuzi-Biega (PNKB) soit essentiellement couvert par une forêt à canopée bien distincte. Il possède aussi des milieux perturbés. Ce papier s'intéresse à la composition floristique des Ptéridophytes pour tester les perturbations sur la structure de végétation qui s'opèrent dans la zone des montagnes du PNKB. Nous avons réalisé des comparaisons entre deux types de milieux (perturbés et non perturbés) rencontrés sur la végétation qui s'échelonne entre 1250 à 3300 mètres d'altitude. Les données utilisées ont été récoltées dans 24 placettes à raison de huit placettes pour chacun des trois étages étudiés parmi lesquelles quatre ont subi une perturbation anthropique ou naturelle et quatre autres sont non perturbées. L'étude a été évaluée grâce à quatre relevés effectués dans chaque placette d'un hectare pour prélever les données d'abondance-dominance des espèces (Ptéridophytes, arbres et arbustes), la classe de diamètre (arbre et arbustes), la hauteur de la canopée, le recouvrement moyen par strate et la richesse floristique des arbres, arbustes et Ptéridophytes. Nous avons analysé et comparé la richesse des cormophytes en utilisant les logiciels CANOCO et R (version 2.10.1). Les résultats obtenus confirment une variation de la composition floristique dans les trois étages. La différence de la hauteur, distribution diamétrique (arbres et arbustes) et la présence des Ptéridophytes entre les milieux non perturbés et perturbés est très significative (test *t*, *p-value* = 0,007). Dans les parcelles stables, c'est-à-dire dans l'écosystème stable et mature, les Ptéridophytes constituent un peuplement très riche, diversifié. Une agression permanente se montre dans des parcelles perturbées et se traduit par une modification de la composition floristique de canopée et parfois l'appriovissement du sous-bois.

MOTS-CLEFS: Ptéridophytes, bio-indicateurs, structure des forêts, Parc National de Kahuzi-Biega.

1 INTRODUCTION

Les forêts tropicales présentent des caractéristiques microclimatiques spécifiques propices au développement des végétaux [1,2]. Certains groupes végétaux (Orchidées, Bryophytes et Ptéridophytes) sont très fragiles face aux changements et modification de forêts [3-5]. Si le caractère primaire d'une forêt est prononcé, mieux sont établis les équilibres nécessaires au maintien des espèces de ces groupes de plantes. Pour satisfaire leurs grands besoins hydriques, eu égard à leur mode d'adaptation, ces espèces utilisent l'humidité ambiante et profitent de la pénombre forestière créée par la couverture de la canopée [6-8]. Elles peuvent ainsi servir d'indicateurs de milieux primaires, de la richesse et de la pauvreté spécifiques qui sont liées au degré de dégradation des forêts [1, 4, 9].

Ces espèces sont employées pour évaluer l'état de l'environnement et sont dites bio-indicateurs [10]. Les indicateurs biologiques ou bio-indicateurs sont des groupes ou des catégories d'espèces dont la vie dépend de la structure de leur habitat [2,9]. Certains auteurs [2,10, 11] ont démontré que la valeur, la diversité et le mode d'adaptation des bio-indicateurs sur la structure forestière sont considérés comme des facteurs écologiques permettant de comprendre le maintien de la stabilité d'un écosystème forestier [8,12].

Comme la plus part des forêts tropicales africaines, la forêt du Parc National de Kahuzi-Biega (PNKB, Fig. 1) a connu ces dernières décennies des multiples perturbations suite à la pénétration de la population qui s'y livre à des activités illégales (feux de brousse, le braconnage, l'entraînement des milices armées liées aux guerres à répétition dans la région). Toutes ces activités ont conduit au dégagement de la couverture de la canopée végétale [13, 14-16]. A cela, s'ajoute l'expansion rapide de la liane *Sericothachys scandens* qui détruit la composante arborescente dans l'étage de montagne [14-17]. Des pressions de plus en plus fortes exercées sur ce Parc se sont avérées extrêmes durant les années 90, entraînant sa reconnaissance comme Patrimoine Mondial en Péril par l'UNESCO en 1997 [13, 18].

L'objectif général de cet article est d'effectuer le diagnostic de l'état de cette forêt en considérant les Ptéridophytes comme indicateurs biologiques. Nous nous limiterons à la structuration de la végétation c'est-à-dire la distribution diamétrique et le recouvrement de la canopée des arbres et arbustes qui constituent l'ossature de la forêt. Et nous allons procéder à l'inventaire des Ptéridophytes sur deux milieux distincts (perturbés et stables) le long de trois étages (submontagnard, montagnard et afro-subalpin) qui constituent le gradat altitudinal des montagnes du PNKB.

2 METHODOLOGIE D'ETUDE

2.1 MILIEU D'ETUDE

Le Parc National de Kahuzi-Biega (PNKB), créé en 1970, se trouve dans la partie Sud de la chaîne Kivu-Ruwenzori d'axe NNE-SSW ou y vit l'une des dernières populations de gorilles (*Gorilla beringei graueri*) de montagne à plus de 2 000 m d'altitude [19]. Il a une superficie de 6000 km² (Fig.1) et se trouve entre les deux centres d'endémisme guinéo-congolais et afro-montagnard. Il comprend 2 sommets principaux qui sont des volcans éteints (Kahuzi d'une altitude de 3326 m et le Biega d'une altitude de 2790 m) longeant à l'Ouest du Rift Albertin [20].

Sur base de leur physionomie et de leur composition floristique, en fonction de l'altitude, les forêts du PNKB forment les étages planitiaire (678-1250 m), submontagnard (1250-1700 m), montagnard (1700-2600 m) et afro-subalpin (2600-3326 m), [20].

Dans son ensemble la région bénéficie de climats de montagne (du type Cf de Köppen), avec des pluies abondantes, oscillant entre 1750-2000 mm par an [21] et l'humidité atmosphérique est constamment élevée parallèlement à la variation de la couverture nuageuse. La durée de la saison sèche ne dépasse pas deux mois, [22]. La température varie selon l'altitude, l'humidité atmosphérique est constamment élevée et le sol est superficiel et acide [20-22].

2.2 RECOLTE DES DONNEES

Les données ont été récoltées dans 24 placettes (Fig.1) installées dans trois étages de la végétation (étage submontagnard, montagnard et afro-subalpin) du PNKB. En ciblant deux types de milieux : stables et perturbés. Les milieux stables sont ceux évoluant sans aucune perturbation tant naturelle qu'artificielle et ayant parfois atteint leur stade climax (M.S.). Ce sont des forêts à canopée fermée. Les milieux perturbés (M.P.) sont ceux où l'action anthropique est clairement visible, la canopée ouverte et le recouvrement faible. Les arbres et arbustes à *dbh* « *Diameter at breast height* » ≥ 10 cm, ≥ 30 et ≥ 50 cm ont été inventoriés dans les mêmes parcelles que les Ptéridophytes en se basant sur des mesurages de la circonférence prises à 130 cm au-dessus du sol.

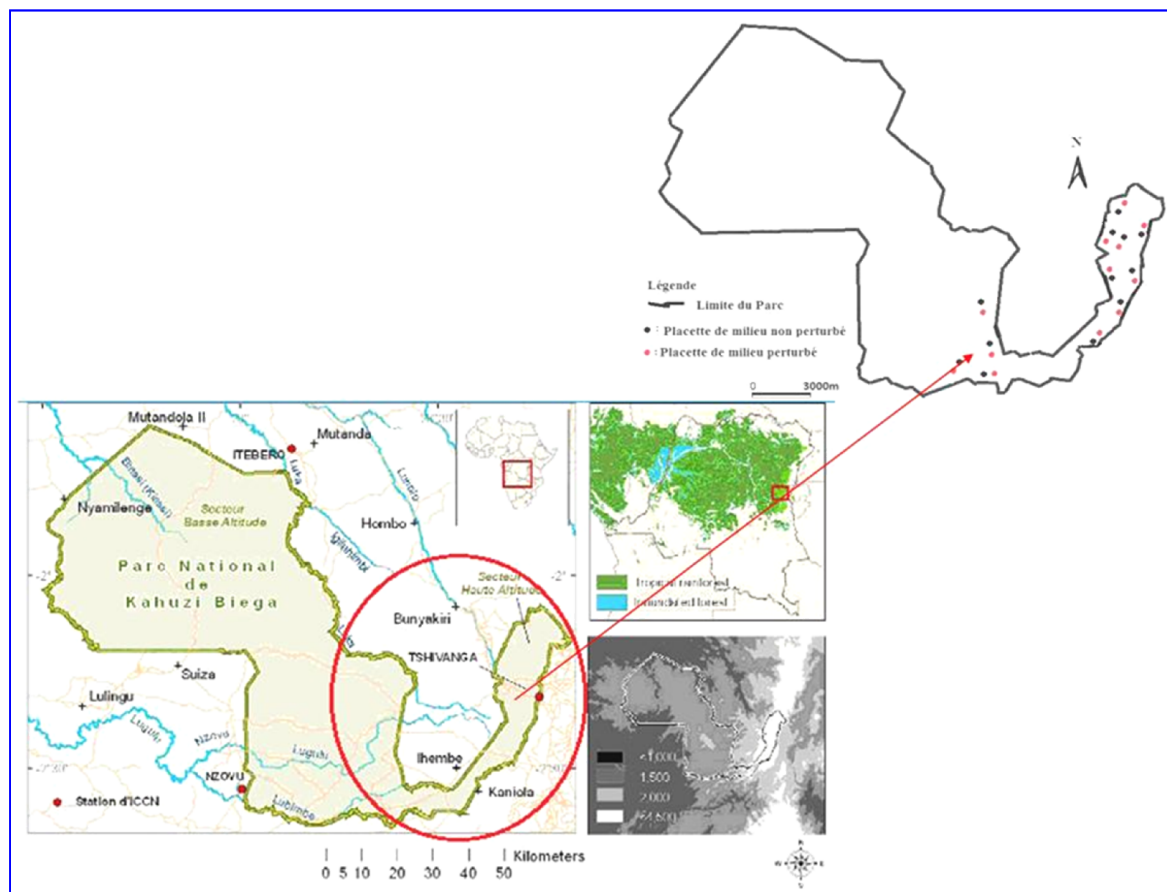


Fig. 1. Carte du Parc National du Kahuzi-Biega (Source : Mangambu [18] et localisation du PNKB dans la carte de la RDC. Le cadre rouge indique la zone d'investigation de la présente étude et à droite la localisation des placettes dans le site d'étude

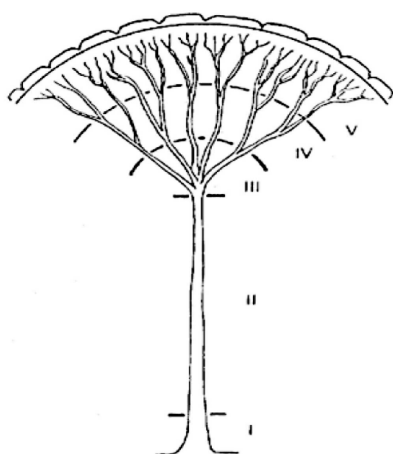
En vue d'éviter l'effet de lisière pendant la récolte des données, nous avons considéré la taille de 25 m x 25 m pour le relevé ; avec un total de 16 relevés dans une placette. L'inventaire fut effectué uniquement sur quatre relevés qui remplissaient les conditions citées ci-haut (stabilité ou de perturbation). Pour chaque relevé, nous avons mentionné l'abondance-dominance des Ptéridophytes (Braun-Blanquet, 1941 fide [20]) de chaque strate et des plantes arborescentes et arbustives suivant l'échelle de Dufrêne [23] reprise dans le tableau 1 ci-dessous.

Les espèces observées en dehors des limites strictes du relevé mais toujours au sein de la même station ont été incorporées dans la liste floristique du relevé mais elles ont été présentées dans le tableau final avec une abondance de 0 et un coefficient 0,5 pour permettre de réaliser les analyses [24]. Les autres caractéristiques floristiques relevées étaient la hauteur de la canopée, le *dbh* ainsi que les pourcentages de recouvrement des strates arborescentes et arbustives (pourcentage estimé pour l'ensemble des espèces dans le relevé).

Nous avons catégorisé les épiphytes, conformément à la méthode de stratification de Johansson [25] qui reconnaît les cinq strates ci-après (fig. 2).

Tableau 1. Correspondance des échelles d'abondance-dominance d'une espèce dans le relevé se trouvant dans la placette.

Braun – Blanquet (1947)	Recouvrement moyen (en %)	Dufrêne (2003)	Recouvrement moyen (en %)	van der Maarel (1979)	Recouvrement moyen (en %)
-	-	-	-	0,5	0,5
r	0,1	1	0,1	1	1
+	0,5	2	0,2	2	2
1	3	3	2,5	3	3,5
-	-	-	-	4	7,5
2	15	5	15	5	12,5
-	-	-	-	6	20
3	37,5	7	37,5	7	37,5
4	62 ,5	8	62 ,5	8	62 ,5
5	87,5	9	87,5	9	85



Légende : I : La partie basale du tronc, de 0 à 3 m, occupée par les épiphytes sciaphiles et hygrophiles ;

II : Le tronc au-dessous de 3 m jusqu'aux premières ramifications, strate occupée par des épiphytes capables de s'accrocher au tronc et par les héli-épiphytes ;

III : La partie basale des branches, représentant le premier tiers de leur longueur, occupée par les Ptéridophytes accompagnés de quelques Orchidaceae ;

IV : La partie moyenne des branches, deuxième tiers de leur longueur, strate où prédominent des Orchidaceae épiphytes et

V : Le tiers distal des branches, strate colonisée essentiellement par les lichens.

Fig. 2. Stratification le long d'un individu phorophyte [25].

2.3 LES IDENTIFICATIONS DES ESPÈCES ET ANALYSE DES DONNÉES

Les identifications des espèces récoltées sur le terrain ont été vérifiées au Jardin Botanique National de Belgique (BR) et de l'Université de Wageningen (WAG). Les noms des plantes à fleurs ont été vérifiés à l'aide de travaux de Lebrun et Stork [26] et pour les Fougères et leurs alliées, nous avons utilisé le livre Roux [27] par les systèmes basés sur l'approche phylogénétique tenant compte des données de la botanique systématique moléculaire [28].

L'adaptation de la ptéridoflore au sein des communautés végétales où les placettes ont été établies, en étudiant d'abord la richesse spécifique (RS) qui est le nombre total d'espèces observées. Nous avons mis en évidence les principaux facteurs influençant la répartition des espèces de ptéridophytes (M.S. et M.P) dans l'espace entre les deux types de milieux (M.S. et M.P) a été soumis dans l'ensemble des relevés par une DCA (Detrended Correspondence Analysis, [29]) qui permet de réaliser leur ordination en tenant compte des abondances spécifiques et de la richesse floristique des Ptéridophytes suivant les critères de recouvrement grâce au programme CANOCO, version 4.5 [30].

La comparaison des moyennes des abondances a été réalisée en utilisant le test *t* de Student à partir du logiciel R version 2.9.2 pour la comparaison des traits floristiques quantitatifs de présence-abondance entre les deux types de milieux d'observation sur les trois étages parcourus. La régression linéaire a été appliquée à l'aide du programme STATISTICA afin de rendre compte du degré de dépendance de la richesse en Ptéridophytes par rapport au recouvrement. Les résultats significatifs si $P < 0,001$ [31].

3 RÉSULTATS

3.1 RICHESSE ET COMPOSITION FLORISTIQUE EN PTERIDOPHYTES

Au PNKB, les Ptéridophytes se répartissent suivant deux gradients : l'un, horizontal (plantes terrestre) et l'autre, en relation avec la stratification (épiphytes). Dans les placettes délimitées suivant les deux types de milieux d'observation, nous avons inventorié 145 espèces de Ptéridophytes.

Ces résultats globaux issus de trois étages montrent que la majorité des espèces sont terrestres, sciaphytes (66 espèces, soit 45,51%), enracinées sur le sol ou fixées sur des roches dans le sous-bois. D'autres espèces (51 ; soit 35,17%) sont épiphytes, le plus souvent se trouvant sur la moitié inférieure des troncs (strates I et II) ou alors germant sur la partie basale des branches du phorophyte (strate III) et, le plus souvent, avec un mode de croissance et de développement propre aux épiphytes strictes même si, pour certains, ce mode de vie peut être accidentel. Un taux de 11,72% (soit 17 espèces) sont tantôt terrestres tantôt épiphytes. On note aussi la présence de six espèces (4,14%) terrestres et hygrophytes. La majorité de ces espèces vivent dans les bas-fonds ou sur les pentes à la décente des marais ou des rivières et parfois au bord de ces dernières. Trois espèces aquatiques (*Azolla nilotica*, *A. pinnata* et *Marsilea minuta*) soit 2,08% ont été recensées. Deux espèces (*Antrophyum mannianum* et *Asplenium friesiorum*), soit 1,37% sont à la fois épiphytes-terrestre et hygrophytes (Annexes 1 et 2).

3.2 DIFFERENCE FLORISTIQUE ET ADAPTATION DES PTERIDOPHYTES

Parmi les 106 espèces de Ptéridophytes inventoriées dans les huit placettes de l'étage submontagnard (Fig.3), la plupart sont terrestres (63 espèces, soit 57,14%), et le reste sont soit des épiphytes (41 sur 106 espèces ; soit 41,26%) soit aquatiques (deux espèces ; soit 1,6%) comme *Azolla nilotica* et *A. pinnata* var. *africana*.

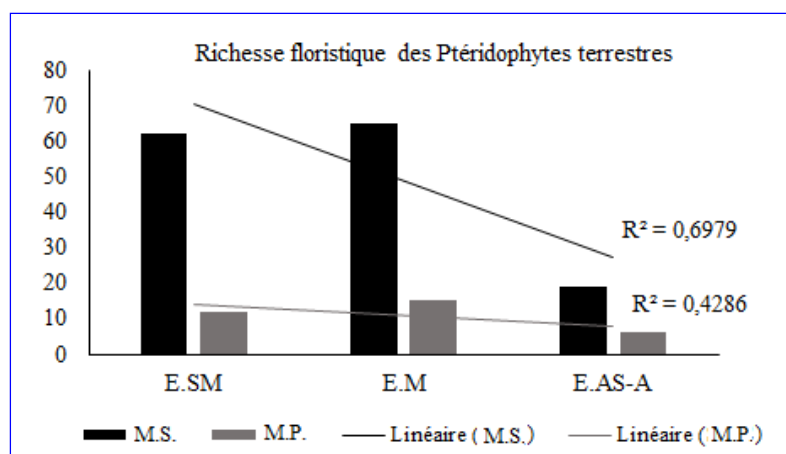


Fig. 3. Richesse floristique des Ptéridophytes terrestres : comparaison entre les milieux stables et perturbés

Dans l'étage montagnard, les espèces terrestres sont plus nombreuses (65 sur 127 espèces ; soit 44,52%) que les espèces épiphytes (61 espèces sur 127 ; soit 54,74%) et une seule espèce hydrophyte a été observée, *Marsilea minuta*. Dans l'étage afro-subalpin, la majorité des Ptéridophytes sont des épilithes (26 espèces sur 45 ; soit 59,25%) alors que le reste (19 espèces sur 45 ; soit 40,74%) est constitué d'espèces épiphytes.

Les mêmes résultats montrent une différence significative dans les milieux stables ($R^2 = 0,69$) des Ptéridophytes terrestres dans les trois étages parcourus tandis que la différence n'est pas significative dans les milieux perturbés ($R^2 = 0,42$).

3.3 ANALYSE DES CARACTERES STRUCTURAUX DE LA VEGETATION

Nous avons relevé la richesse spécifique et le recouvrement moyen de la végétation au niveau des strates arborescente et arbustive ainsi que pour les Ptéridophytes. Les résultats présentés dans le tableau 2 montrent que dans les milieux stables,

le nombre d'espèces recensées dans les trois catégories de plantes (Arbres, arbustes et Ptéridophytes) observées est supérieur au nombre d'espèces rencontrées dans les milieux perturbés (Tableau 2 et Annexes 1,2, et 3).

L'abondance des arbres, la distribution diamétrique des arbres et des arbustes (Fig.4) et le recouvrement du site influencent l'abondance des Ptéridophytes y compris dans l'étage afro-subalpin, où le recouvrement des plantes et la classe de diamètre des arbres et arbustes sont faibles, mais qui présente un taux de Ptéridophytes considérable. Dans toutes les placettes perturbées, le recouvrement et la présence des Ptéridophytes sont plus faibles que dans les milieux non perturbés. Dans l'étage afro-subalpin la distribution diamétrique n'est pas bien représentée, le recouvrement est très faible, la richesse ptéridologique est relative moindre par la réduction considérable des arbres.

Tableau 2. Caractéristiques floristiques des milieux perturbés (M.P.) et stables (M.S.)

Caractère floristique	Etage submontagnard		Etage montagnard		Etage afro-subalpin	
	M.S.	M.P.	M.S.	M.P.	M.S.	M.P.
Richesse en Ptéridophytes	101	46	114	51	52	12
Richesse d'arbres	29	12	36	9	5	0
Richesse des arbustes	59	9	62	16	5	2
Recouvrement moyen (%)	69±49,6	12,8±8,3	68,2 ±50,4	9±6,1	8±16,6	0,9±1,9
Hauteur moyenne de la canopée (m)	33,5±16,5	10,5±8,5	22,5±13,5	8,3±6,5	8,3±5,5	0
Recouvrement moyen des Ptéridophytes (%)	0,1	1,85%	2,5	1,5	0	0

Une comparaison faite à l'aide du test *t* de Student montre que, dans tous les étages, la hauteur moyenne de la strate arborescente des milieux stables est significativement plus élevée que celle de la strate arborescente des milieux perturbés (*p-value* = 0,007). Ceci se justifierait par le fait que les milieux perturbés sont pauvres en espèces (Arbres, Arbustes et Ptéridophytes) et la canopée est ouverte, le *dbh* des arbres et arbustes réduites tandis que les milieux non perturbés sont plus diversifiés et toutes les classes de diamètres sont bien représentées et la canopée est fermée.

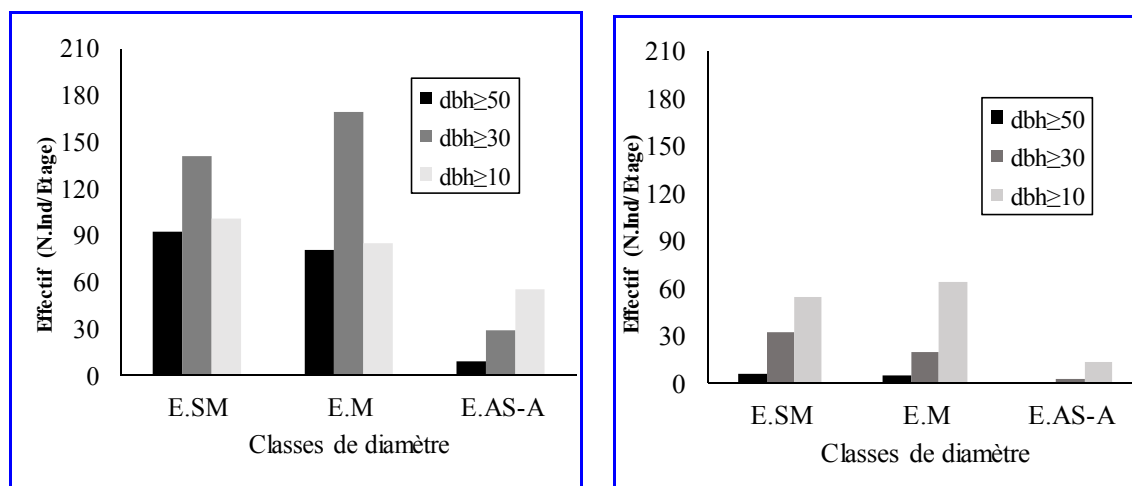


Fig. 4. Distribution diamétrique des arbres et arbustes en milieux non perturbés (gauche) et distribution diamétrique des arbres et arbustes en milieux perturbés (droite).

Légende : E.S.M= étage submontagnard ; E.M= étage montagnard et EAS-A= étage afro-subalpin

Les caractères structuraux de la végétation au niveau des étages se présentent de la manière suivante :

Au niveau de l'étage submontagnard : Dans les milieux perturbés de cet étage, la majorité des arbres et arbustes ont de $dbh \geq 10$ cm et ≥ 30 cm, la canopée à recouvrement faible avec quelque pied d'arbres à classe diamétrique ≥ 50 cm (Fig. 4 et tableau 3). Dans les milieux stable, nous avons constaté une dominance des grands arbres avec un recouvrement considérable (tableau 2) et toutes les classes de diamètre sont bien représentées (fig. 4) avec une présence remarquable des Fougères et leurs alliées dans le sous-bois. L'analyse de Student calculée est significative entre la diversité observée en canopée ouverte et en canopée fermée (p -value = 0,00514).

Tableau 3. Espèces caractéristiques de l'étage submontagnard en rapport avec les classes diamétriques

M.P	Classe diamétrique et Arbres caractérisés		
	≥ 10 cm	≥ 30 cm	≥ 50 cm
	<i>Rytiginia</i> spp, <i>Vernonia</i> spp., <i>Kotschyia africana</i> <i>Rubus</i> spp. , <i>Mikania</i> spp. et <i>Microglossa</i> spp.	<i>Albizia adianthifolia</i> , <i>Dombeya rotundifolia</i> , <i>Macaranga schweinfurthii</i> , <i>Markhamia lutea</i> et <i>Spathodea campanulata</i>	<i>Polyscias fulva</i>
M.S	<i>Memecylon walikalense</i> et les diverses <i>Rubiaceae</i> .	<i>Garcinia</i> spp, <i>Lebrunia bushaie</i> , <i>Newtonia buchanani</i> , <i>Carapa grandiflora</i> , <i>Chrysophyllum rwandense</i> , <i>Pentadesma lebrunii</i> , <i>Ocotea</i> spp et <i>Parinari curatellifolia</i>	<i>Carapa grandiflora</i> et <i>Pentadesma lebrunii</i> , <i>Strombosia scheffleri</i> et <i>Symphonia globulifera</i>

Au niveau de l'étage montagnard : on remarque les effets de la perturbation, la majorité des arbres et arbustes ont un $dbh \geq 10$ cm ou ≥ 30 cm et une canopée ouverte (Fig. 4, tableau 4). Signalons aussi la présence remarquable de clairières à *Sericostachys scandens*. On note la présence de formations sclérophylles résultant de l'abattage du manteau forestier primitif et formant une strate supérieure de 6-10 m de hauteur, au-dessus d'une strate herbacée où se retrouvent *Pteridium aquilinum*, *Asplenium friesiorum* et *Melinis minutiflora* (Angiosperme). Mais, dans les milieux stables des horizons moyen et supérieur en sol hydromorphe sont dominés par de grandes essences à $dbh \geq 30$ cm ou ≥ 50 cm (Fig. 4). Le sous-bois est riche en héli-épiphytes, généralement des Ptéridophytes et diverses autres épiphytes. Les résultats ici de l'analyse de Student calculée est significative entre la diversité des Ptéridophytes observée dans les deux canopées (ouverte et fermée), p -value = 0,0084).

Tableau 4. Espèces caractéristiques de l'étage montagnard en rapport avec les classes diamétriques

M.P	Classe diamétrique et Arbres caractérisés		
	≥ 10 cm	≥ 30 cm	≥ 50 cm
	<i>Hypericum lanceolatum</i> et <i>Vernonia</i> spp.,	<i>Macaranga neomildbreadiana</i> , <i>Croton</i> spp., <i>Dombeya goetzenii</i> , <i>Hagenia abyssinica</i> , <i>Sapium ellepticum</i> , <i>Maesa lenceolata</i> , <i>Agauria salicifolia</i> et <i>Myrica salicifolia</i>	<i>Polyscias fulva</i> et <i>Agauria salicifolia</i>
M.S	<i>Cyatheia</i> spp. <i>Alchornea hirtella</i> , <i>Rapanea melanophloeos</i> , <i>Xymalos monospora</i> , <i>Nuxia floribunda</i> <i>Chassalia</i> spp., <i>Oxyanthus</i> ssp et <i>Pauridiantha paucinervis</i>	<i>Bersama abyssinica</i> , <i>Carapa grandiflora</i> , <i>Chrysophyllum gorungosamum</i> , <i>Ekebergia rueppeliana</i> , <i>Entandophragma</i> spp., <i>Ficalhoa laurifolia</i> , <i>Parinari exelsa</i> , <i>Podocarpus</i> spp., <i>Strombosia scheffleri</i> , <i>Symphonia globulifera</i> et <i>Syzygium</i> spp.,	<i>Carapa grandiflora</i> , <i>Chrysophyllum gorungosamum</i> , <i>Entandophragma</i> spp., <i>Ficalhoa laurifolia</i> , <i>Podocarpus</i> spp., <i>Strombosia scheffleri</i> et <i>Symphonia globulifera</i>

Au niveau de l'étage afro-subalpin : les espèces caractéristiques de la strate sous-arbustive des milieux perturbés sont presque absentes, mais on remarque quelques pieds d'arbustes et sous -arbustes à $dbh \geq 10$ cm (Fig. 4 et tableau 5). Tandis que dans les milieux stables, de nombreux pieds sont observés à $dbh \geq 10$ cm. On constate parfois la présence sporadique de *Podocarpus* spp., *Syzygium* spp. et des lianes du genre *Schefflera* à $dbh \geq 30$ cm et/ou parfois à $dbh \geq 50$ cm (Fig. 4). Les résultats ici d'analyse de Student t calculée est significative entre la diversité des Ptéridophytes observée dans les deux canopées (ouverte et fermée), p -value = 0,0067).

Tableau 5. Espèces caractéristiques de l'étage afro-subalpin en rapport avec des classes diamétriques

M.P	classe diamétrique et Arbres caractérisés		
	≥10 cm	≥30 cm	≥50 cm
	<i>Hypericum revolutum</i> , <i>Lobelia gibberoa</i> et <i>Vaccinium stanleyi</i> ,	<i>Erica</i> spp., <i>Galiniera coffeoides</i> et <i>Syzygium</i>	
M.S	<i>Erica</i> spp., <i>Galiniera coffeoides</i> et <i>Rytigynia bridsonii</i>	<i>Erica arborea</i> , <i>Podocarpus</i> spp., <i>Syzygium</i> spp. <i>Schefflera</i> spp.	<i>Podocarpus falcatus</i> , <i>Syzygium</i> spp.

3.4 RICHESSE DE LA PTERIDOFLORE SUIVANT LA DISTRIBUTION VERTICALE ET L'EPIPHYTISME

Le nombre d'espèces épiphytes inventorié dans les milieux perturbés est inférieur à celui des espèces rencontrées dans les milieux stables caractérisés par un recouvrement élevé et présence de toutes les classes de diamètre (Fig.5 et tableau 2). La Fig. 6 montre que dans les deux milieux, ce sont des héli-épiphytes qui dominent et sont suivies des héli-épiphytes semi-strictes. Les épiphytes proprement dites sont quasi absentes dans les milieux perturbés suite à un couvert végétal faible impliquant un manque d'ombrage.

En ce qui concerne la distribution verticale des épiphytes suivant l'échelle de Johansson [25], on observe que les Ptérédophytes épiphytes ne sont pas distribuées de la même manière sur les phorophytes suivant les placettes étudiées (Fig.7). Dans les parcelles stables, les Ptérédophytes épiphytes atteignent le niveau V, sauf au sein de l'étage afro-subalpin. Le nombre d'épiphytes décroît de la base vers le sommet du phorophyte. Dans les milieux perturbés où la canopée des arbres est généralement ouverte, aucune espèce de Ptérédophyte épiphyte n'a été identifiée aux niveaux IV et V. Dans ces milieux, quelques espèces épiphytes ont été uniquement identifiées au niveau I, à la base de l'hôte. Comme dans l'étage afro-subalpin, le nombre d'espèces inventoriées dans les milieux perturbés diminue progressivement de la base vers le sommet des phorophytes (tableau 2).

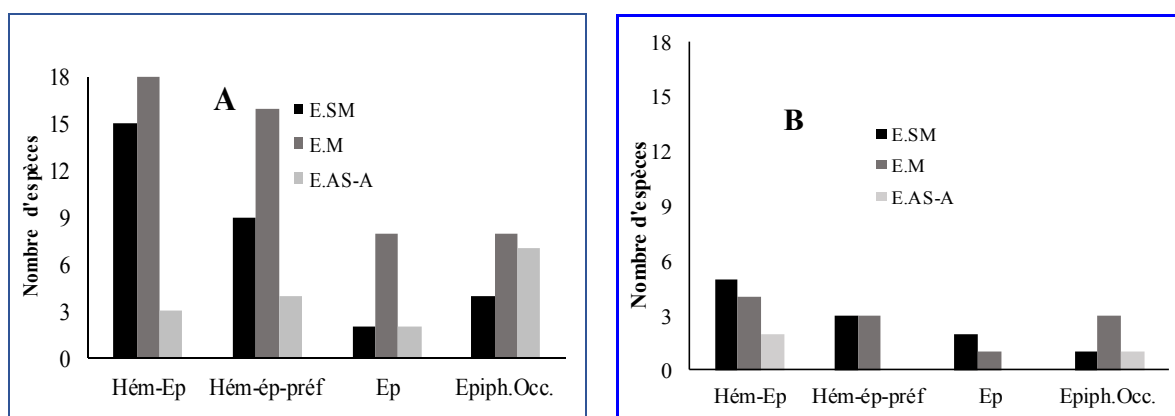


Fig.6. Richesse des Ptérédophytes épiphytes sur les sporophytes en milieux stables (A) et perturbés (B).

Légende : Hém-Ep : Héli-épiphytes, Hém-ép-préf : Héli-épiphytes préférentielles, Ep : épiphytes et Ehip occ : épiphytes occasionnelles

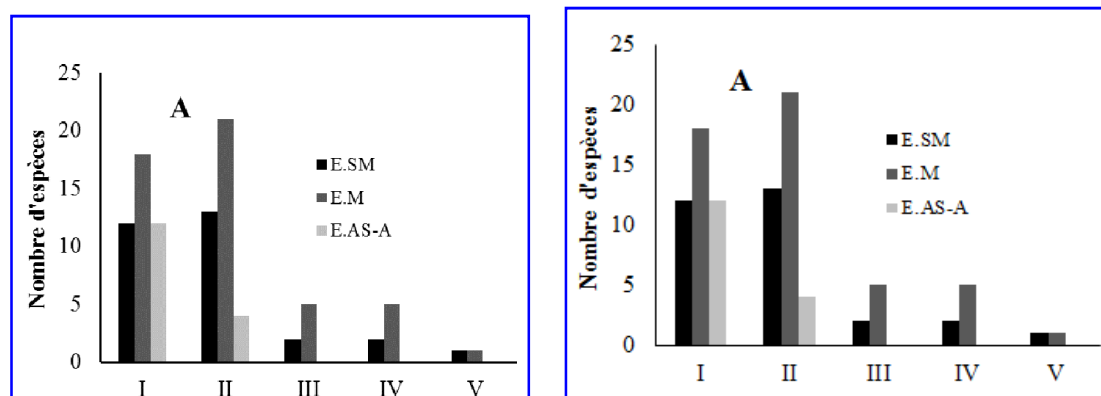


Fig. 7. Distribution verticale des épiphytes dans les placettes non perturbées (A) et perturbées (B).

3.5 NATURE MULTI-VARIEE DES PLACETTES SUIVANT LA RICHESSE EN PTERIDOPHYTES

L'analyse de la composition floristique des placettes des milieux perturbés (M.P.) et stables (M.S.), toutes strates confondues, a permis d'individualiser 24 placettes (Fig. 8). En général, dans les placettes des milieux non perturbés, les compositions floristiques sont presque les mêmes dans les deux premiers étages (submontagnard et montagnard, avec un test *t* de Student, *p-value* = 0.0072).

Les mêmes observations ont été faites dans les deux premiers étages au niveau des placettes de milieux perturbés (test *t* de Student, *p-value* = 0.0064). Pourtant, nous avons aussi constaté que les résultats obtenus dans milieux stables de l'étage afro-subalpin sont proches de ceux des milieux perturbés de deux étages précédents (test *t* de Student, *p-value* = 0.0056, Fig.8). C'est dû à un recouvrement et à la distribution diamétrique faible des arbres *dbh* ≥ 50 cm (Fig. 4) qui rapprochent les deux premiers milieux perturbés par leur richesse floristique en ptéridoflore et qui sont habituellement doté d'un faible taux de phorophytes potentielles.

Cependant, le résultat de l'analyse multi-variée des milieux, suivant la composition floristique des Ptéridophytes dans les 24 placettes (Fig.8), catégorise nettement les placettes de milieux perturbés et non perturbés et montre une corrélation entre la richesse des Ptéridophytes et la diversité et le *dbh* dans les strates arborescentes et sous arborescentes.

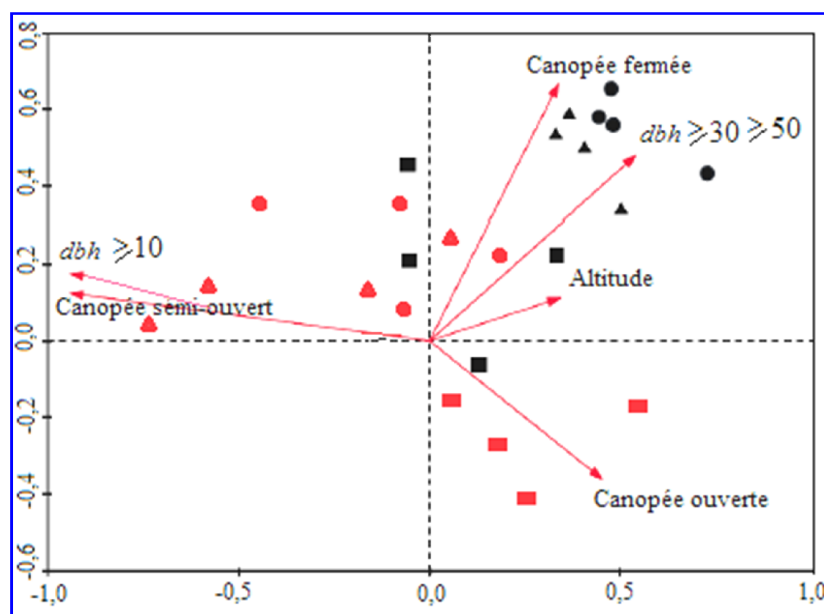


Fig. 8. Analyse multi-variée des milieux suivant la composition floristique des Ptéridophytes et des arbres dans les 24 placettes (12 en milieu perturbé et 12 en milieu stable mais dans chaque étage 4 [M.P] et 4 [M.S]). Les paramètres structuraux analysés sont l'abondance-dominance des espèces suivant l'échelle de van der Maarel, le pourcentage de recouvrement de la canopée et la présence ou l'absence des Ptéridophytes dans ces milieux.

Légende : - carre rouge : M.P. de l'étage afro-subalpin, - carre noir : M.S. de l'étage afro-subalpin, - triangle rouge : M.P. de l'étage montagnard, - triangle noir : M.S. de l'étage montagnard, - rond rouge : M.P. de l'étage submontagnard et - rond noir : M.P. de l'étage submontagnard

4 DISCUSSION

4.1 RICHESSE FLORISTIQUE DES PTERIDOPHYTES SUR LES DIFFERENTS TYPES DE FORETS

Les changements d'occupations des sols sont la première cause de déclin de la biodiversité [32]. Ces changements, liés aux pratiques agricoles et forestières au braconnage, modifient le contour des forêts et augmentent la proportion de clairières et lisières dans les paysages agroforestiers [13,33]. Pour autant, ces effets sur la biodiversité sont encore méconnus au PNKB. Les travaux de Masumbuko et al. [16] amorcent le développement d'une théorie sur les discontinuités écologiques dans différents systèmes et à diverses échelles. Ces auteurs soulignent la nécessité de comparer les structures et les modifications causales, à des échelles et des sites spécifiques, pour alimenter les synthèses sur l'influence de ces entités particulières du paysage. Dans ce contexte, la présente étude contribue à une meilleure compréhension des effets de la stabilité et dégradation sur la biodiversité végétale, par l'étude des patrons de distribution des Ptéridophytes, en réponse à la diversité de ces discontinuités dans la structure des plantes ligneuse.

Les résultats globaux obtenus montrent que les Ptéridophytes sont plus représentés et diversifiés dans les milieux stables (78% de la flore totale) que dans les milieux perturbés (22%), y compris dans l'étage afro-subalpin où la distribution diamétrique des arbres et arbustes, la richesse floristique et le recouvrement sont plus faibles. C'est dû à l'interaction de divers facteurs écologiques qui agissent simultanément sur les différences floristiques, notamment le degré d'anthropisation des forêts, facteur essentiel dans la région et la perturbation de la structure de la végétation suite à une action prononcée de certaines plantes envahissantes [33,34].

En ce fait, la richesse floristique des Ptéridophytes varie beaucoup selon les changements des conditions abiotiques des milieux, expliquant pourquoi certaines espèces de Ptéridophytes sont considérées comme bio-indicatrices [33,35, 36]. Et, nous confirmons donc l'hypothèse de Maizi *et al.* [37], selon laquelle les espèces considérées comme bio-indicatrices fournissent des informations quantitatives et qualitatives qui rendent possible la caractérisation de l'environnement ou l'un des principaux composants de la structure floristique [35], de la diversité spécifique, de l'architecture de la forêt et de l'habitat [25,34,36].

4.2 ADAPTATION DES PTERIDOPHYTES AUX MODIFICATIONS DE LA STRUCTURE DE LA VEGETATION ADAPTATION DES PTERIDOPHYTES TERRESTRES

La richesse spécifique élevée des arbres est fortement liée à la grande complexité des forêts tropicales humides [1, 36,38]: elle en est à la fois la cause et la conséquence, par l'intermédiaire de très nombreuses interactions entre le peuplement arborescent et toutes les autres composantes de l'écosystème (sol, champignons, flore, faune, microorganismes et atmosphère, [1, 36,39]. C'est ainsi que nous avons remarqué que les modifications du microclimat et de l'habitat propice, qui ont été provoquées par l'ouverture de la canopée, ont permis à certaines espèces de Ptéridophytes, considérées comme envahissantes, d'occuper de larges étendues et de former des lisières. C'est le cas par exemple des espèces *Asplenium friesiorum*, *Nephrolepis undulata*, *Odontosoria africana*, *Pteridium aquilinum* qui ne permettent pas le développement d'autres espèces végétales. La majorité de ces espèces de lumière est déjà présente dans la forêt primaire où elles sont encore rares ou simplement localisées au niveau des ouvertures naturelles et elles peuvent aussi former de larges peuplements dans le sous-bois, stoppant parfois la dynamique de la végétation pour une longue période.

D'après Habiyaemye [40] et Fontaine et Lavergne [41], *Pteridium aquilinum* et *Pseudocyclosorus pulcher* secrètent des substances toxiques, avec des rhizomes encombrant qui diminuent la biodiversité et ne favorisent pas le dynamisme floristique. Mais, les espèces du genre *Cyathea* participe e dans la dynamique de reconstitution des forêts ombrophiles de terre ferme. Mangambu et al., [20] ont admis aussi hypothèse sur leurs recherches dans la zone des montagnes au PNKB.

ADAPTATION DES PTERIDOPHYTES EPIPHYTES

Les résultats obtenus montrent que les épiphytes s'adaptent mieux dans les milieux stables que dans les milieux instables en général [1, 4,42]. Donc nous confirmons que l'ouverture de la canopée permet la pénétration de la lumière et augmente l'hétérogénéité dans le milieu forestier comme évoqué par certains auteurs : Sonké et al. (2001), [32, 37].

Par ailleurs, Masumbuko et al. [16] et Noiha et al. [43] eux ont rapporté que lorsque la forêt dense est souvent perturbée par un ouragan, des lianes susceptibles d'étouffer. De cette manière, les autres plantes se sont installées et qu'il ne s'agit pas seulement des suites aux effets des vents, mais aussi par l'action des activités humaines. Nous pensons que c'est cela qui a aussi déstabilisé ces milieux perturbés de manière à affecter la distribution de la population des Ptéridophytes épiphytes qui est devenue pauvre.

Suivant la stratification, le constat est que la répartition des épiphytes est inégale dans les différentes strates des arbres porteurs (Fig. 7). Les milieux stables enregistrent un grand nombre d'espèces de la ptéridoflore épiphyte. Elles représentent 100% dans l'ensemble avec la séquence suivante : I > II > III > IV > V (Fig. 7) alors que dans les milieux perturbés, elles couvrent seulement 34,9% avec seulement trois séquence (I > II > III). C'est conforme aux résultats de Noiha et al. [44], selon lesquels la pauvreté en flore épiphytique peut être justifiée par le fait que des épiphytes sont rares dans les endroits les plus exposés, par le fait qu'ils sont soumis à de fortes variations de température et à une forte évapotranspiration. Zapfack [4] et Sonké et al. [45] stipulent qu'il existe une relation étroite entre les Ptéridophytes et les phorophytes sous des conditions particulières du climat, la nature de l'écorce de l'hôte, la capacité de rétention d'eau et l'adaptabilité de la spore dans son milieu.

4.3 ANALYSE CRITIQUE DU CONCEPT DE BIO-INDICATION DES PTÉRIDOPHYTES DU PNKB

L'utilisation de la bio-indication a pour but de fournir des conclusions sur les conditions environnementales à partir des caractéristiques de la végétation mais ne considère pas la totalité de la complexité des systèmes étudiés. Les démarches et résultats obtenus sont limités par le manque de connaissances sur le comportement des Ptéridophytes vis-à-vis des conditions de la structure de la végétation et l'écologie générale des espèces étudiées. Il convient de signaler que seules quelques variables environnementales étaient prises en compte, à savoir l'altitude, la classe de diamètre des arbres et arbustes et la couverture de la canopée.

Les résultats obtenus montrent qu'il y a peu d'information sur la diversité, l'abondance et l'adaptation des Ptéridophytes dans des conditions des perturbations ou de l'ouverture de la canopée. Normalement, pour affirmer cette hypothèse de la bio-indication nous pourrions tenir compte d'autres facteurs environnementaux comme le climat, [1, 38, 46] l'influence du sol et de la géologie [47]. Mais la structure générale des arbres ont des fortes influences sur la distribution des Ptéridophytes sur les arbres ([2,9, 33, 43, 47, 48]. Mais Heink [9] et Gradstein [49] explicitent que quelques soit le nombre de facteurs environnementaux utilisés, la perturbation de l'habitat naturel a des effets négatifs sur la richesse floristique des Ptéridophytes et d'autres groupes comme les orchidées et les Bryophyte [38, 50, 51,52]. Les études menées dans les forêts des Philippines, en Bolivie, au Costa Rica, en Colombie, au Pérou et en Guyane française ont confirmé l'emploi des Ptéridophytes comme l'une des principales indicatrices biologiques en forêt tropicale [2,47].

Ainsi, il a été mis en évidence que les patrons de composition des espèces de Ptéridophytes sont fortement corrélés avec ceux des espèces arborescentes à différentes échelles spatiales [1,47, 53]. Aux Philippines, la distribution des Ptéridophytes est dépendante de la composition floristique ainsi que de la structure de la végétation ligneuse le long de la pente, [46]. Au Costa Rica, la distribution des Ptéridophytes montre un pic de diversité aux altitudes moyennes, fortement corrélée avec les variables climatiques telles l'humidité et la température [52].

Les Ptéridophytes ont également été utilisées pour dresser une classification de la végétation au Pérou. Ainsi, quatre types forestiers y ont été identifiés entre les forêts inondées et les forêts de terre ferme [32]. En utilisant les Ptéridophytes sur une base phytosociologique, des milieux ont été décrits sur les Monts Atachi-Bacca et ces études ont confirmé les Ptéridophytes comme des indicateurs de la biodiversité de cet écosystème [6]. Par ailleurs, Delettre et Butet [54] ont démontré que la proportion relative des Ptéridophytes, tout comme celle des Monocotylédones, augmente proportionnellement avec le caractère hostile de l'environnement (sécheresse et hydromorphie).

5 CONCLUSION

Le PNKB joue depuis longtemps un rôle crucial au niveau des stratégies internationales de conservation de la nature malgré son statut de site en péril depuis 1997 (Anonyme 2010a). Cette étude permet de dégager des résultats originaux concernant la dynamique du peuplement des Ptéridophytes dans un écosystème déstabilisé à la suite des activités illégales. Dans les parcelles stables, c'est-à-dire dans l'écosystème stable et mature du PNKB, les Ptéridophytes constituent un peuplement très riche, diversifié et stable. Une agression permanente se montre dans des parcelles perturbées et se traduit par une modification de la composition floristique de canopée et parfois l'appropriation du sous-bois. Les espèces sciaphiles et moins tolérantes disparaissent, tandis que le milieu s'enrichit en espèces envahissantes.

Les résultats obtenus confirment l'intérêt des Ptéridophytes comme indicateurs biologiques des montagnes du PNKB, et mettent également en évidence le rôle majeur joué par l'ensemble des arbres dominants, aussi bien au niveau de la structure que de la diversité des strates arborescentes. Ce compartiment charnière reflète le niveau de diversité des strates arborescentes. Il peut donc valablement servir comme indicateur lors de l'élaboration des plans d'aménagement du PNKB. Par ailleurs, des inventaires supplémentaires sont nécessaires pour notre étude dans la partie de basse altitude afin de compléter les données pour le site entier. Aussi une meilleure prospection dans notre zone d'étude en général permettra de confirmer et d'augmenter parfois les données de nos résultats et de proposer des mesures de conservation et gestion adéquates de cette aire protégée. Ainsi, il serait aussi intéressant d'envisager les études sur la dynamique de certaines espèces de Ptéridophytes qui sont menacées par la population locale et ou formant des larges groupements dans le PNKB.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier la Direction Générale de la Coopération au Développement Belge (DGCD), à travers la Coopération Technique Belge (BTC/CTB) et l'Institut Royal des Sciences naturelles de Belgique (IRScNB) pour l'appui financier. Nous exprimons nos vives reconnaissances aussi aux responsables du PNKB pour leurs appuis logistiques.

REFERENCES

- [1] M. Paciencia et Prado J., 'Effects of Forest Fragmentation on Pteridophyte Diversity in a Tropical Rain Forest in Brazil,' *Plant Ecology*, vol., pp. 180:87-104, 2005.
- [2] G. Mace and J. Baillie "The Biodiversity Indicators: Challenges for Science and Policy," *Conservation Biology*, vol.21, pp. 1406-1413, 2007.
- [3] J.C. Rolland et F. Vian, "Atlas de Biologie végétale : Les plantes sans fleurs," Ed. Masson, 1994.
- [4] L. Zapfack, B. Nkongmeneck, J. Villiers J. and M. Lowman, "The importance of Pteridophytes in the epiphytic flora of some phorophytes of the Cameroonian semi-deciduous rain forest," *Selbyana*, Vol. 17, pp. 76-81, 1996.
- [5] Stévant T., Ngok Banak L. et Sosef. M, Synthèse des inventaires réalisés sur les Orchidaceae dans le cadre du Projet d'Evaluation des Aires Protégées du Gabon. In Ghazanfar S.A. et Beentje H.J. (eds.) : *Taxonomy and ecology of African Plants : their conservation and sustainable use*, Proceedings du XVIIème Congrès de l'AETFAT, Royal Botanic Gardens Kew. pp 651-665, 2006.
- [6] N. Biedinger et E. Fischer, "Epiphytic vegetation and ecology in Central forests (Rwanda, Zaïre)," *Ecotropica*, vol.2, pp. 121-142, 1996.
- [7] D. Christie and J. Arnesto J., " Regeneration microsites and tree species coexistence in temperate rain forests of Chiloe Island, Chile," *Journal of Ecology*, Vol. 91, pp. 776-784, 2003.
- [8] J. Fischer and D. Lindenmayer, "Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis," *Global Ecology and Biogeography*, vol.16, pp. 265-280, 2008
- [9] U. Heink and I. Kowarik, "What are indicators? On the definition of indicators in ecology and environmental planning," *Ecological Indicators*, vol. 10, ppp. 584-593, 2010
- [10] S. Wright, "Tropical forests in a changing environment," *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 20, N° 10, pp. 553-560, 2005.
- [11] G. Aydin and C. Kazak, "Selecting indicator species habitat description and sustainable land utilization: a case study in a mediterranean delta," *International Journal of Agriculture and Biology*, vol. 12, pp. 931-934, 2010.
- [12] Picton-Phillipps G and Seimon A. , "Potential climate change impacts in conservation landscapes of the Albertine Rift," *White Paper for Mac Arthur Foundation*, 2009.
- [13] Mubalama, "Monitoring law enforcement effort and illegal activity in selected protected areas: implication for management and conservation, Democratique Republic of Congo", *Thèse de doctorat, Université de Ghan, Belgique*, 2010.
- [14] N. Masumbuko, B. Herpigny, N. Barbier, M.F. Habiaremye, J. Lejoly J. and P. Meerts, "Life strategy traits of the liana *Sericothachys scandens* spreading in the montane forests in the Kahuzi-Biega National Park (DR Congo)," *Journal of Mountain Science*, vol.9, N°5, pp. 665-675, 2012a
- [15] N. Masumbuko, M.F. Habiaremye, J. Lejoly, "Woody climbing plants influence the structure of the mountain forest in the Kahuzi-Biega National Park, DR Congo", *Regional Environnemental Change*, vol.12, pp. 951-959, 2012b.
- [16] Masumbuko C., Habiaremye F. et Lejoly J. (2013). Impact of *Sericothachys scandens* on forest regeneration in the Kahuzi-Biega National Parc. In : Beau N, Dessein S. et Robbrecht E. (Eds.). *African Plant diversity*, Scripta Botanica Belgica. pp. 130-137. Proceedings XIXth AETFAT Congress 26 - 30 April 2010, Antananarivo, Madagascar.

- [17] Liengola B.I. (2008). Impact of the Invasive Liana *Sericothachys scandens* on Forest Composition: Implications for the Recovery of Grauer's Gorilla in the Kahuzi-Biega National Park, Democratic Republic of Congo. *Bulletin of the Yale Tropical Resources Institute*, 27: 43-50.
- [18] Mangambu, M., 2013, *Taxonomie, biogéographie et écologie des Ptéridophytes de l'écosystème forestier des montagnes du Parc National de Kahuzi-Biega à l'Est de la R.D. Congo*. Thèse de doctorat, Université d'Anvers/Belgique.
- [19] Mangambu, M., Muhashy, H., Janssen, T., Diggelen, R., Robbrecht, E. et Ntahobavuka, H. 2013, Diversité des Fougères et leurs alliées le long du gradient altitudinal au sein de l'écosystème forestier des montagnes du Parc National de Kahuzi-Biega (R.D. Congo). *International Journal of Environmental Studies* 70 (2) : 259-283
- [20] Mangambu, M., Habiyaemye, F.M., Lina, A and Ntahobavuka, H. 2010. L'importance du groupement à *Cyathea manniana* Hook. dans la biodiversité du Parc National de Kahuzi - Biega, R. D. Congo. *Geo-Eco-Trop* 34 (1/2): 45-63
- [21] Yamagiwa J., Basabose K., Kaleme K. et Yumoto T. (2005). Diet of Grauer's Gorilla in the Montane Forest of Kahuzi, DR Congo. *International Journal of Primatology*, 26 (6): 1345-1373.
- [22] Fischer E. (1996). Die Vegetation des Parcs National de Kahuzi-Biega, Sud-Kivu, Zaïre. *Franz Steiner Verlag*. Stuttgart, 239 p.
- [23] M. Dufrêne). Méthodes d'analyse des données écologiques et biogéographiques. *Cours de Phytoécologie et cartographie appliquée à l'aménagement des territoires*, ULB, 2003
- [24] E. van der Maarel, "Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity," *Vegetation*, vol. 39, N°2, pp. 97–114 1979
- [25] Johansson R. (1974). Ecology of vascular epiphytes in West African rain forest. *Acta phytogeographica suecica*, 59, 131 p.
- [26] Lebrun J.-P. & Stork A. L. (1991-2012). Enumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale et Tropical African Flowering Plants. *Ecology and Distribution*, vol. 1-7. Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève.
- [27] Roux, J.P., 2009, Synopsis of the Lycopodiophyta and Pteridophyta of Africa, Madagascar and Neighbouring Islands. *Strelitzia* N°23 (Pretoria: South African National Biodiversity Institute).
- [28] APG III (2009). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 105-121.
- [29] Bouxin G. (2008). Analyse statistique des données de végétation, 577 p. <http://users.skynet.be/Bouxin.Guy/ASDV.htm>.
- [30] ter Braak C.J.F. et Šmilauer P. (2002). CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide : Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Ithaca, NY, USA (www.canoco.com) : Microcomputer Power
- [31] Larmarange J. (2004). Initiation à l'utilisation du logiciel STATISTICA, 53 p. www.uclouvain.be/cps/ucl/doc/demo/.org
- [32] Salovaara K., Ca'rdenas G, et Tuomisto H. (2004). Forest classification in an Amazonian rainforest landscape using pteridophytes as indicator species. *Ecography*, 27, 689- 700.
- [33] Kiew R. & Anthonysamy S. (1987). A comparative study of vascular epiphytes in three epiphyte-rich habitats at Ulu Endau, Johore, Malaysia. *Malaysian Nature Journal*, 41: 303-315.
- [34] Grytnes J. et Vetaas O. (2002). Species richness and altitude: a comparison between simulation modes and interpolated plant species richness along Himalayan altitudinal gradient, Nepal. *American Naturalist* ,159: 294-304.
- [35] Dukes J.S. & Mooney H.A. (1999). Does global change increase the success of biological invaders?. *Trends Ecology and Evolution*, 14: 135-139.
- [36] Pausas J., Carreras J., Ferré A. et Font X. (2003). Coarse-scale plant species richness in relation to environmental heterogeneity. *Journal of Vegetation Science*, 14: 661-668
- [37] Maizi N., Alioua A, Tahar A, Semadi F et Fadel D. (2010). Utilisation des végétaux inférieurs comme bio indicateurs de la pollution plombique d'origine automobile dans la région d'Annaba (Algérie). *Journal of Materials and Environmental Science*, 1 (4) : 251-266
- [38] Niemi G. et McDonald M. (2004). Application of ecological indicators (2004). *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35: 89-111.
- [39] Duveiller G., Defourny P., Desclée B. & Mayaux P. (2008). Deforestation in Central Africa: Estimates at regional, national and landscape levels by advanced processing of systematically-distributed Landsat extracts. *Remote Sensing of Environment*, 112: 1969- 1981.
- [40] Habiyaemye M. Etude phytocoenologique de la dorsale orientale de lac Kivu (Rwanda). *Annale des Sciences Economique*. Vol. 24, Musée Royal de l'Afrique centrale, 1997
- [41] Fontaine C. et Lavergne C. (2010). *Pseudocyclosorus pulcher* (Bory ex Willd.) Holttum, Plan d'Urgence - Fiche d'identité. Outils d'aide à la reconnaissance des espèces végétales présumées éteintes à la Réunion. Conservatoire Botanique National de Mascarin, Saint-Leu (Réunion), 10
- [42] Jennings S. (2005). Indicators to support an ecosystem approach to fisheries. *Fish and Fisheries*, 6: 212-232.

- [43] Noiha N., Zapfack L., Kengne S., Mangambu M., Nguenguim, Tchadji C et Sonke B. (2011). Eco-biogéographie du genre *Peperomia* en Afrique : cas de la région Guinéo-Congolaise. *International Journal of Environmental Studies*, 68 (1) : 43-60
- [44] Noiha N.V, Zapfack L., Achoundong G. Kengne O. et Sonke B. (2010). Distribution et richesse taxonomiques des épiphytes de quelques phorophytes au Parc national de Korup (Cameroun). *International Journal of Environmental Studies*, 67(1) : 51-61.
- [45] Sonké B., Zapfack L. et Folefack C. (2001). Distribution des épiphytes vasculaires sur les haies vives dans la région de Bafou (Cameroun). In: Robbrecht E. Degreef J. et Friis I (Eds.). *Systematics and Geography of Plants*, pp, 71(1): 209-222. For the understanding of African diversity. Proceedings XVIth AETFAT Conference, held in 2000 at the National Botanic Garden of Belgium
- [46] Banaticla M. et Buot J.R. (2005). Altitudinal zonation of Pteridophytes on Mt. Banahaw de Lucban, Luzon Island, Philippines. *Plants Ecology*, 180: 135-151
- [47] Vormisto J., Phillips O., Ruokolainen K., Tuomisto H. & Vásquez R. (2000). A comparison of fine-scale distribution patterns of four plant groups in an Amazonian rainforest. *Ecography*, 23: 349-359.
- [48] Delnatte C. (2010). Le gradient altitudinal sur les sommets tabulaires de Guyane Basé sur l'étude des Arecaceae, des Melastomataceae et des Ptéridophytes. Thèse de doctorat, Université des Antilles et de Guyane, France.
- [49] Gradstein S.R. (2008). Epiphytes of tropical Montana forest-impact of deforestation and climate change. In : Biodiversity and Ecology Series 2. Gradstein, S.R., Homeier, J. et Gransert, D. (Eds.) : The Tropical Mountain Forest-Patterns and Process in a Biodiversity Delettre, Y. et Butet A. (2005). Paysages agricoles et biodiversité : Structure des communautés et facteurs environnementaux. UMR CNRS : ECOBIO, Rennes, 76 p.
- [50] Hemp A. (2001). Ecology of the Pteridophytes on the southern slopes of Mt. Kilimanjaro. Part II : Habitat selection. *Journal of Plant Ecology*, 3(5) : 493-523.
- [51] Hemp A. (2002). Ecology of the pteridophytes on the southern slopes of Mt. Kilimanjaro. Part I : Altitudinal distribution. *Journal of Plant Biology*, 159: 211-239.
- [52] Dale V.H. et Beyeler S.C. (2001). Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators*, 1: 3-10.
- [53] Tuomisto H., Ruokolainen K., Kalliola R., Linna A., Danjoy W. & Rodriguez Z. (1995). Dissecting Amazonian biodiversity. *Science*, 269: 63-66.
- [54] Delettre, Y. & Butet A. (2005). Paysages agricoles et biodiversité : Structure des communautés et facteurs environnementaux. UMR CNRS : ECOBIO, Rennes, 76 p.

ANNEXES

ANNEXE 1. ADAPTATION DES PTERIDOPHYTES A STRUCTURE DES FORETS DE MONTAGNE DU PNKB (PTERIDOFLORE AQUATIQUE ET TERRESTRE [TERRESTRE STRICTE, ESPECES TERRESTRES-EPIPHYTES, ESPECES TERRESTRES-EPIPHYTES-HYDROPHYTES ET TERRESTRES-HYDROPHYTES])

Espèces	E.SM		E.M		E.AS-S	
	M.S	MP	M.S	MP	M.S	MP
Espèces aquatiques						
<i>Azolla nilotica</i> Decne. ex Mett	+	0	0	0	0	0
<i>A. pinnata</i> R.Br. var. <i>africana</i> Desv. Bak	+	0	0	0	0	0
<i>Marsilea minuta</i> L.	0	0	+	0	0	0
Espèces terrestres						
<i>Adiantum incisum</i> Forsk.	+	+	+	0	0	+
<i>A. patens</i> Willd. subsp. <i>oatesii</i> (Bak.) Schelpe	+	+	0	0	0	+
<i>A. poiretii</i> Wikstr	+	+	0	0	0	0
<i>Amauropelta bergiana</i> (Schltdl.) Holttum var. <i>bergiana</i>	+	0	+	0	0	0
<i>A. oppositifolia</i> (C. Chr) Holttum	+	0	+	+	0	0
<i>Asplenium abyssinicum</i> Fée	0	0	+	0	0	0
<i>A. monanthes</i> L.	0	0	+	0	0	0
<i>Athyrium scandiacum</i> Willd. C. Presl	0	0	+	+	0	0
<i>Blechnum tabulare</i> (Thunb.) Kuhn	+	+	+	0	0	0
<i>Blotiella crenata</i> Alston et Schelpe	+	0	+	0	+	0
<i>B. currorii</i> (Hook.) A.F. Tryon	+	0	0	0	0	0
<i>B. glabra</i> (Bory) A. F. Tryon	+	0	+	0	0	0
<i>B. hieronymi</i> (Kümmmerle) Pic. Serm.	+	0	0	0	0	0
<i>B. stipitata</i> (Alston) Faden	0	0	+	0	0	0
<i>Cheilanthes similis</i> F. Ballard	+	+	0	0	0	+
<i>Christella dentata</i> (Forssk.) Brownsey et Jermy	+	+	+	+	0	0
<i>Cyathea camerooniana</i> (Hook.) R.M. Tryon	+	0	+	0	0	0
<i>C. dregei</i> Kunze	+	0	+	0	0	0
<i>C. manniana</i> Hook.	+	0	+	0	0	+
<i>Dicranopteris linearis</i> (Burm. f.) Underw. var. <i>linearis</i>	+	+	+	0	+	0
<i>Diplazium proliferum</i> (Lam.) Kaulf	0	0	+	0	0	0
<i>D. zanzibaricum</i> (Bak.) C. Chr.	+	0	+	0	0	0
<i>Doryopteris concolor</i> (Langsd. et Fisch.) Kuhn	+	0	+	0	0	0
<i>Dryopteris antarctica</i> (Baker) C. Chr.	0	0	+	+	0	0
<i>D. inaequalis</i> (Schltdl.) Kuntze	0	0	+	+	0	0
<i>D. kilemensis</i> (Hook) Kuntze	+	0	+	0	+	0
<i>D. manniana</i> (Hook.) C. Chr.	+	0	+	0	0	+
<i>Equisetum ramossissimum</i> Desf.	+	0	0	0	0	0
<i>Histiopteris incisa</i> (Thunb.) J. Sm.	+	0	+	0	+	0
<i>Huperzia saururus</i> (Lam.) Trevisan	0	0	0	0	0	0
<i>Hypolepis sparsiora</i> (Schrad.) Kuhn	0	0	+	+	0	0
<i>Lycopodiella cernua</i> (L.) Pic. Serm.	+	+	+	0	+	0
<i>Lycopodium carolinum</i> (Lawalrée) J.P. Roux	0	0	+	0	0	0
<i>L. clavatum</i> L.	+	0	0	0	+	0
<i>Lygodium microphyllum</i> (Cav.) R.Br.	+	0	0	0	0	0
<i>L. smithianum</i> Presl ex Kuhn	+	0	0	0	0	0
<i>Odontosoria africana</i> Ballard	+	0	+	+	0	+
<i>Pellaea angulosa</i> (Willd.) Bak.	+	0	+	0	+	0
<i>P. doniana</i> Hook.	+	0	0	0	+	0
<i>P. dura</i> Hook. var. <i>schweinfurthii</i> (Hieron.) Verdc.	+	0	+	0	0	0
<i>P. viridis</i> var. <i>canonica</i> (Kunze) Verdc	+	0	0	0	0	0
<i>Pityrogramma argentea</i> (Willd.) Domin	0	0	0	0	0	0
<i>P. calomelanos</i> (L.) Link.	+	0	0	0	+	0
<i>Pneumopteris unita</i> (Kunze) Holttum	0	0	0	0	0	0

<i>Polystichum transvaalense</i> N.C. Anthony	0	0	+	0	0	0
<i>Pseudocyclosorus camerounensis</i> Holttum	+	0	0	0	0	0
<i>P. pulcher</i> (Bory ex Willd.) Holttum	+	0	+	0	0	0
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn subsp. <i>aquilinum</i>	+	0	+	+	0	0
<i>Pteris burtonii</i> Bak.	0	0	+	0	0	0
<i>P. catoptera</i> Kunze	+	0	+	0	+	0
<i>P. cretica</i> L.	+	0	+	0	0	0
<i>P. dentata</i> Forsk.	+	0	+	0	0	0
<i>P. friesii</i> (Hieron) Verdc.	0	0	+	0	0	0
<i>P. intricata</i> C.H. Wright	+	0	+	0	0	0
<i>P. kivuensis</i> C. Chr.	0	0	+	0	0	0
<i>P. linearis</i> Poir.	+	0	+	0	0	0
<i>P. pteridioides</i> L.	0	0	+	0	0	0
<i>P. tripartita</i> Sw.	0	0	0	0	0	0
<i>Selaginella auquieri</i> Bizzarri	+	0	0	0	+	0
<i>S. kivuensis</i> Bizzarri	+	0	0	0	+	0
<i>S. kraussiana</i> (Kunze) A.Br.	+	0	+	0	+	0
<i>S. molliceps</i> Spring	+	0	0	0	0	0
<i>S. myosurus</i> (Sw.) Alston	+	0	0	0	0	0
<i>S. versicolor</i> Spring	+	0	0	0	0	0
<i>Tectaria gemmifera</i> (Fée) Alston	0	0	+	0	0	0
<i>Thelypteris confluens</i> (Thunb.) Morton	+	0	+	0	0	0
Espèces terrestres-épiphytes						
<i>Adiantum capillus-veneris</i> L.	+	0	+	+	0	0
<i>Arthropteris monocarpa</i> (Cordem) C.Chr.	+	0	+	0	0	0
<i>A. orientalis</i> (Gmel) Posth	+	0	+	+	0	0
<i>Asplenium aethiopicum</i> (Brum. F.) Becherer	+	0	+	+	+	0
<i>A. elliotii</i> C.H.Wright.	0	0	+	0	0	0
<i>A. erectum</i> Bory ex Willd.	0	0	+	0	0	0
<i>A. gemmiferum</i> Schrad.	+	0	+	0	0	0
<i>A. linckii</i> Kuhn	+	0	+	0	0	0
<i>Asplenium macrophlebium</i> Baker.	0	0	+	0	0	0
<i>Cheilanthes farinosa</i> (Forssk.) Kaulf	+	0	+	+	+	0
<i>Nephrolepis undulata</i> (Afz ex Sw) J.Smith	+	+	+	+	0	0
<i>Ophioglossum castatum</i> R.Br.	0	0	0	0	+	0
<i>O. vulgatum</i> L.	+	0	0	0	+	0
<i>Phymatosorus scolopendria</i> (L) Pic. Serm.	+	+	0	0	0	0
<i>Pteris vittata</i> L.	+	0	+	0	0	0
<i>Pyrrosia schimperiana</i> (Mett. ex Kuhn) Alston	0	+	+	0	0	0
<i>Xiphopteris flabelliformis</i> (Poir.) A.R.Sm. et R.C.Moran	0	0	+	0	0	0
Espèces terrestres-épiphytes-hydrophytes						
<i>Antrophyum mannianum</i> Hook.	+	0	+	0	+	0
<i>Asplenium friesiorum</i> C.Chr.	0	+	+	+	+	0
Espèces terrestres-hydrophytes						
<i>Christella gueintziana</i> (Mett.) Holttum	0	0	+	0	0	0
<i>Coniogramme africana</i> Hieron	+	0	+	0	0	0
<i>Didymochlaena truncatula</i> (Sw.) J. Sm.	0	0	+	0	0	0
<i>Marattia fraxinea</i> Sm.	0	0	+	0	0	0
<i>Osmunda regalis</i> L.	0	0	+	0	+	0
<i>Sphaerostephanos arbuscula</i> (Willd.) Holttum	0	0	+	0	0	0
Sous total	61	12	65	15	19	6
Total	63		65		26	

ANNEXE 2. PTERIDOFLORE EPIPHYTIQUE (EPIPHYTES, TERRESTRES-EPIPHYTES, ESPECES TERRESTRES-EPIPHYTES-HYDROPHYTES).

Légende : - MP : milieu perturbé, - MS : Milieu non perturbé, - P : présence et - A : absence

Espèces	E.SM			E.M			E.AS-S		
	P/A	MS	MP	P/A	MS	MP	P/A	MS	MP
Espèces épiphytes									
<i>Asplenium africanum</i> Desv.	+	I	0	0	0	0	0	0	0
<i>A. bugoiense</i> Hieron	+	0	II	+	I	I	0	0	0
<i>A. dregeanum</i> Kunze	0	II	0	+	II	0	0	0	0
<i>A. hemitomum</i> Hieron.	0	0	0	+	III	0	0	0	0
<i>A. hypomelas</i> Kuhn	+	0	0	+	I	I	0	0	0
<i>A. loxoscaphoides</i> Baker	0	0	0	+	II	0	0	0	0
<i>A. mannii</i> Hook.	0	0	0	+	II	0	0	0	0
<i>A. megalura</i> Hieron	+	0	II	+	II	0	+	II	0
<i>A. protensum</i> Schrad.	+	II	0	+	I	I	0	0	0
<i>A. pseudoauriculatum</i>	0	II	0	+	II	0	0	0	0
<i>A. rutifolium</i> (Berg.) Kunze	0	-	0	+	0	II	0	0	0
<i>A. sandersonii</i> Hook.	+	I	0	+	I	0	+	II	0
<i>A. smedsii</i> Pic.Serm.	0	0	0	+	I	0	0	0	0
<i>A. stuhlmannii</i> Hieron.	+	II	0	+	II	0	0	0	0
<i>A. theciferum</i> (Kunth.) Mett.	+	II	0	+	I	0	0	0	0
<i>A. variabile</i> Hook var. <i>paucijugum</i> (Ballard) Alston	+	II	0	0	0	0	0	0	0
<i>Blechnum attenuatum</i> Sw. Mell.	+	I	0	+	I	0	0	0	0
<i>Ctenopteris villosissima</i> <i>Ctenopteris villosissima</i> (Hook.) Harley	+		I	+	0	III	+	0	I
<i>D. laurentii</i> (Christ) Hieron	+	V	0	+	V	0	0	0	0
<i>Drynaria volkensii</i> Hieron	0	0	0	+	IV	0	0	0	0
<i>Elaphoglossum acrostichoides</i> (Hook. et Grev.) Schelpe	0	I	0	+	I	0	+	II	0
<i>E. aubertii</i> Desv. Moore	+	II	0	+	II	0	0	0	0
<i>E. barteri</i> (Baker.) C.Chr	+	II	0	+	II	0	0	0	0
<i>E. deckenii</i> (Kuhn) C.Chr	0	I	0	+	II	0	+	II	II
<i>E. kivuense</i> Schelpe	+	I	I	+	II	0	+	I	0
<i>Huperzia afromontana</i> Pic.Serm.	+	II	0	+	IV	0	0	0	0
<i>H. bampsiana</i> Pic.Serm.	0	0	0	+	IV	0	0	0	0
<i>H. dacrydioides</i> (Baker) Pic.Serm.	+	I	0	+	0	III	+	I	0
<i>H. gnidioides</i> (L.f.) Trevisan	+	II	0	+	I	0	0	0	0
<i>Hymenophyllum capillare</i> Desv.	0	0	0	+	II	0	0	0	0
<i>H. hirsutum</i> (L.) Sw.	0	0	0	+	II	0	0	0	0
<i>H. kuhnii</i> C.Chr.	+	I	0	+	II	0	+	I	0
<i>H. triangulare</i> Baker	+	I	0	+	III	0	+	I	0
<i>Isoetes welwitschii</i> A. Braun	)	I	0	+	I	0	+	I	0
<i>Lepisorus excavatus</i> Willd.) Ching.	+	III	0	+	I	0	0	0	0
<i>Lomariopsis congoensis</i> Holttum	+	I	I	0	0	0	0	0	0
<i>L. hederacea</i> Alston	+	I	I	0	0	0	0	0	0
<i>Loxogramma abyssinica</i> (Baker.) M.G. Price	+	II	0	+	II	0	0	0	0
<i>Microgramma lycopodioides</i> (L.) Copel.	+	0	I	+	II	0	0	0	0
<i>Microsorium punctatum</i> (L.) Copel	+	I	I	0	0	0	0	0	0
<i>Nephrolepis biserrata</i> (Sw.) Schott.	+	0	III	+	II	0	0	0	0
<i>Oleandra distenta</i> Kunze	+	III	0	+	II	0	+	-	+
<i>Platynerium elephantotis</i> Schweinf.	+	IV	0	+	IV	0	0	0	0
<i>P. stemaria</i> (Beauv.) Desv.	+	IV	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pleopeltis lanceolata lanceolata</i> Kaulf	0	0	0	+	IV	0	+	-	+
<i>P. macrocarpa</i> (Bory ex Willd.) Kaulf.	+	0	I	+	II	0	0	0	0
<i>Psilotum nudum</i> (L.) P. Beauv.	+	II	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trichomanes rigidum</i> Sw.	0	0	0	+	0	III	0	0	0
<i>Vittaria guineensis</i> Desv. var. <i>orientalis</i> Hieron	+	0	I	+	0	0	0	0	0
<i>V. reekmansii</i> Pic.Serm.	0	0	0	+	II	II	0	0	0

<i>V. volkensii</i> Hieron.	0	II	0	+	II	0	+	I	0
Espèces Terrestres-épiphytes									
<i>Adiantum capillus-veneris</i> L.	0	0	0	+	I	0	+	I	0
<i>Arthropteris monocarpa monocarpa</i> (Cordem) C.Chr.	+	0	I	+	III	0	0	0	0
<i>A. orientalis</i> (Gmel) Posth	0	0	0	+	I	0	0	0	0
<i>Asplenium aethiopicum</i> (Brum. F.) Becherer	+	0	II	+	III	0	+	I	I
<i>A. elliotii</i> C.H.Wright.	0	0	0	+	I	0	0	0	0
<i>A. erectum</i> Bory de Saunier	0	0	0	+	I	0	0	0	0
<i>A. gemmiferum</i> Schrad.	0	0	0	+	I	0	0	0	0
<i>A. linckii</i> Kuhn	0	0	0	+	I	0	0	0	0
<i>A. macrophlebium</i> Baker.	0	0	0	+	II	0	0	0	0
<i>Cheilanthes farinosa</i> (Forssk.) Kaulf	0	0	0	+	0	II	0	0	0
<i>Nephrolepis undulata</i> (Afz ex Sw) J.Smith	0	0	0	+	0	I	+	I	0
<i>Ophioglossum costatum</i> R.Br.	0	0	0	0	0	0	+	I	0
<i>Ophioglossum vulgatum</i> L.	0	0	0	0	0	0	+	I	0
<i>Phymatosorus scolopendria</i> (L.) Pic.Serm.	0	0	0	+	0	I	0	0	0
<i>Pteris vittata</i> L.	0	0	0	+	0	I	0	0	0
<i>Pyrrosia schimperiana</i> (Mett. ex Kuhn) Alston	0	0	0	+	III	0	0	0	0
<i>Xiphopteris flabelliformis</i> (Poir.) A.R.Sm. et R.C.Moran	0	0	0	+	0	I	0	0	0
Espèces terrestres-épiphytes-hydrophytes									
<i>Antrophyum mannianum</i> Hook.	0	0	0	+	I	0	0	0	0
<i>Asplenium friesiorum</i> C.Chr.	+	0	I	+		I	+	I	I
Sous total	41	30	14	61	50	14		18	8
	41			61			19		

ANNEXE 3. LES PORTEURS OU PHOROPHYTES RETROUVES DANS LES PLACEAUX. LEGENDE : -A : ARBRE, -a : ARBUSTE, L : LIANE ET T.B : TYPE BIOLOGIQUE)

Espèces	T. B	Etages			Placeaux		Hôte
		1	2	3	MS	MP	
<i>Acacia montigena</i> Brenan & Exell.	L	+	+	+	0	+	+
<i>Afrocrania volkensii</i> (Harms) Hutch.	a	+	+	0	+	0	0
<i>Agauria salicifolia</i> Hook.f. ex Oliver	A	0	+	0	+	0	+
<i>Alafia lucida</i> Stapf	L	+	+	0	+	0	0
<i>Alangium chinense</i> (Lour.) Harms	A	0	+	+	+	0	0
<i>Albizia adianthifolia</i> (Schumach.) W.Wight	A	+	+	0	+	+	+
<i>Albizia gummifera</i> (J.F.Gmel.) C.A.Sm.	A	+	+	+	+	+	+
<i>Alchornea floribunda</i> Müll. Arg.	a	+	0	0	+	+	+
<i>A. hirtella</i> Benth.	a	0	+	+	+	0	+
<i>Allophylus abyssinicus</i> (Hochst.) Radlk.	A	0	+	+	+	0	0
<i>A. africanus</i> P. Beauv.	a	+	+	0	+	0	+
<i>A. kiwuensis</i> Gilg.	a	0	+	+	+	+	+
<i>Anthocleista grandiflora</i> L.	A	+	+	+	+	0	+
<i>Balthasaria schliebenii</i> (Melch.) Verdc.	A	0	+	0	+	0	+
<i>Beilschmiedia</i> sp	A	+	0	0	+	0	+
<i>Bequaertiodendron congolense</i> De Wild.	A	+	0	0	+	0	+
<i>Bersama abyssinica</i> Fresen.var. abyssinica	A	+	+	+	+	+	+
<i>B. abyssinica</i> var. <i>ugandensis</i> (Sprague) Verdc.	A	0	+	0	+	0	0
<i>Bridelia brideliifolia</i> (Pax) Fedde	A	0	+	0	+	+	+
<i>B. micrantha</i> (Hochst.) Baill.	a	+	+	0	+	0	+
<i>Canarium schweinfurthii</i> Engl	A	+	+	0	+	0	+
<i>Canthium gueinzii</i> Sond.	a	+	+	+	+	0	+
<i>Carapa grandiflora</i> Sprague	A	+	+	0	+	0	+
<i>Cassipourea ruwensorensis</i> Alston	A	0	+	0	+	0	0
<i>Chassalia subochreate</i> Engl	a	0	+	+	+	0	+
<i>Chrysophyllum gorungosanum</i> Engl	A	+	+	0	+	0	+
<i>Cleistanthus pierlotii</i> J.Léonard	A	+	0	0	+	0	0
<i>Coelocaryon</i> sp	A	+	+	+	+	0	+

<i>Cola pierlotii</i> Germain	a	+	+	0	+	0	0
<i>Combretum collinum</i> Fresen	L	+	0	0	+	0	+
<i>Croton macrostachyus</i> Hochst. ex Delile	A	0	+	0	+	0	+
<i>C. megalocarpus</i> Hutch.	A	+	+	0	+	0	0
<i>Cussonia arborea</i> Hochst. ex A. Rich.	a	0	0	+	+	0	+
<i>Cyathea cameronensis</i> Hook.	a	0	0	0	+	0	+
<i>C. manniana</i> Hook.	a	+	+	0	+	0	+
<i>Dichaetanthera corymbosa</i> (Cogn.) Jacques-Félix.	a	+	+	+	+	0	+
<i>Diospyros abyssinica</i> (Hiern) F.White	A	0	0	0	+	0	0
<i>Dombeya torrida</i> (J. F. Gmel.) Bamps	A	0	+	+	+	0	+
<i>D. rotundifolia</i> (Hochst.) Planch.	A	+	0	0	+	0	+
<i>Dovyalis macrocalyx</i> Trusted.	a	0	+	+	+	0	0
<i>Drypetes occidentalis</i> (Müll.Arg.) Hutch.	a	+	+	0	+	0	+
<i>Ekebergia benguelensis</i> C. DC.	A	0	+	+	0	0	+
<i>Entandrophragma cylindricum</i> (Sprague) Sprague	A	+	+	0	+	0	+
<i>E. excelsum</i> (Dawe & Sprague) Sprague	A	+	+	0	0	0	+
<i>Erica arborea</i> L	a	0	+	+	+	0	+
<i>E. johnstonii</i> (Schweinf. ex Engl.) Dorr	a	0	+	+	+	0	0
<i>E. kingaensis</i> A. Engler	a	0	+	+	+	0	+
<i>E. rugegensis</i> Engl.	a	0	+	+	+	0	+
<i>Erythrina abyssinica</i> Lam. ex DC.	a	+	+	0	0	0	+
<i>Ficalhoa laurifolia</i> Hiern	A	0	+	0	+	0	+
<i>Ficus</i> spp. I	a	0	+	0	+	0	0
<i>Ficus</i> spp. II	a	0	+	0	+	0	0
<i>F. thonningii</i> Blume	a	+	+	0	+	0	+
<i>Galiniera coffeoides</i> Delile	a	+	+	+	+	0	+
<i>Galium simense</i> Fresen.	a	0	+	+	+	0	+
<i>Garcinia buchananii</i> Bark	A	+	+	0	+	0	+
<i>G. punctata</i> Oliv.	A	+	+	0	+	0	+
<i>G. volkensii</i> Engl.	A	+	+	0	+	0	+
<i>Gouania longispicata</i> Engl.	L	0	+	0	+	0	0
<i>Hagenia abyssinica</i> (Bruce) J.F. Gmel.	A	0	+	+	+	0	+
<i>Harungana madagascariensis</i> Lam. ex Poir.	A	+	+	0	+	0	0
<i>H. montana</i> Spirlet	a	0	+	0	+	0	0
<i>Hypericum revolutum</i> Vahl.	a	0	+	+	+	0	+
<i>Ilex mitis</i> (Linn.) Radlk.	A	0	+	0	+	0	+
<i>Jaundea pinnata</i> (P.Beauv.) G.Schellenb.	L	+	+	+	+	0	+
<i>Julbernardia seretii</i> (De Wild.) Troupin	A	+	0	0	+	0	+
<i>Kigelia africana</i> (Lam.) Benth.	A	+	0	0	+	0	+
<i>Landolphia owariensis</i> P. Beauv. Trusted.	a	+	0	0	+	0	+
<i>Lebrunia bushaie</i> Staner.	A	+	+	+	+	0	+
<i>Lindackeria kivuensis</i> Bamps	a	0	+	+	+	0	+
<i>Lisianthus</i> spp.	a	+	+	+	+	0	0
<i>Lobelia gibberoa</i> Hemsl.	a	0	+	+	+	0	0
<i>Macaranga neomildbraediana</i> Lebrun	A	+	+	+	+	0	+
<i>M. schweinfurthii</i> Pax	A	0	+	+	0	0	0
<i>Maesa lanceolata</i> Forssk. subsp. <i>lanceolata</i> .	a	+	+	+	+	0	+
<i>Maytenus arguta</i> (Loes.) N.Robson	a	0	+	0	+	0	0
<i>Michelsonia microphylla</i> Hauman.	A	+	0	0	+	0	+
<i>Milletia dura</i> Dunn	A	0	+	0	+	0	+
<i>M. psilopetala</i> Harms.	L	+	+	0	+	0	0
<i>Mimulopsis arborescens</i> C. B. Clarke	a	0	+	0	0	0	+
<i>Mitragyna rubrostipulata</i> (K.Schum.) Hiern.	A	+	+	0	+	0	+
<i>Musanga leo-errerae</i> Hauman & Léonard	A	+	+	0	+	0	+
<i>Myrianthus holstii</i> Engl.	A	0	+	+	+	0	+
<i>Myrica mildibreadii</i> Engl.	A	0	+	0	+	0	0
<i>Neoboutonia macrocalyx</i> Pax	A	0	+	+	+	0	+
<i>Newtonia buchananii</i> (Baker) G.C.C. Gilbert & Boutique	A	0	+	0	+	+	+

<i>Nuxia floribunda</i> Benth.	A	+	+	+	+	0	+
<i>Ocotea kenyensis</i> (Chiov.) Robyns & R. Wilczek.	A	+	+	0	+	0	+
<i>O. usambarensis</i> Engl.	A	+	+	+	+	0	+
<i>Oxyanthus lepidus</i> (S.Moore) Bridson	a	+	0	0	0	0	+
<i>O. speciosus</i> DC.	a	0	+	0	+	0	0
<i>O. troupinii</i> Bridson	a	+	+	0	+	0	0
<i>Parinari curatellifolia</i> Planch. ex Benth.	A	+	0	0	0	+	+
<i>P. excelsa</i> Sabine	A	0	+	+	+	0	+
<i>Pauridiantha kahuziensis</i> Ntore	a	0	0	0	0	0	+
<i>P. paucinervis</i> (Hiern) Bremek.	a	0	+	+	+	0	0
<i>Pauridiantha</i> spp.	a	0	+	+	+	0	0
<i>Pavetta gardeniifolia</i> K.Schum.	a	+	+	0	+	0	+
<i>P. oliverana</i> Heirn.	a	0	+	0	+	0	+
<i>Pentadesma lebrunii</i> Staner	A	+	+	0	+	0	+
<i>Pentadesma reyndersii</i> Spirlet	A	+	0	0	+	0	0
<i>Pleiocarpa pycnantha</i> K. Schum. Stapf	A	+	0	0	+	0	+
<i>Podocarpus falcatus</i> (Thunb.) R.Br.ex Mirb.	A	0	+	+	+	0	+
<i>P. latifolius</i> (Thunb.) R. Br. ex Mirb.	A	0	+	+	+	0	0
<i>Polyscias fulva</i> (Hiern) Harms	A	0	+	+	+	0	+
<i>P. kivuensis</i> Bamps	a	+	0	0	0	0	0
<i>Prunus africana</i> (Hook f.) Kalkman.	A	+	+	0	+	0	+
<i>Pseudospondias microcarpa</i> (A. Rich.) Engl.	A	+	0	0	+	0	0
<i>Psychotria mahonii</i> C.H. Wright.	a	0	+	+	+	0	+
<i>Psychotria kirkii</i> Hiern Trusted	a	0	+	+	+	0	0
<i>Psychotria</i> spp.I	a	+	+	0	0	0	0
<i>Psychotria</i> spp.II	a	+	+	+	0	+	0
<i>Rapanea melanophloeus</i> (L.) Mez	A	+	+	+	+	+	0
<i>Rauvolfia mannii</i> Stapf	a	+	+	0	+	0	+
<i>Ricinodendron heudelotii</i> (Baill.) Heckel	a	+	0	0	+	0	0
<i>Rytyginia lebrunii</i> Robyns	a	+	0	0	0	0	+
<i>Sapium ellipticum</i> (Hochst.) Pax.	A	+	+	+	+	0	0
<i>Schefflera goetzenii</i> Harms Trusted.	L	+	+	+	+	0	+
<i>S. myriantha</i> (Baker) Drake	L	0	+	+	+	+	+
<i>Sericostachys scandens</i> Gilg & Lopr.	L	0	+	0	+	0	0
<i>Sinarundinaria alpina</i> (K.Schum.) C.S.Chao & Renvoize	a	+	+	0	+	0	+
<i>Sorindeia gillettii</i> De Wild.	a	+	+	0	+	0	0
<i>Strombosia scheffleri</i> Engl.	A	+	+	0	+	0	+
<i>Symphonia globulifera</i> L.f	A	+	+	0	+	0	+
<i>Syzygium cordatum</i> Hochst. ex C.Krauss	A	0	+	0	+	0	+
<i>S. guinneense</i> D.C.	A	+	+	+	+	+	+
<i>S. parvifolium</i> (Engl.) Mildbr.	A	0	+	0	+	0	+
<i>S.rowlandii</i> Sprague	A	0	+	0	+	0	+
<i>Tabernaemontana johnstonii</i> (Stapf) Pichon	A	+	+	0	+	+	+
<i>Teclea nobilis</i> Delile	a	+	+	0	0	0	0
<i>Trema orientalis</i> (L.) Blume.	a	+	+	0	+	0	0
<i>Tricalysia anomala</i> var. <i>montana</i> Robbrecht	a	0	+	0	+	+	+
<i>Tricalisia kivuensis</i> Robbrecht	a	0	+	0	+	0	0
<i>Trichilia volkensii</i> Gürke	a	0	+	0	+	+	0
<i>Uapaca</i> spp. I.	A	+	0	0	+	0	+
<i>Uapaca</i> spp. II	A	+	0	0	+	0	+
<i>Vepris louisii</i> G.C.C. Gilber	a	0	+	0	+	0	0
<i>Xylopia aethiopica</i> Dunal	A	+	0	0	+	0	0
<i>Xymalos monospora</i> (Harv.) Baill	a	+	+	+	+	+	+
<i>Zanthoxylum mildbraedii</i> (Engler) Waterm.	A	+	+	0	+	0	0

La fonction du maire : dualité entre représentant de l'Etat et vecteur du développement local. Exemple du 3^{ème} et 4^{ème} arrondissements communaux de la Ville de Zinder

Aboubacar ZAKARI

Sociologue, Maitre-assistant, Université de Zinder, Niger

Copyright © 2015 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study talks about the crucial question of the function of the mayor in a democratizing society. In the context of decentralized local management of development activities, the Niger authorities had opted in 2004 for a system of decentralization instead of federalism claimed by the Tuareg rebellion. Decentralization involves the election of a mayor who chairs the City Council in order to achieve development actions. In his function, he is both state representative, representative of his political party and vector of local development. This is a source of conflict and may block the normal operation of this territorial level called to create the foundations for its own development.

The analysis was based on a documentary work, interviews with elected mayors and with resource persons at the 3rd and 4th municipal districts of the city of Zinder. The municipal district is a dismemberment of the special status commune which it receives delegation of powers and resources. It is a decentralized administrative structure of the municipality with special status and no legal personality.

It is clear that the City Council is the lowest level in administrative devolution but this function must be understood in order to achieve the planned development activities.

KEYWORDS: Function, mayor, State, local development, decentralization.

RESUME: Cette étude traite de la question cruciale de la fonction du maire dans une société en voie de démocratisation. Ainsi, dans le cadre de la gestion décentralisée des actions de développement au niveau local, les autorités nigériennes avaient opté en 2004 pour un système de décentralisation en lieu et place du fédéralisme revendiqué par la rébellion touarègue. La décentralisation suppose l'élection d'un maire qui préside le conseil municipal en vue de réaliser les actions de développement. Dans sa fonction, celui-ci est à la fois représentant de l'Etat, représentant de son parti politique et vecteur du développement local. Cette situation est source de conflit et susceptible de bloquer le fonctionnement normal de cet échelon territorial appelé à créer les bases de son propre développement surtout au niveau de l'arrondissement communal.

L'analyse se fonde sur un travail documentaire, des entretiens avec des maires élus et avec des personnes ressources au niveau des 3^{ème} et 4^{ème} arrondissements communaux de la Ville de Zinder. L'arrondissement communal est un démembrement de la commune à statut particulier de laquelle il reçoit délégation de compétences et de moyens. Il est une structure administrative déconcentrée de la commune à statut particulier et est dépourvu de personnalité morale.

Il ressort clairement que la mairie est l'échelon inférieur en matière de déconcentration administrative, mais cette fonction doit être bien comprise afin de réaliser les actions de développement programmées.

MOTS-CLEFS: Fonction, maire, Etat, développement local, décentralisation.

INTRODUCTION

Il est important de savoir que toute organisation humaine doit avoir un leader pour présider à sa destinée. Dans la présente étude, c'est le maire qui joue cette fonction. Au Niger en général, et particulièrement dans la Ville de Zinder, après un retour à une vie constitutionnelle normale en 1999, le processus de décentralisation est relancé et, les maires sont élus depuis 2004. Ces derniers relèvent des différents partis politiques du pays. L'élection d'un maire se fait à la majorité simple des conseillers d'une circonscription quelconque. Cette élection se passe sans ou au moyen d'alliance entre les partis politiques. Une fois élu, le maire est à la fois représentant de l'Etat, de son parti politique et vecteur du développement local. Cette situation n'est pas sans conséquences sur les actions à entreprendre. La présente étude se penche sur cette question au niveau des 3^{ème} et 4^{ème} arrondissements communaux de la Ville de Zinder.

1 LES DIFFERENTS TYPES DE COMMUNE AU NIGER

La loi N°2008-42 du 31 juillet 2008 relative à l'organisation et à l'administration du territoire de la République du Niger et l'ordonnance n°2010-54 du 17 septembre 2010 portant code général des collectivités territoriales prévoient trois types de commune :

- la commune rurale qui est un regroupement de villages, tribus ou quartiers administratifs autour d'une localité centre d'au moins deux mille (2000) habitants et coïncidant avec tout ou partie de l'espace territorial d'un canton ou d'un groupement selon la zone socio-écologique considérée. Il existe actuellement deux cent quatorze (214) communes rurales au Niger ;
- la commune urbaine qui est un regroupement de quartiers et de villages administratifs et/ou tribus autour d'une agglomération d'au moins cinq mille (5000) habitants. Il existe au Niger cinquante deux (52) communes urbaines et qui coïncident pour la plupart avec les chefs-lieux de région et ou de département ;
- la commune à statut particulier ou « Ville » est une commune urbaine qui est érigée en une commune à statut particulier lorsque l'agglomération principale a un chiffre de population d'au moins égal à cent mille (100 000) habitants. Les quatre (04) communes à statut particulier qui existent actuellement au Niger sont : Maradi, Niamey, Tahoua et Zinder. La Ville est organisée en arrondissements communaux.

Il est important de comprendre que l'organe délibérant de la commune est le conseil municipal. Sa taille est proportionnelle à l'importance démographique de chaque commune. Pour les communes ordinaires, il varie de 11 à 25 membres. Ainsi, il est de 11 membres pour les communes dont la population est inférieure ou égale à vingt quatre mille (24000) habitants. Pour une commune dont la population est supérieure à 24 000, il est composé de 11 membres pour la première tranche de 24000 et un membre supplémentaire par tranche suivante de 6000 habitants ou fraction restante égale ou supérieure à trois mille (3000) habitants, sans que le nombre total de conseillers ne dépasse vingt cinq (25).

En ce qui concerne les communes à statut particulier ou « Ville », il est de 17 membres pour les Villes dont la population est au moins égale à cent mille (100 000) habitants. S'agissant des Villes dont la population est supérieure à cent mille (100 000) habitants, dix sept (17) membres pour la première tranche de cent mille (100 000) habitants et un membre supplémentaire par tranche de vingt mille (20 000) ou fraction restante égale ou supérieure à dix mille (10 000) habitants, sans que le nombre total de conseillers ne dépasse quarante cinq (45).

2 PRESENTATION DES 3^{èmes} ET 4^{èmes} ARRONDISSEMENTS COMMUNAUX DE LA VILLE DE ZINDER

Il existe actuellement quinze (15) arrondissements communaux au Niger répartis au niveau des quatre (4) grandes Villes , à raison de cinq (5) pour Niamey, trois (03) pour Maradi, deux (2) pour Tahoua et cinq (5) pour Zinder.

2.1 LE TROISIEME ARRONDISSEMENT COMMUNAL DE LA VILLE DE ZINDER

Cet arrondissement communal qui a comme chef lieu Zengou est situé dans la Région de Zinder. Il est un des cinq (5) arrondissements communaux qui composent la Ville de Zinder. D'une forme trapézoïdale allongée du nord au sud, la commune 3 est située entre les points de coordonnées géographiques suivants:

- au sud : longitude est : 8°,59'34 latitude nord : 13°,48'22
- au nord : longitude est : 8°,59'06 latitude nord : 13°,54'13
- à l'est : longitude est : 9°,01'06 latitude nord : 13°,51'12
- à l'ouest : longitude est : 8°,57'03 latitude nord : 13°53'19

Il s'étend du centre ville au flanc nord de la Ville, et est limité à l'est par la Commune II de Zinder, au sud par la Commune I, à l'ouest par la Commune IV de Zinder et au Nord par la Commune Rurale de Dakoussa. Il couvre une superficie totale de 32,1 km² (dont 5,25 km² en milieu urbain et 26,85 km² en périurbaine)

Cette commune compte 56123 habitants répartis entre quatre (4) ethnies principales: les Haoussa, les Touareg, les Kanouri et les Peul. Elle est créée suivant l'ordonnance n° 2010-56 du 17 septembre 2010.

2.2 LE QUATRIEME ARRONDISSEMENT COMMUNAL DE ZINDER

Le quatrième arrondissement communal de Zinder, avec comme chef lieu N' wala est limité :

- à l'Est et au Nord par la commune III de Zinder ;
- au Sud par la commune I et la commune rurale de Droum ;
- à l'Ouest par la commune rurale de Tirmini.

Cet arrondissement renferme un noyau urbain autour duquel gravite une zone rurale vaste pour une superficie totale de 69 Km². La commune Zinder IV compte 80 923 habitants avec une densité de 737.36 habitants / Km². Il est créé aussi suivant l'ordonnance n° 2010-56 du 17 septembre 2010.

3 PROBLÉMATIQUE

En matière de gestion administrative, il faut rappeler que le Niger est un pays issu de la colonisation française ayant hérité d'une longue tradition centralisatrice du pouvoir. A titre illustratif, il existait après l'indépendance du pays et en vertu de la loi n° 61-50 du 31 décembre 1961 portant organisation des collectivités territoriales 31 circonscriptions administratives en lieu et place des cercles unitaires et des subdivisions hérités de la colonisation.

Cependant, d'après les analystes, cette réforme n'était qu'un simple placage des structures coloniales car elle transformait simplement les subdivisions issues de la colonisation en circonscriptions territoriales.

Plus tard, la loi 64-023 du 17 juillet 1964, portant création des circonscriptions administratives et des collectivités territoriales, subdivisait le territoire de la République du Niger en départements, arrondissements et communes. En fonction de l'importance numérique de la population ainsi que des réalités socio-culturelles on peut dénombrer au moment du processus de la déconcentration jusqu'à la veille de la mise en place de la décentralisation, sept (7) départements, trente six (36) arrondissements, vingt-et- une (21) communes urbaines et rurales et vingt sept (27) postes administratifs, à la tête desquels se trouvaient des représentants de l'Etat.

Nommés par le Président de la République, les sous-préfets et les maires représentaient d'une part l'Etat auprès de la collectivité et d'autre part la collectivité auprès du pouvoir central. C'est dire que la commune connaissait la même dualité juridique que l'arrondissement. Ainsi, les arrondissements et les communes étaient à la fois collectivités territoriales et circonscriptions administratives. Cette dualité avait des répercussions dans quatre (4) grands domaines, à savoir :

- dualité des interventions : selon le cas, les interventions au niveau de l'arrondissement ou de la commune relèvent soit de l'intérêt général, soit de l'intérêt local (d'arrondissement ou municipal) ;
- dualité en ce qui concerne les personnes : du sous-préfet et du maire : l'un et l'autre agit, selon le cas, soit en qualité d'agent de l'Etat, soit en qualité d'autorité d'arrondissement ou d'autorité municipale ;
- dualité en ce qui concerne le personnel : il y a lieu de distinguer le personnel d'Etat (cadres ou auxiliaires), effectuant des tâches relevant de l'intérêt général, et les agents exerçant des fonctions d'intérêt local. Les agents, fonctionnaires de l'Etat, détachés ou engagés par les collectivités territoriales, sont tous supportés par les budgets d'arrondissement et des communes ;
- dualité en matière financière et budgétaire : les affaires d'intérêt local relèvent des budgets des collectivités territoriales (personnel, matériel), les affaires d'intérêt général de celui de l'Etat.

Cette réforme administrative territoriale avait trois (3) objectifs :

- le maintien de l'ordre public considéré comme préalable à toute action ;
- le resserrement de l'unité nationale considérée comme une condition essentielle de réussite ;
- le développement optimal du pays considéré comme objectif fondamental.

Après une parenthèse due à une période d'exception qu'a connu le pays (1974-1987), ce dernier s'engage à continuer la déconcentration via une nouvelle forme de gestion administrative en mettant en veilleuse le processus de décentralisation. Le processus ne sera véritablement lancé qu'avec les élections locales de 2004. En effet, une des particularités de la décentralisation au Niger est qu'elle repose sur une communalisation intégrale et concerne les 1 267 000 Km² de superficie que couvre le pays. La commune est dirigée par un conseil municipal, composé de membres élus au suffrage libre, secret et au scrutin de liste avec représentation proportionnelle selon la règle de la plus forte moyenne, conformément au code électoral. Les conseillers à leur tour élisent en leur sein un Président qui a le titre d'un maire et un (1) ou deux (2) adjoints¹. Les logiques qui caractérisent la décentralisation au Niger peuvent se résumer en deux principes : premièrement, on peut noter l'approfondissement du processus de démocratisation engagé depuis le début des années 90 et la nécessaire multiplication des centres de décisions. Deuxièmement, il s'agit de l'intention d'équilibrer le pouvoir et les responsabilités entre le centre et les périphéries et entre les catégories dirigeantes : autorités, chefs traditionnels leaders d'opinion et les citoyens, afin de créer les bases d'un développement local.

Ces objectifs doivent être réalisés avec le soutien des bailleurs de fonds, comme le note le rapport suivant : « les institutions de Breton Wood ainsi que les donateurs bilatéraux sont très favorables à la décentralisation, gage d'un transfert du pouvoir aux populations locales et ainsi par ricochet une meilleure satisfaction des besoins »².

Ensuite, cette décentralisation devait favoriser l'émergence d'initiatives économiques, sociales et culturelles locales. Cette dynamisation attendue du développement se fonde sur la mobilisation accrue des ressources locales, du fait notamment d'une prise en compte nettement plus importante qu'avant des réalités du terrain.

Certes, en théorie le chantier est en place mais dans la pratique il existe quelques difficultés. Ces difficultés sont liées à la dualité juridique qui entoure cette fonction. En effet, le maire est représentant de l'Etat auprès de la population et représentant des populations qui l'ont élu auprès de l'Etat. Cette situation pourrait constituer un obstacle dans le cas où le maire est issu d'un parti opposé à celui au pouvoir. Il se pose la question de savoir comment peut-on harmoniser cette dualité juridique avec la pratique des actions de développement local ?

De façon spécifique, quel rôle joue le maire dans une entité décentralisée ? Quel est celui des conseillers locaux ? Quel est l'apport de la société civile ? Pour bien mener l'analyse, une méthodologie s'avère nécessaire.

4 MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE

« Rien ne sert de courir, il faut partir à point » ! Ainsi, pour rendre compte de façon analytique cette étude, en plus des textes et des écrits sur le sujet, j'ai réalisé des entretiens avec une grille d'entretien sous la forme semi structurée. Ces entretiens ont permis de faire le tour de la question car émanant des différents acteurs concernés par le système. Ainsi, l'analyse qualitative qui suit est le fruit desdits entretiens et explorations documentaires.

5 LA DUALITE JURIDIQUE DE LA FONCTION DU MAIRE

En référence aux articles 92 et 93 du code général des collectivités territoriales du Niger (édition 2011), le maire est à la fois exécutif de la commune et agent de l'Etat. Ces deux types de fonctions s'exercent dans des conditions différentes. Le maire représente la commune à l'égard des tiers. Il est chargé de préparer et d'exécuter le budget et les délibérations du conseil municipal. Il peut également être chargé en tout ou partie, de certaines de ses compétences par délégation de l'assemblée délibérante. Il est seul chargé de l'administration municipale, mais il peut procéder à des délégations de

¹ Article 84 de la loi N°2002 du 11 juin 2002.

² Marchés tropicaux et méditerranéens, N°2995, spécial Niger, 2003, page 672.

fonctions ou de signature. Dans les communes nigériennes, le maire est assisté d'un, de deux ou de trois adjoints selon le cas et la taille de la commune. En outre, le maire est chargé des pouvoirs de police.

Le maire exerce ses attributions sous le contrôle du conseil municipal, dans le cadre des délégations qui peuvent lui être accordées par ce dernier, et également sous le contrôle du représentant de l'État dans le département, puisqu'une grande partie des actes qu'il prend sont soumis au contrôle de légalité.

Il est à noter que ce processus évolue sous le système de tutelle administrative. En effet, en analysant la loi n°2002-012 du 11 juin 2002 déterminant les principes fondamentaux de la libre administration des régions, des départements et des communes ainsi que leurs compétences et leurs ressources, modifiée par l'ordonnance N° 2010-54 du 17 septembre 2010 portant code Général des collectivités territoriales de la République du Niger, on se rend compte que la configuration des rapports Etat /communes apparaît sous une double dynamique d'accompagnement : la tutelle et l'appui conseil.

La tutelle constitue un élément déterminant de la décentralisation. Elle ne se présume pas. En d'autres termes, il n'y a pas de tutelle sans textes. Dans le contexte actuel du Niger, celui de la réforme décentralisatrice, c'est la loi n°2002-012 précitée et modifiée qui en énonce les manifestations à travers le contrôle de légalité et l'inspection. Le contrôle de la légalité est un contrôle à posteriori des actes des autorités communales. Ce contrôle concerne surtout les actes administratifs.

S'agissant de ses relations avec le préfet ou le gouverneur, le maire peut demander à ces derniers les informations nécessaires à l'exercice des attributions de la commune. De même, le préfet ou le Gouverneur peut demander au maire les informations nécessaires à l'exercice de ses attributions.

Dans le cadre de ses fonctions, le maire agit également en tant qu'agent de l'Etat. A ce titre il est notamment chargé de l'état civil, de la révision et de la tenue des listes électorales, de l'organisation des élections ainsi que du recensement citoyen. En outre, il dispose d'attributions spécifiques en matière de police et de sécurité civile. Lorsque le maire intervient en tant qu'agent de l'Etat, il agit, selon le cas, sous le contrôle de l'autorité administrative (préfet ou Gouverneur) ou judiciaire (procureur de la République).

En définitive, les textes sont clairs et il revient aux hommes élus pour cette tâche de faire le travail qui leur revient. S'agissant du quatrième arrondissement communal, il ressort de nos entretiens que : *« toutes les réalisations ne compromettant pas le code des collectivités territoriales sont les bienvenues. Si vous voulez faire des réalisations, il suffit simplement de s'entretenir avec ces populations et prendre les décisions ensemble. On n'a aucun problème avec l'Etat, on arrive à bien harmoniser cette dualité. Il nous appuie pour des réalisations. Pour le développement local, c'est surtout les partenaires qui nous font des propositions. L'Etat nous fait des propositions, surtout, à faire des latérites »*.

Mais, ces propos tranchent avec les entretiens réalisés au niveau du troisième arrondissement communal. Pour notre interlocuteur, *« ils se sentent beaucoup plus représentants des populations que de l'Etat, puisqu'il ya des représentants de l'Etat. En fait, l'Etat peut empêcher une marche que nous, nous avons autorisée. Moi personnellement, j'ai autorisé l'installation des kiosques à la devanture de l'Université de Zinder, mais que l'Etat l'a empêché. Pour moi, l'Etat est plus fort que les collectivités. L'Etat ne nous donne rien. Nous, nous organisons la population à se prendre en charge. On n'est pratiquement pas accompagné par l'Etat. Souvent les textes n'ont pas de problème, c'est vraiment l'application qui est politisée. C'est donc un problème de personnes. Pour preuve, moi j'ai voulu faire des réalisations à la devanture de l'école mission qui est très sale et que beaucoup le savent, mais l'Etat et les responsables scolaires s'y sont opposés »*. Dans cette situation, comment le maire peut-il assurer le développement local ?

6 LE MAIRE : ACTEUR PRINCIPAL DU DEVELOPPEMENT LOCAL

Le nouveau paysage institutionnel qui s'est dessiné dans nos communes en général et particulièrement au niveau des 3èmes et 4èmes arrondissements communaux de Zinder exige du maire une approche plus ouverte et relationnelle, dans la gestion des affaires locales.

Pour assurer cette mission, il doit avoir entre autres la qualité de citoyen et de rassembleur au niveau local. En outre, il doit être un coordonnateur des actions engagées au niveau de la commune. Compte tenu des expériences passées qui ont vu l'élection des maires n'ayant pas fréquenté l'école moderne, la loi prévoit que le maire ou ses adjoints soient élus au sein du conseil municipal parmi les conseillers municipaux titulaires d'au moins du Brevet d'étude du premier cycle (BEPC).

Ce sont là quelques qualités que doit remplir un maire dans l'accomplissement de sa mission. Mais en faisant une analyse critique d'une façon générale, et particulièrement au niveau de ces deux communes, on peut affirmer que les communes faiblement peuplées et ne disposant pas d'infrastructures économiques ne seront pas viables, car leurs ressources proviendront uniquement de la rétrocession des impôts par l'Etat, de la taxe de voirie et probablement des taxes d'édilité.

Or, les dépenses seront incommensurables (entretien des infrastructures, dépenses de fonctionnement, etc.). A ce niveau, il faut signaler que la Ville dispose d'infrastructures héritées de la colonisation et celles réalisées sous l'Etat post-colonial, mais il est difficile pour un citoyen de faire la différence entre ce qui appartient au troisième arrondissement communal et ce qui revient à la Ville de Zinder.

Une autre critique que l'on peut faire concerne le transfert des compétences pour réaliser le développement local. En effet, il n'y a pas un grand changement dans la gestion de la ville qui sera entravée par des conflits de compétences entre des maires élus, qui brandiront à l'envie leur légitimité issue du peuple, et des administrateurs nommés, en l'occurrence les préfets et le gouverneur qui sera encore le personnage clé détenant tous les pouvoirs. Ainsi, l'organigramme proposé risque d'amoindrir à nouveau les compétences des maires.

Cette analyse montre que le maintien du système bicéphale actuel dépendra en grande partie des relations personnelles et/ou partisans entre le maire et les représentants de l'Etat. Elle montre aussi que la dimension politique de la décentralisation n'est point compatible avec le maintien d'une gestion encore centralisée, ne serait-ce que des moyens de productions (atelier central, gros engins de collecte d'ordures ménagères, gros engins d'entretien routier, etc.). Or, la centralisation des moyens a déjà montré ses limites, à savoir l'inefficacité des prestations fournies aux populations dont la conséquence est l'incivisme fiscal. La Ville de Zinder, ou du moins la région, est même citée en exemple.

L'épineuse question des ressources communales est à souligner à un moment où celles de l'Etat, considérablement raréfiées, demeurent pourtant nécessaires au démarrage de l'expérience nouvelle de décentralisation. En effet, Il faut éponger les dettes des communes actuelles, remplacer le matériel vétuste et doter les nouvelles collectivités de moyens leur permettant de débiter leurs activités. Même si cette condition est remplie, beaucoup de communes issues de ce redécoupage ne seront pas économiquement et financièrement viables, car leurs ressources assurées par le produit d'aliénation des biens du domaine (encore faut-il qu'elles aient l'initiative d'ouverture d'un lotissement et de la vente des parcelles), les taxes d'édilité et la rétrocession des impôts par l'Etat seront insuffisantes pour la plupart.

En ce qui concerne les arrondissements communaux, il faut noter que c'est le conseil de ville qui leur octroie annuellement une dotation pour leurs missions sur la base d'un certain nombre de critères définis par les textes. Cette situation implique une discordance qui réside dans l'autonomie financière des communes qui est aujourd'hui très réduite, du fait de l'unicité des caisses. Or, le principe de l'unicité des caisses contrevient à la volonté de décentralisation. Aussi, pour y remédier, l'Etat doit autoriser les communes à déposer en compte bancaire les ressources indispensables au financement et au remboursement de leurs investissements ; il doit aussi leur permettre de disposer librement de leurs ressources provenant des taxes et divers impôts qu'ils collectent directement. Pour ce faire une refonte du régime comptable municipal actuel est indispensable.

Cependant, comme toute entreprise, la décentralisation a ses contraintes. Pour le cas d'espèce, on peut noter avec le directeur général de la Décentralisation la pauvreté ambiante dans laquelle évoluent les populations qui sont à la fois citoyens, électeurs, usagers des services publics, mais surtout contribuables; l'étendue du territoire à occuper, à administrer, à gérer et à développer; l'étroitesse des moyens de l'Etat; l'indigence matérielle de plusieurs communes qui manquent d'équipements structurants; et surtout l'analphabétisme qui constitue une des tendances lourdes qui hypothèquent la logique de responsabilisation que prône la décentralisation.

A propos du fonctionnement interne des organes municipaux, la solidarité objective à même de faciliter les rapports entre l'organe délibérant et l'organe exécutif dans la gestion des affaires locales n'a pas été effective. Selon le ministère chargé de la décentralisation, une quarantaine de maires, soit 15% environ, ont été suspendus au 20 septembre 2008, par délibérations prises à une majorité des 2/3 des membres du conseil municipal, pour des raisons liées aux relations conflictuelles entre les maires et les autres élus locaux, entre les maires et les chefs traditionnels ou les autorités déconcentrées³.

Une étude conduite par le Haut Commissariat à la Modernisation de l'Etat (HCME) révèle que, dans la plupart des cas, ces suspensions seraient la conséquence d'un problème interne au conseil municipal⁴. Il s'agit entre autres des mésententes entre le maire et les conseillers municipaux sur la gestion financière, des jeux d'alliances politiques au sein du conseil, de

³ Source : <http://lactualite-niger.com/>, publié le 27 avril 2011.

⁴ Ibidem

faute grave du maire, des jeux d'intérêts individuels, de l'immixtion des autorités de tutelle, du non respect par certains maires des textes et procédures régissant le fonctionnement des organes communaux.

En termes clairs, la situation relève plus de l'impréparation de la plupart des maires à bien assumer leurs fonctions, du fait notamment de la multitude d'insuffisances liées d'abord à leurs capacités et à celles du personnel technique des communes. Ces dysfonctionnements traduisent le contexte particulier des communautés urbaines, une inversion des rapports, et témoignent de la méconnaissance de l'esprit des lois devant régir les relations entre les communes et la structure supra communale. Pour éviter cette situation de perpétuels conflits entre maires et conseillers élus, un encadrement et un accompagnement s'avèrent nécessaires. La décentralisation n'a commencé qu'en 2005, il n'est pas trop tard pour mieux faire.

Enfin il est à signaler que si depuis son accession à l'indépendance, le Niger avait opté pour cette forme de gouvernance communale, certainement que le développement aurait pris le chemin des villages, notre niveau de vie serait plus élevé et le Niger n'aurait pas occupé de manière quasi régulière le rang peu enviable que lui attribue aujourd'hui le rapport du PNUD sur le développement humain durable.

CONCLUSION

En résumé, il faut souligner qu'en référence aux articles 92 et 93 du code général des collectivités territoriales du Niger (édition 2011), le maire est à la fois exécutif de la commune et agent de l'Etat. En termes clairs, cette dualité juridique existe et est vécue de façon différente par les différents acteurs. Dans cette étude, nous avons vu que les réactions par rapport à cette situation diffèrent d'un arrondissement communal à l'autre. La principale leçon à tirer est que les mécanismes d'un développement local sont mis en place, il appartient à chaque acteur de jouer sa partition. Le niveau actuel de mise en œuvre du processus et l'état de nos communes ne doivent en aucun cas décourager les uns et les autres.

REFERENCES

- [1] AZAM (J.P), "L'Etat autogéré en Afrique", Revue d'économie du développement n°4, PP1-19, 1995.
- [2] BANEGAS (R), "Développement local, Décentralisation et Démocratie : cas de l'Ouganda" Communication présentée au séminaire de recherche sur "Décentralisation entre dynamiques locales et mondialisation", GEMDEV, Paris I, 17 mars 2000.
- [3] BERTRAND (M), Décentralisation et culture politique locale en Afrique : les identités contre la démocratie, Autre part n°10, P 23-40, 2000.
- [4] DORIER - APRILL et al, L'échec des politiques de décentralisation en Afrique : analyse des causes et esquisse d'un modèle de remplacement, IDE, document, Banque Mondiale, W.C, 1989.
- [5] DURET (E),: Reformes institutionnelles et finances publiques l'exemple de la décentralisation en Afrique subsaharienne, Thèse nouveau Régime, Université d'Auvergne Clermont-Ferand I, novembre 2000.
- [6] Evaluation des politiques de décentralisation en Afrique dans les années 90 in la décentralisation en Afrique Francophone, READER, Atelier d'Abidjan, 03-07 septembre, 2001.
- [7] GUILLEMEIN (J), "Administration publique et chefs traditionnels au Niger", Revue d'études africaines, juin, juillet 1984.
- [8] SALL Abdoulaye, ma commune et moi. Comment participer au développement de ma commune ? CILSS, Ouagadougou, juillet 2000.
- [9] Rapport final sur le redécoupage administratif de la République du Niger, janvier 96.
- [10] Atelier National sur la décentralisation, Zinder du 2 au 6 octobre 1996.
- [11] Constitution de la République du Niger, 1992.
- [12] Contribution de la décentralisation à la stratégie de réduction de la pauvreté au Niger, février 2003.
- [13] Marchés tropicaux et méditerranéens, N°2995, Avril 2003.
- [14] Le Sahel, quotidien Nigérien d'information N°6776 du mercredi 28 juillet 2004
- [15] Sahel Dimanche, hebdomadaire Nigérien d'information N°1091 du 23 juillet 2004 P07 15.
- [16] POIRIER (J), Décentralisation, démocratie et ethocratie in la décentralisation en Afrique Francophone, READER, Atelier Abidjan, 03-07 septembre 2001.
- [17] Article 84 de la loi N°2002 du 11 juin 2002. Source : <http://lactualite-niger.com/>, publié le 27 avril 2011.
- [18] CGCT, code général des collectivités territoriales du Niger, Edition 2011.
- [19] Décret N°99-03 fixant les modalités d'exercice du contrôle de tutelle sur les actes des autorités décentralisée.

ESTIMATION DES APPORTS PLUVIOMETRIQUES AUX SOURCES D'EAU SITUEES DANS LE MICRO-BASSIN DE LWIRO-CIRHANYOBWA: IRHAMB-KATANA, KABARE, SUD-KIVU, RDC

[EVALUATION OF THE PLUVIOMETRIC CONTRIBUTION TO THE WATER SPRINGS SITUATED IN THE MICRO-BASIN OF LWIRO-CIRHANYOBWA RIVERS: IRHAMB-KATANA, KABARE, SOUTH-KIVU, DRC]

M. KAJIVUNIRA¹, M. J-P. BAKULIKIRA¹, M.D. BUGOMA¹, L. C. NSIMBA², K. ZIGASHANE³, and A. MAHESHE⁴

¹Département de l'Environnement,
Centre de Recherche en Sciences Naturelles, CRSN/Lwiro, D.S./Bukavu,
Bukavu, Sud Kivu, RD Congo

²Département de Géophysique,
Centre de Recherche en Sciences Naturelles, CRSN/Lwiro, D.S./Bukavu,
Bukavu, Sud Kivu, RD Congo

³Institut Supérieur Pédagogique, I.S.P/Kabare
Bukavu, Sud Kivu, RD Congo

⁴Université Libre de Grands Lacs, ULGL/Bukavu,
Bukavu, Sud Kivu, RD Congo

Copyright © 2015 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study is located in the sub-basin of the Lwiro. The method of Thornthwaite and statistical method were used. The values of monthly evapotranspiration have been estimated 60 mm for the months of June to July and 70mm for the remain months. A simplified outcome of the rain compared with the evapotranspiration for the period of 15 years (1999-2013) has showed that our sector of study is in its whole humid... About the 15 years of our observation period, 8 years have been qualified «dries», and 7 have been qualified «damps or humid». According to the data on the easily reserve usable as well as that of the effective filtrations, the right interval of time to the identification and to the catching of water's springs intended to supply the population in drinking water has been situated between the end of the month of May and August. The minimum pluviometric module in the sub-basin has 95 chances out of 100 so that it shall be included between 1291.98 mm and 1921.98 mm or although 5 chances out of 100 so that it shall be out of this interval. For the annual maximum pluviometric module in the sub-basin, there no chance for the interval of 50 years so that it being taken back. Then, for the civil engineering works, it agreed to take this pluviometric module value of 2182.0 mm like the minimum capacity of collectors. Nevertheless, it will be maximum value in case of technical or financial problems.

KEYWORDS: Potential evapotranspiration, real evapotranspiration, effective filtrations, hydrologic outcome, slope sub-basin.

RESUME: L'étude a été effectuée dans le sous- bassin de Lwiro - Cirhanyobwa, située dans la partie occidentale du Lac Kivu. Le bilan hydrologique a été déterminé par la méthode de Thornthwaite ; le calcul du module, de l'indice pluviométrique de 50 ans (1963 - 2013), la détermination de la fréquence des hauteurs des précipitations et de la dispersion des observations autour de la valeur centrale ont été fait statistiquement. Les valeurs d'évapotranspiration mensuelles sont estimées autour

de 60 mm pour les mois de Juin – Juillet et autour de 70mm pour le reste des mois. Un bilan simplifié de la pluie par rapport à l'évapotranspiration pour 15 ans (1999-2013) a montré clairement que le secteur d'étude est dans son ensemble humide. Sur les 15 années de la période d'observation, 8 années sont qualifiées « sèches » et 7 années autres, « humides ». L'intervalle de temps propice à l'identification et au captage des sources d'eau pour la population a été situé entre la fin du mois de Mai et la fin du mois d'Août. Le module pluviométrique minimal dans le sous-bassin a 95 chances sur 100 pour qu'il soit compris entre 1291.98 mm et 1921.98mm ou encore cinq chances sur 100 pour qu'il soit extérieur à cet intervalle. Alors pour les travaux de génie civil, il conviendrait de prendre cette valeur du module pluviométrique de 2182.0 mm comme la capacité minimale de collecteurs et elle est maximale en cas de problèmes techniques ou financiers.

MOTS-CLEFS: Evapotranspiration potentielle, évapotranspiration réelle, infiltrations efficaces, bilan hydrique, bassin versant.

1 INTRODUCTION

L'importance de l'eau pour la vie sur Terre en général et pour les activités de l'homme en particulier fait que les scientifiques et les gestionnaires de l'environnement s'inquiètent désormais des conséquences des variabilités climatiques sur le cycle hydrologique, la disponibilité et la qualité de la ressource en eau. En effet, la question de la disponibilité et d'accès à l'eau est sans aucun doute un des problèmes majeurs auquel devra faire face l'humanité durant le siècle à venir [1]. Les changements climatiques de deux derniers siècles constituent aujourd'hui un fait incontestable. Une élévation de température de l'ordre de 3 à 6°C de la température moyenne de la troposphère dans les prochains siècles constitue une prévision que l'on accepte de manière générale et a un effet sur la nappe aquifère. Dans ce contexte, il peut être utile de rappeler que "la mesure quantitative et qualitative des éléments du cycle hydrologique et la mesure des autres caractéristiques de l'environnement qui influent sur l'eau constituent une base essentielle pour une gestion efficace de l'eau" [3].

L'Afrique figure au premier rang des régions concernées par la question de l'impact des fluctuations climatiques sur les ressources en eau [4]. Plusieurs études réalisées en Afrique de l'Ouest et Centrale ont mis en évidence une diminution de l'écoulement souterrain suite à la baisse de la pluviométrie [4]. L'analyse et la caractérisation précise des manifestations de la variabilité du climat, et sa relation avec la variabilité des ressources en eau constituent aujourd'hui une problématique de développement, en ce sens qu'elles doivent déboucher sur l'élaboration de scénarii permettant la prévision et la gestion durable des ressources en eau.

La République Démocratique du Congo dispose d'un réseau hydrographique parmi les plus denses au monde et sa pluviométrie est abondante. Toutefois, des variabilités pluviométriques imprévisibles et l'insuffisance des infrastructures de base entraînent de véritables pénuries, si bien qu'actuellement, seuls 10% des Congolais ont accès à une eau saine en milieu rural et 50% en zone urbaine [5].

Au Sud-Kivu en général et dans le sous bassin de Lwiro-Cirhanyobwa en particulier, une diminution sensible des débits des sources d'eau est signalée par les habitants depuis les années 2012. Cette information a suscité de nombreuses réactions dans ce milieu où 100 % des ménages s'approvisionnent en eau à la source la plus proche. Une étude évaluative des sources d'Irhambi menée en 2014 a constaté cette diminution de débit en soulignant que 25,1% des sources d'Irhambi-Katana étaient en voie de tarissement et que pour ce genre de sources, l'approvisionnement en eau à toute la population n'était plus assuré [12]. La grande question est de savoir si ce contexte déficitaire est pérenne ou s'il s'agit uniquement d'une carence passagère. Sans nier les effets de la déforestation due à la forte concentration humaine dans ce milieu, il est certain que cette diminution des débits des sources résulte d'une anomalie pluviométrique qui ne peut être identifiée que par une analyse effectuée sur une série des précipitations observées pendant une période de 30 à 50 ans. Et partant du fait que l'alimentation des sources provient de l'infiltration à la surface du sol d'une fraction de l'eau provenant des précipitations, il est évident que l'analyse des séries pluviométriques recueillies dans la station climatologique de notre secteur nous renseignerait davantage sur une éventuelle anomalie qui surgirait de ce secteur et qui serait à la base de ce tarissement. Sur ce, ce travail tachera de faire un bilan hydrique de la région en vue d'informer la population de Katana et les aménageurs des sources sur la question de diminution des débits d'eau dans les sources de ce secteur et de déterminer la bonne période pour le captage de ces sources.

La caractérisation de la variabilité pluviométrique à l'aide de méthodes statistiques et l'évaluation de son impact sur les ressources en eau souterraines constituent les objectifs majeurs de cette étude.

2 METHODOLOGIE

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

Le micro-bassin de Lwiro est situé entre les rivières Lwiro et Cirhanyobwa dans le groupement d'Irhambi- Katana, à l'Est de la République Démocratique du Congo(RDC) à quelques 40 km de la ville de Bukavu, Chef-lieu de la Province du Sud-Kivu. Il est constituée de 6 villages à savoir Kadjuu, Mabingu, Kabamba, Mwanda, Kabushwa et Kahungu. Il est situé entre 2° 23'19" et 2°15'55" latitude Sud et entre 28°8'30" et 28°39" longitude Est et est limité au Nord par la rivière Cirhanyobwa et au Sud par la rivière Lwiro, à l'Est par le lac Kivu et à l'Ouest par le Parc National de Kahuzi-Biega [6].

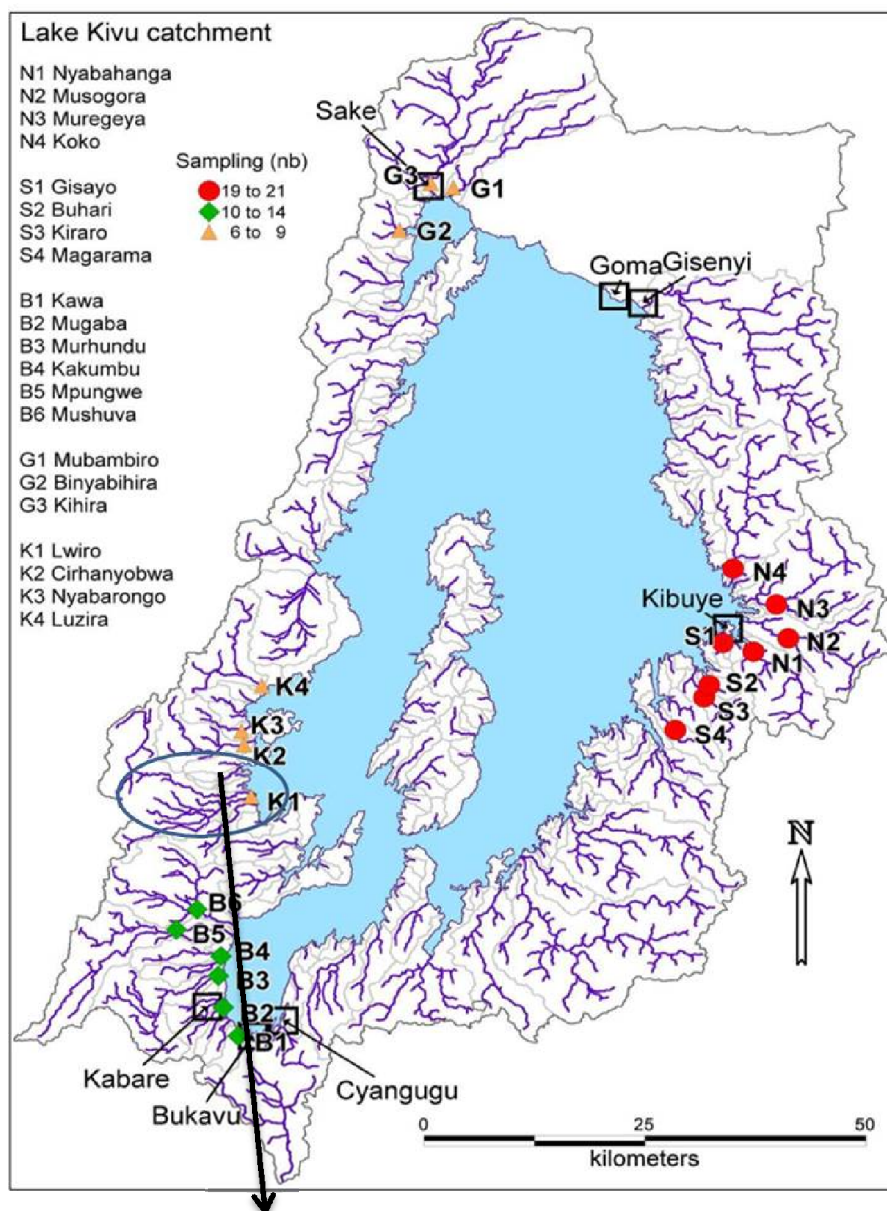


Fig 1. Zone d'étude, micro-bassin de Lwiro

D'une manière générale, le relief du groupement d'Irhambi-Katana fait partie des hautes terres du Kivu et se présente en marche d'escalier comprenant cinq paliers d'altitude augmentant progressivement de l'Est vers l'Ouest correspondant aux anciens fonds du Graben :

- Premier palier : 1470m d'altitude, correspondant à la paroisse de Mwanda ;
- Deuxième palier : 1580m d'altitude correspondant au centre commercial de Katana ;
- Troisième palier : 1800 m d'altitude, correspondant au Centre de Recherche en Sciences Naturelles de Lwiro ;
- Quatrième palier : 2400m d'altitude, correspondant au gîte du CRSN/LWIRO à Tshibati.
- Cinquième palier : 3308m d'altitude, correspondant au sommet du Mont Kahuzi.

La région de Katana jouit d'un climat doux de type tropical humide. Les fortes températures qui devraient y régner sont modérées par l'altitude et la proximité du lac Kivu. Ainsi sa température moyenne annuelle oscille entre 18°C et 20°C. Un fait climatique important est celui de la décroissance thermique altitudinale. D'une façon générale, on observe une corrélation étroite entre l'altitude et la température [6]. Au niveau du lac (plus ou moins 1490m); la température moyenne annuelle est de 20°C. A 1800m d'altitude, elle passe à 17.5°C ; à 2200m à 15°C environ. La région connaît deux saisons : une courte saison sèche allant de Juin en Août et une longue saison de pluie allant de Septembre en Mai. On y enregistre une précipitation moyenne annuelle de plus de 1500 mm et une humidité relative proche de 76%. Pendant la saison pluvieuse, les eaux superficielles s'infiltrent dans le sol et le sous-sol jusqu'à ce qu'elles rencontrent une formation géologique imperméable. Elles remplissent alors les interstices ou les fissures de la roche perméable située au-dessus: On appelle aquifère une telle roche réservoir dans laquelle l'eau circule et forme une nappe.

Dans les régions montagneuses comme celles-ci, la répartition altitudinale des formations végétales est fonction des gradients thermiques des versants et des conditions édaphiques locales. Au cours du temps, mais surtout pendant les dernières siècles et plus encore au cours des dernières décennies, la végétation de la dorsale du Congo a été fortement dégradée par l'action anthropique, de sorte qu'il devient difficile de se représenter aujourd'hui ce qu'étaient la distribution et les aspects originels des milieux montagnards, une grande partie des forêts étant réduite à une mosaïque de groupement divers secondarisée ; exception faite à une partie de la dorsale qui a quelque peu échappé à la déforestation intense, une étroite zone de la crête classée comme réserve forestière pour être ensuite transformée en parc national de Kahuzi-Biega[7].

Selon [8], les travaux antérieurs réalisés dans ce secteur nous prouvent l'existence de trois grandes catégories de roches :

Les formations précambriennes

Ces formations affleurent sur la bordure occidentale du lac Kivu, au Sud du deuxième parallèle Sud. Elles affleurent dans des boutonnières en relief positif par rapport à la couverture basaltique.

La couverture basaltique

Le nombre exact des coulées dans cette région de Katana n'est pas jusque-là connu suite à une altération très poussée qui handicape une bonne cartographie. Les analyses structurales des différents vulcanologues distinguent les basaltes de Kange, de coulées de Mahyuza ; tandis que la coulée de FOMULAC serait rattachée aux cônes volcaniques de TSHIBINDA-TSHIBATI à l'Ouest de Lwiro.

La couverture sédimentaire

Cette unité est réduite aux formations carbonatées superficielles de Mahyuza-Kakondo, Mudogo, Ciranga, Fomulac et quelques petits affleurements peu significatifs à Lwiro et Mwanda. On signale toutefois des minuscules terrasses de ruisseaux actuels présentant quelques dépôts détritiques sans importance litho stratigraphiques. A l'échelle de notre travail, il existe une relation entre roches et eaux souterraines. Un réservoir aquifère est situé dans des roches capables de contenir de l'eau, mais aussi de la céder. C'est le cas des roches poreuses (sables, grès, certains calcaires), des roches fissurées (calcaires et basaltes).

Les sols

Dans notre secteur d'étude, la chaleur et l'humidité détermine un système morphogénique dominé par les altérations physico-chimiques et biochimiques. D'abord les actions météoriques combinent les effets de la dissolution, de l'hydratation et de l'hydrolyse des silicates. Cette dégradation continue, encore beaucoup intensifiée avec les produits agressifs fournis par la décomposition de l'humus, est une latéritisation(ou allitisation). Elle engendre des sols ferralitiques typiques. Ainsi on distingue dans notre secteur les sols sur roches éruptives et les sols sur roches sédimentaires [8].

2.2 MATERIEL ET METHODE

L'estimation des apports pluviométriques dans le secteur a été faite par :

L'estimation du bilan hydrologique par la méthode de Thornthwaite [[9], [10]] a consisté à calculer les apports et les pertes d'eau dans le secteur à base des données climatiques disponibles à la station climatologique du département de géophysique au Centre de Recherche en Sciences Naturelles de Lwiro (CRSN/LWIRO).

Les principaux paramètres recherchés sont l'évapotranspiration potentielle (ETP), l'évapotranspiration réelle (ETR) et l'excédent (Exc.) ou infiltration efficace. Ainsi, pour chaque mois, le calcul d'une évapotranspiration potentielle que réelle a été fait et est assimilée au pouvoir évaporant de l'atmosphère sur le bassin considéré:

2.3 TRAITEMENT DES DONNEES

A. Evapotranspiration potentielle

$ETP = 16 \left[\frac{(10T)^a}{i} \right]$ où ETP= Evapotranspiration potentielle, T= température du mois considéré en °C, i= indice thermique annuel qui est égal à la somme des indices mensuels (i) donné par la relation $i = \sqrt{\frac{T^3}{125}}$ et $a = 0.016 I + 0.5$ ([9], [10])

B. Evapotranspiration réelle

Elle a consisté à calculer d'abord pour chaque mois de l'année de la période considérée l'ETP. Le calcul de l'ETR et de l'excédent (Exc.) est effectué de la manière suivante :

Si les précipitations du mois sont ;

- Supérieurs à l'ETP, ETP = ETR et l'excédent est atteint lorsque les réserves supérieures cumulées atteignent 100mm d'eau pour alimenter l'écoulement de surface et les nappes profondes ;
- Inférieures à l'ETP, alors l'ETR est la somme des précipitations du mois et / ou une partie de la réserve du sol selon que :
 - ⇒ La réserve antérieure de l'humidité du sol est assez forte pour combler l'insuffisance du sol pour que l'ETR soit égale à l'ETP ; ou
 - ⇒ Si la réserve de l'humidité du sol est insuffisante pour satisfaire l'ETR, cette dernière sera par conséquent la somme des précipitations du mois et de réserve disponible.

La différence entre l'ETP et l'ETR ainsi calculée constitue le déficit d'eau, appelée parfois déficit agricole car il présente la quantité d'eau supplémentaire utilisée par les plantes si les disponibilités en eau pouvaient être artificiellement complétées par un système d'irrigation. Le déficit hydrique mensuel (D) en un point donné quant à lui, sera défini comme la différence entre l'évapotranspiration potentielle climatique (ETP) et la pluviométrie (P) du mois considéré, $D = P - ETP$

- Analyse de la variation des infiltrations efficaces pendant une période de 15 ans, soit de 1999 à 2014 ([9], [10])

Les infiltrations efficaces ont été relevées à partir de la différence entre précipitation mensuelle et l'évapotranspiration potentielle.

- Module et indice pluviométrique pendant une période de 50 ans, de 1963 à 2013 [11].
 - ✓ Le module pluviométrique annuel a été déterminé en faisant la moyenne de hauteur des précipitations annuelles des années antérieures et cela selon les intervalles définis ([11], [12]) ;
 - ✓ L'indice pluviométrique est le rapport de la précipitation annuelle par le module pluviométrique annuel respectivement selon les différents intervalles ([11], [12]).

$$I = (P_i - P_{moy})$$

Avec P_i : la pluviométrie de l'année i, P_{moy} : la pluviométrie moyenne sur la période 1963–2014 et σ : l'écart-type sur cette même période).

- Fréquence des hauteurs des précipitations ([13], [14])

Par ordre croissant, les différentes moyennes annuelles de précipitations ont été rangées dans un tableau pour en déduire leurs fréquences respectives et la formule suivante a été utilisée :

$$f = \frac{i - 0,5}{n}$$

Où i étant le numéro d'ordre de l'année dans le classement et n le nombre d'année d'observation ou la taille de l'échantillon.

- Dispersion des observations autour de la valeur centrale et calcul prévisionnel [13].

Comme le nom l'indique, les indicateurs de dispersions permettent de mesurer comment les données se répartissent. Dans ce point, déterminons l'intervalle de variation ou étendue de la série statistique, l'écart type et le coefficient de variation.

- Pour déterminer l'intervalle de variation, nous avons fait la différence entre la valeur la plus forte observée et la valeur la plus faible de la série.
- Le calcul de l'écart absolu moyen a été obtenu en faisant la moyenne arithmétique des valeurs absolues des écarts par rapport à la moyenne. $\vartheta a = \frac{1}{n} \sum |X_i - \bar{X}|$;
- L'écart type a été donné par la formule : $\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}}$

Comme, la dispersion des observations peut être traduite aussi synthétiquement par le coefficient de variation (V), qui est le rapport de l'écart type à la moyenne, donné par la relation : $V = \frac{\sigma}{\bar{x}}$

Si l'écart entre les fréquences observées et la loi de Gauss est assez faible pour être négligeable dans maints problèmes pratiques, on pourra avec avantage substituer celle-ci à la lourde suite d'observations expérimentales.

Il est commode, en pratique, d'utiliser au lieu et place de l'écart à la moyenne :

$X_i - \bar{X}$ « l'écart réduit » t qui est le rapport de celui-ci à l'écart type : $t = \frac{x_i - \bar{X}}{\sigma}$

3 RESULTATS

Tableau 1. Relevé des pluies mensuelles de la période allant de 1999-2013 à la station du CRSN/Lwiro

Années	Mois												Total
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	
	Précipitations moyennes mensuelles(Pmm)												
1999	147,8	33,9	249,9	168,6	65,5	7,8	0,7	134,4	89,1	89,7	271,4	158,9	1417,7
2000	218,1	104,1	119,1	57,1	88,4	12,1	2,2	25,1	110,5	202,2	215	304,8	1458,7
2001	174,1	147,3	266	215,6	227,6	21,4	2,2	25,1	110,5	202,2	215	304,8	1911,8
2002	219,9	96,3	218,4	238	114,7	5	0,5	14	103,7	227	179,1	86,9	1503,5
2003	212,5	48,6	123,8	251,8	179,4	46,9	46,3	46	188,4	219,6	192	103,8	1659,1
2004	220,3	137,5	148,7	163,7	33,7	2,9	18,7	56,9	93	157,4	219,6	215,7	1468,1
2005	166,1	154,7	177,6	127,1	288,1	42,8	0	108,6	163,4	141,9	215,3	157,2	1742,8
2006	137,2	162	166,5	145,2	229,7	52,2	52,2	67,7	194,4	95,7	217,2	203,3	1723,3
2007	128,8	122,6	96,6	218,7	157,2	36,6	43,2	62,7	134	183	144,5	173,8	1501,7
2008	151,7	109,3	213,5	62,2	83,5	94	37	81,7	113,3	100,8	89,8	175,8	1312,6
2009	148,3	120	213,2	119,2	80,7	13,8	12	15,3	230	177	261,4	163,3	1554,2
2010	136.9	167.0	167.0	145.3	110.3	56.8	2.8	16.5	185.3	157.4	138.5	132.2	1419
2011	173.0	143.6	143.6	144.4	46.7	104.6	54.2	128.5	152.4	258.3	144.6	233.1	1727
2012	73.0	80.5	216.7	228.5	92.8	15.6	8.2	96.0	178.2	250.0	125.8	228.8	1594,1
2013	130.2	88.1	223.8	136.4	127.4	2.5	0.4	65.8	185.8	109.5	160.1	233.1	1463,1
1999	147,8	33,9	249,9	168,6	65,5	7,8	0,7	134,4	89,1	89,7	271,4	158,9	1417,7

Moyenne obtenue après calcul: 1558,74.

Le tableau 1 montre que les précipitations mensuelles maximales sont autour de 200 mm d'eau tandis que les précipitations mensuelles minimales sont autour de 20mm d'eau. Selon ce tableau, la période des averses commence en Octobre et s'arrête dans la première quinzaine du mois de février pour reprendre encore en mars et prendre fin en mai. Quant à la période des basses eaux, elle commence en juin et se termine vers la fin du mois d'Août.

Tableau 2. Relevé des moyennes des températures au cours de seize dernières années 1999-2014 à la Station de Lwiro

Années	Mois											
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
	Degré Celcius(°C)											
1999	20,2	20,8	20	20,1	20	19,5	19,3	19,5	19,9	19,7	20	19,9
2000	19,9	19,7	19,3	20,1	20,2	19,5	19,7	20,7	21,4	20,3	19,9	20,4
2001	19,7	20,2	20,3	20	20	19,3	19,4	20,3	20,3	20,4	20,6	20,9
2002	20,6	21,3	20,5	20,2	20	20,1	20,5	21,3	20,1	20,6	20,3	20,2
2003	21	21	21	20,8	20,2	19,6	19,2	20,7	20,6	20,9	20,4	20,6
2004	20,5	20,5	20,9	20,3	20,4	19,4	19,9	20,9	21,2	21,1	20,2	20,7
2005	20,6	21,5	20,6	21	20,5	19,8	19,5	20,6	21	20,5	20,7	20,6
2006	20,1	20,7	20,3	20,4	20,6	19,4	19,7	20,5	20,7	21,3	20	20
2007	20,8	21	21,1	21,1	20,7	19,9	19,7	20,3	20,8	20,3	19,7	19,8
2008	19,8	19,6	19,2	19,8	20	18,8	18,8	19,7	20,2	19,3	20,2	20,3
2009	19,8	19,5	20,1	19,8	20,1	19,6	19,4	20,6	20,8	20,5	20,2	20
2010	20,6	20,9	20,5	21,0	20,5	19,6	19,1	20,5	20,1	20,2	19,8	20,2
2011	20,5	20,9	20,8	20,7	20,6	19,6	19,7	20,6	21,0	20,9	20,2	20,3
2012	20,2	20,3	20,2	20,4	20,4	19,5	19,3	20,3	20,5	20,3	20,0	20,0
2013	20,4	20,5	19,9	20,2	19,6	18,9	19,8	20,1	20,1	19,8	19,7	20,0
2014	20,3	19,9	19,8	20,1	20,4	19,7	19,6	20,0	20,0	20,2	19,9	20,3

De ce tableau des températures moyennes mensuelles, le constant est que les températures mensuelles du bassin oscillent toujours autour de 20°C. La température maximale est de 21,4°C tandis que la température minimale est de 19,3°C, soit une amplitude annuelle de 2,1°C et par conséquent très faible amplitude thermique

Tableau 3 Indices thermiques mensuels et annuels au cours de la période de 1999-2014

Années	Mois												I	A
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre		
1999	8,12	8,48	8	8,06	8	7,7	7,58	7,7	7,94	7,82	8	7,94	95,34	2,025
2000	7,94	7,82	7,58	8,06	8,12	7,7	7,82	8,42	8,85	8,18	7,94	8,24	96,67	2,047
2001	7,82	8,12	8,18	8,18	8	7,58	7,64	8,18	8,48	8,24	8,36	8,54	97,02	2,052
2002	8,36	8,79	8,3	8,12	8,18	8,06	8,3	8,79	8,67	8,36	8,18	8,12	100,2	2,104
2003	8,61	8,61	8,61	8,48	8,12	7,76	7,52	8,42	8,36	8,55	8,24	8,36	99,64	2,094
2004	8,3	8,3	8,55	8,18	8,24	7,64	7,94	8,55	8,73	8,67	8,12	8,42	99,64	2,094
2005	8,36	8,92	8,36	8,61	8,3	7,88	7,7	8,36	8,61	8,3	8,42	8,36	100,2	2,102
2006	8,06	8,42	8,13	8,24	8,36	7,64	7,82	8,3	8,42	8,79	8	8	98,23	2,072
2007	8,48	8,61	8,67	8,67	8,42	7,94	7,82	8,18	8,48	8,18	7,82	7,88	99,15	2,086
2008	7,88	7,76	7,52	7,88	8	7,29	7,29	7,82	8,12	7,59	8,12	8,18	93,44	1,995
2009	7,88	7,7	8,06	7,88	8,6	7,76	7,64	8,36	8,48	0,3	8,12	8	96,24	2,04
2010	8,36	8,54	8,30	8,60	8,30	7,76	7,46	8,30	8,06	8,12	7,88	8,12	97,84	2,06
2011	8,30	8,54	8,48	8,42	8,36	7,76	7,82	8,36	8,60	8,54	8,12	8,18	99,48	2,09
2012	8,12	8,18	8,12	8,24	8,24	7,70	7,58	8,18	8,30	8,18	8,0	8,0	96,84	2,04
2013	8,24	8,30	7,9	8,12	7,76	7,34	7,88	8,06	8,06	7,88	7,32	8,0	95,36	2,025
2014	8,18	7,94	7,88	8,06	8,24	7,82	7,76	8,0	8,0	8,12	7,94	8,18	96,12	2,037

Indice thermique annuel (I) est de 97,79 et le coefficient fonction de I de 2,06 ; ainsi évaluons mensuellement et annuellement les apports et pertes d'eau du secteur au cours de 16 dernières années, c'est-à-dire du 1999 à 2014.

Tableau 4. Apports et pertes d'eau dans le sous bassin en 1999

MOIS	PLUIE (mm)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	RFU (mm)	DEFICIT mm	Le (mm)	ETR (mm)
Janvier	147,8	73,1	74,7	100	0	74,7	73,18
Février	33,9	77,68	-43,78	56,22	0	0	68,71
Mars	249,9	71,74	178,46	100	0	134,38	71,74
Avril	168,8	72,44	96,36	100	0	96,36	72,44
Mai	65,5	71,74	-6,24	93,76	0	0	71,74
Juin	7,8	68,12	-60,3	33,44	0	0	68,12
Juillet	0,7	66,71	33,44	0	32,57	0	34,14
Août	134,4	68,12	66,28	66,28	0	0	68,12
Septembre	89,7	69,54	15,6	100	0	4,56	69,54
Octobre	271,4	71,74	199,66	100	0	199,66	71,74
Novembre	158,9	71,74	87,12	100	0	199,66	87,12
Décembre	158,9	70,98	87,92	100	0	87,92	70,98
Annuel	1417,9	69,7			32,57		67,58

ETP : évapotranspiration potentielle

P : précipitations mensuelles

Le : infiltration efficace

Sur base de ce tableau, nous pouvons classer cette année parmi les années sèches, étant donné que la valeur annuelle de la précipitation est inférieure à la valeur moyenne au cours de la période d'observation, ainsi que l'épuisement

total de la réserve facilement utilisable au mois de Juillet qui a occasionné un déficit de 32.57 d'eau lorsque l'évapotranspiration réelle dans le bassin reste loin par rapport au couple (R+I).

Tableau 5. Apports et pertes d'eau dans le sous bassin en 2000

MOIS	PLUIE (mm)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	RFU (mm)	DEFICIT(mm)	Le (mm)	ETR (mm)
Janvier	218,6	70,14	148,46	100	0	148,46	70,14
Février	104,1	68,71	35,39	100	0	35,39	68,71
Mars	119,1	65,85	53,25	100	0	54,25	65,85
Avril	57,1	71,88	-14,48	85,22	0		71,58
Mai	88,4	72,33	16,07	100	0	1,59	72,33
Juin	12,1	67,27	-55,17	44,83	0	0	67,27
Juillet	2,2	68,71	-66,51	0	21,68	0	47,03
Août	25,1	76,01	-50,91	0	50,91	0	25,1
Septembre	110,5	81,41	29,09	29,09	0	0	81,41
Octobre	202,2	73,06	70,91	100	0	58,23	73,06
Novembre	215	70,17	144,83	100	0	144,83	70,17
Décembre	304,8	73,78	231,02	100	0	231,02	73,78
Annuel	1459.2	71.58					65,53

Selon le tableau 5, classons l'année parmi les années sèches, étant donné que la valeur annuelle de la précipitation est inférieure à la valeur moyenne au cours de la période d'observation, ainsi que l'épuisement total de la réserve facilement utilisable au mois de Juillet et Août qui a occasionné un déficit de 72.59mm d'eau lorsque l'évapotranspiration réelle dans le bassin reste de loin élevée par rapport au couple (R+I)

Tableau 6. Apports et pertes d'eau dans le sous bassin en 2001

MOIS	PLUIE (mm)	ETP(mm)	P-ETP (mm)	RFU (mm)	DEFICIT (mm)	Le (mm)	ETR (mm)
Janvier	174.1	68.44	105, 66	100	0	105.66	68.44
Février	147.3	72.05	75.25	100	0	75.25	72.05
Mars	266.0	72.76	193.24	100	0	193.24	72.76
Avril	215.6	72.76	142.84	100	0	142.84	72.76
Mai	227.6	70.57	157.03	100	0	157.03	70.57
Juin	21.4	65.60	- 44.2	55.8	0	0	65.6
Juillet	56.3	66.32	- 10.02	45.78	0	0	66.32
Août	40.8	72.76	31.96	13,82	0	0	72.76
Septembre	304.7	72.76	86.18	100	0	145.76	72.76
Octobre	203.2	73.53	129.67	100	0	129.67	73.53
Novembre	180.4	74.99	105.41	100	0	105.41	74.99
Décembre	344.6	77.25	267.35	100	0	267.35	77.25
Annuel	2182.0	69.70			0		72,19

Le tableau 6 permet de classer l'année parmi les années humides, étant donné que la valeur annuelle de la précipitation est inférieure à la valeur moyenne au cours de la période d'observation, ainsi que la conservation d'une certaine quantité d'eau dans la réserve facilement utilisable au cours de toute l'année en gardant par conséquent toujours le couple (R+I) de loin élevée par rapport à l'évapotranspiration réelle dans le bassin.

Tableau 7. Apports et pertes d'eau dans le sous bassin en 2002

MOIS	PLUIE (mm)	ETP(mm)	P-ETP(mm)	RFU(mm)	DEFICIT(mm)	Le(mm)	ETR (mm)
Janvier	219,9	72,82	147.0	100	0	147.0	72 ,82
Février	96,3	78,14	18.16	100	0	18.16	78,14
Mars	218,4	72,08	146.3	100	0	146.3	72,08
Avril	238	69,87	168.1	100	0	168.1	69,87
Mai	114,7	70,61	44.09	100	0	44.09	70,61
Juin	5	69,15	- 64.15	35.85	0	0	69,15
Juillet	0,5	72,08	-71,5	0	35.73	0	36,35
Août	14	78,14	-64.14	0	64.14	0	140
Septembre	103,7	72,6	31 ,1	31,1	0	0	76,6
Octobre	227	72,82	72.9	100	0	81.28	72,82
Novembre	179,1	70,61	108.4	100	0	108.4	70,61
Décembre	86,9	69,87	17,03	100	0	17,03	69,87
Annuel	1503,5	72,82					

D'après ce tableau 7, l'année est classée parmi les années sèches, étant donné que la valeur annuelle de la précipitation est inférieure à la valeur moyenne au cours de la période d'observation, ainsi que l'épuisement total de la réserve facilement utilisable au mois de Juillet et Août qui a occasionné un déficit de 99 ; 87mm d'eau lorsque l'évapotranspiration réelle dans le bassin reste de loin élevée par rapport au couple (R+I).

Tableau 8. Apports et pertes d'eau dans le sous bassin en 2003

MOIS	PLUIE(mm)	ETP (mm)	P-ETP(mm)	RFU(mm)	DEFICIT(mm)	Le(mm)	ETR(mm)
Janvier	212,5	76,26	136.,24	100	0	136.24	76,26
Février	48,6	76,26	- 27.66	72.34	0	0	76,26
Mars	123,8	76,26	27.66	100	0	19.88	76,26
Avril	251,8	74,72	177.08	100	0	177.08	74,72
Mai	179,4	70,25	109.15	100	0	109.15	70,25
Juin	46,9	65,97	19.07	80.93	0	0	65,97
Juillet	46,3	63,19	16.89	64.04	0	0	63,19
Août	46	73,93	27.93	36.11	0	0	73,93
Septembre	188,4	73,19	63.89	100	0	51.32	73,19
Octobre	219,6	75,48	144.12	100	0	144.12	73,19
Novembre	192	71,71	120.29	100	0	120.29	71,71
Décembre	103,8	73,19	30.61	100	0	30.61	73,19
Annuel	1659,1	72.45			0		

Selon ce tableau 8, l'année est aussi classée parmi les années humides, étant donné que la valeur annuelle de la précipitation soit supérieure à la valeur moyenne de précipitation au cours de la période d'observation, ainsi que la conservation d'une certaine quantité d'eau dans la réserve facilement utilisable au cours de toute l'année en gardant par conséquent toujours le couple (R+I) de loin élevée par rapport à l'évapotranspiration réelle dans le bassin.

Tableau 9. Apports et pertes d'eau dans le sous bassin en 2004

MOIS	PLUIE(mm)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	RFU(mm)	DEFICIT(mm)	Le(mm)	ETR(mm)
Janvier	220.3	72,45	147.85	100	0	147.85	72.45
Février	137.5	72,45	65.05	100	0	65.05	72.45
Mars	148.7	75,48	73.22	100	0	73.22	75.48
Avril	163.7	70,98	92.72	100	0	92.72	70.98
Mai	33.7	71,71	-38.01	61.99	0	0	71.71
Juin	2.9	64,57	-61,67	0.32	0	0	64.57
Juillet	18.7	68,09	-49,39	0	49.07	0	19.02
Août	56.9	75,48		0	18.58	0	56.9
Septembre	93.0	77.78	15.22	15.22	0	0	77.78
Octobre	157.4	77.78	79.62	94.84	0	0	77.78
Novembre	210.6	70.25	5.16	100	0	135.19	70.25
Décembre	215.7	73.93	141.72	100	0	141.72	73.93
Annuel	1459.1	72.45					

De ce tableau 9, il ressort que l'année est classée parmi les années sèches, étant donné que la valeur annuelle de la précipitation est inférieure à la valeur moyenne des précipitations au cours de la période d'observation, ainsi que l'épuisement total de la réserve facilement utilisable au mois de Juillet et d'Aout qui a occasionné un déficit de 67.65mm d'eau lorsque l'évapotranspiration réelle dans le bassin reste loin élevée par rapport au couple (R+I).

Tableau 10. Apports et pertes d'eau dans le sous bassin en 2005

MOIS	PLUIE(mm)	ETP (mm)	P-ETP(mm)	RFU(mm)	DEFICIT(mm)	Le(mm)	ETR (mm)
Janvier	166.1	72.72		100	0	93.31	72.79
Février	154.7	79.65		100	0	75.05	79.65
Mars	177.6	72.79		100	0	104.81	72.78
Avril	127.1	75.80		100	0	51.3	75.80
Mai	288.1	72.05		100	0	216.05	72.05
Juin	42.8	66.97	24.17	75.83	0	0	66.97
Juillet	0.00	64.85	24.85	10.98	0	0	64.85
Août	108.6	72.79	35.81	46.79	0	0	72.79
Septembre	163.4	75.80	53.21	100	0	34.39	75.80
Octobre	141.9	72.05		100	0	69.85	72.05
Novembre	215.3	73.54		100	0	141.76	73.54
Décembre	157.2	72.79		100	0	84.41	72.79
Annuel	1742.8	72.79			0		

Selon ce tableau 10, classons l'année parmi les années humides, étant donné que la valeur annuelle est supérieure à la valeur moyenne de précipitations au cours de cette période d'observation, ainsi que la période de conservation d'une certaine quantité d'eau dans la réserve facilement utilisable au cours de toute l'année en gardant par conséquent toujours le couple (R+I) de loin élevée par rapport à l'évapotranspiration réelle.

Tableau 11. Apports et pertes d'eau dans le sous bassin en 2006

MOIS	PLUIE(mm)	ETP (mm)	P-ETP(mm)	RFU(mm)	DEFICIT(mm)	Le(mm)	ETR (mm)
Janvier	137.2	70.52		100	0	66.68	70.52
Février	162	74.95		100	0	87.05	74.95
Mars	166.5	72.03		100	0	94.47	72.03
Avril	145.2	72.75		100	0	72.45	72.75
Mai	229.7	74.21		100	0	155.49	74.21
Juin	52.2	65.54	13.34	86.68	0	0	65.54
Juillet	52.2	67.62	15.42	71.24	0	0	67.62
Août	67.7	73.48	5.78	65.48	0	0	73.48
Septembre	194.4	74.95	34.56	100	0	84.89	74.95
Octobre	95.6	79.51		100	0	16.09	29.51
Novembre	217.2	69.81		100	0	147.39	69.81
Décembre	203.3	69.81		100	0	133.49	69.81
Annuel	1723.2	72.03					

D'après le tableau 11, nous pouvons classer l'année parmi les années humides car la valeur annuelle de la précipitation est supérieure à la valeur des précipitations au cours de la période d'observation, ainsi que la conservation d'une certaine quantité d'eau dans la réserve facilement utilisable au cours de l'année en gardant par conséquent toujours le couple (R+I) de loin élevée par rapport à l'évapotranspiration réelle dans le bassin.

Tableau 12. Apports et pertes d'eau dans le sous bassin en 2007

MOIS	PLUIE (mm)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	RFU (mm)	DEFICIT(mm)	Le (mm)	ETR (mm)
Janvier	128.8	75.06	53.74	100	0	53.74	75.06
Février	122.6	75.06	47.54	100	0	47.04	75.56
Mars	96.6	77.32	19.28	100	0	19.28	96.6
Avril	218.7	77.32	141.38	100	0	141.38	77.32
Mai	157.2	74.32	82.88	100	0	82.88	74.32
Juin	36.5	68.43	31.93	68.07	0	0	63.43
Juillet	43.2	67.01	23.81	44.26	0	0	67.01
Août	62.7	71.30	8.6	94.76	0	0	71.3
Septembre	134.0	75.06	58.94	100	0	0	75.06
Octobre	183.0	71.30	5.4	100	0	106.3	71.30
Novembre	144.6	67.01	77.59	100	0	77.59	67.01
Décembre	173.8	67.72	106.08	100	0	106.08	67.72
Annuel	1501.6	70.14			0		

Le tableau 12 permet de classer l'année parmi les années humides, étant donné que la valeur annuelle est inférieure à la valeur moyenne des précipitations durant la période d'observation, ainsi que la conservation d'une certaine quantité d'eau dans la réserve facilement utilisable au cours de toute l'année en gardant par conséquent toujours le couple (R+I) de loin élevée par rapport à l'évapotranspiration réelle dans le bassin.

Tableau 13. Apports et pertes d'eau dans le sous bassin en 2008

MOIS	PLUIE(mm)	ETP (mm)	P-ETP(mm)	RFU(mm)	DEFICIT(mm)	Le (mm)	ETR (mm)
Janvier	128.8	71.57	57.23	100	0	57.23	71.57
Février	122.6	70.14	52.46	100	0	52.46	70.14
Mars	96.6	67.33	29.27	100	0	29.27	67.33
Avril	218.7	71.57	147.13	100	0	147.13	71.57
Mai	157.2	72.99	84.21	100	0	84.21	72.99
Juin	36.5	64.54	-28.04	71.96	0	0	64.54
Juillet	43.2	64.54	-21.34	50.62	0	0	64.54
Août	62.7	70.83	-8.13	42.49	0	0	70.83
Septembre	134.0	74.59	57.51	100	0	1.99	74.5
Octobre	183.9	67.98	115.92	100	0	115.02	67.98
Novembre	144.5	74.50	70	100	0	79	74.70
Décembre	173.8	75.26	98.54	100	0	98.54	75.26
Annuel	1501.6	70.14			0		

Selon le tableau 13, classons l'année parmi les années humides, étant donné que la valeur annuelle de la précipitation est supérieure à la valeur moyenne des précipitations au cours de cette période d'observation, ainsi que la conservation d'une certaine quantité d'eau dans la réserve facilement utilisable au cours de toute l'année en gardant par conséquent toujours le couple (R+I) de loin élevée par rapport à l'évapotranspiration réelle dans le bassin.

Tableau 14. : Apports et pertes d'eau dans le sous bassin en 2009

MOIS	PLUIE(mm)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	RFU (mm)	DEFICIT(mm)	Le (mm)	ETR (mm)
Janvier	148.3	69.67	78.63	100	0	78.63	69.67
Février	129.0	67.55	52.45	100	0	52.45	67.55
Mars	213.2	71.87	141.33	100	0	141.33	71.87
Avril	119.2	69.67	49.53	100	0	49.53	69.67
Mai	80.7	71.87	8.83	100	0	8.83	71.87
Juin	13.8	68.30	-54.5	45.5	0	0	68.30
Juillet	12.0	66.47	-54.47	0	8.97	0	57.5
Août	15.3	75.53	-63.23	0	63.23	0	15.3
Septembre	230.0	76.97	153.0	100	0	53.03	76.97
Octobre	177.0	74.81	102.1	100	0	102.1	74.81
Novembre	261.4	72.60	188.8	100	0	188.8	72.60
Décembre	163.3	71.13	92.17	100	0	92.17	71.13
Annuel	1554.2	71.13					

D'après ce tableau nous pouvons classer cette année parmi les années sèches étant donné que la valeur annuelle de la précipitation soit inférieure à la valeur moyenne des précipitations au cours de cette période d'observation, ainsi que l'épuisement totale de la réserve facilement utilisable au mois de juillet et Août qui a occasionné un déficit de 69.6mm d'eau lorsque l'évapotranspiration réelle dans le bassin reste loin élevée par rapport au couple (R+I).

Tableau 15. Apports et pertes d'eau dans le sous bassin en 2010

MOIS	PLUIE(mm)	ETP (mm)	P-ETP(mm)	RFU(mm)	DEFICIT(mm)	le(mm)	ETR (mm)
Janvier	136.9	74.16	62,74	100	0	61,84	74,16
Février	172.3	76.41	95,89	100	0	95.89	76,41
Mars	167.0	73.42	93,58	100	0	93.58	73,42
Avril	145.3	77.16	68,14	100	0	68.14	77,16
Mai	110.3	73.42	36,88	100	0	36.88	73,42
Juin	56.8	66.94	-10.14	89.96	0	0	66,94
Juillet	2.8	63.47	-60.67	29.29	0	0	63,47
Août	16.5	73.42	-56.92	0	27.63	0	73,42
Septembre	185.3	70.50	114,8	87.17	0	65.3	70,5
Octobre	157.4	51.23	12.6	100	0	86.17	71,23
Novembre	138.5	68.35	70,15	100	0	70.15	68,35
Décembre	132.2	71.23	60,97	100	0	60.97	71,23
Annuel	1421.3	71.64					71,64

Le tableau 15 montre que l'année est classée parmi les années sèches, étant donné que la valeur annuelle de la précipitation est inférieure à la valeur moyenne des précipitations durant la période d'observation, ainsi que l'épuisement totale de la réserve facilement utilisable au mois de juillet et Août qui a occasionné un déficit de 27,63mm d'eau lorsque l'évapotranspiration réelle dans le bassin reste loin élevée par rapport au couple (R+I).

Tableau 16. Apports et pertes d'eau dans le sous bassin en 2011

MOIS	PLUIE (mm)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	RFU (mm)	DEFICIT(mm)	Le (mm)	ETR (mm)
Janvier	173.0	72.51	100,4	100	0	100.49	72,51
Février	156.3	75.50	80,8	100	0	80.8	75,5
Mars	143.6	74.74	68,86	100	0	68.86	68,86
Avril	144.4	73.99	70.41	100	0	70.41	73,99
Mai	46.7	73.25	-26.55	73,45	0	0	73,25
Juin	104.6	66.01	26.55	100	0	38.49	66,01
Juillet	54.12	66.72	12.52	87.4	0	0	66,72
Août	128.5	73.25	55,25	100	0	55.25	73,25
Septembre	152.4	76.25	76,15	100	0	76.15	76,25
Octobre	258.3	75.50	182,8	100	0	182.8	75,5
Novembre	144.6	70.31	74,29	100	0	74.29	70,31
Décembre	233.1	71.04	162	100	0	0	71,04
Annuel	1739.7	72,45			0		71,93

Il ressort de ce tableau que l'année est classée parmi les années humides, étant donné que la valeur annuelle de la précipitation est supérieure à la valeur des précipitations au cours de la période d'observation, ainsi que la conservation d'une certaine quantité d'eau dans la réserve facilement utilisable au cours de l'année en gardant par conséquent toujours le couple (R+I) de loin élevée par rapport à l'évapotranspiration réelle dans le bassin.

Tableau 17. Apports et pertes d'eau dans le sous bassin en 2012

MOIS	PLUIE (mm)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	RFU (mm)	DEFICIT (mm)	Le (mm)	ETR (mm)
Janvier	73	71.69	1,31	100	0	1,31	72,51
Février	80,5	72.42	8,08	100	0	8,08	75,5
Mars	216.7	71.69	145,01	100	0	45.01	71,69
Avril	128.5	73.14	55,36	100	0	155.36	73,99
Mai	92.8	73.14	19,66	100	0	19,66	73,25
Juin	15.6	66.71	-51,11	48.89	0	0	66,01
Juillet	8,2	65.32	-57,12	0	8,23	0	66,72
Août	96.0	72.42	12 .52	7,95	0	23.58	73,25
Septembre	178.2	73.88	104,32	96.37	0	104.32	76.25
Octobre	250.0	72.42	177,58	100	0	177.58	75.50
Novembre	125.8	70.25	55,55	100	0	55.55	70.31
Décembre	228.8	70.25	158,55	100	0	158,58	71.04
Annuel	1594.1	71,11					

De tableau, classons l'année parmi les années sèches étant donné que la valeur annuelle de la précipitation est inférieure à la valeur moyenne des précipitations au cours de la période d'observation, ainsi que l'épuisement totale de la réserve facilement utilisable au mois de juillet et Août qui a occasionné un déficit de 69.6mm d'eau lorsque l'évapotranspiration réelle dans le bassin reste loin élevée par rapport au couple (R+I).

Tableau 18. Apports et pertes d'eau dans le sous bassin en 2014

MOIS	PLUIE (mm)	ETP (mm)	PETP(mm)	RFU (mm)	DEFICIT (mm)	Le (mm)	ETR (mm)
Janvier	130,2	74,34	55,86	100	0	55,86	74,34
Février	88,1	75,08	13,02	100	0	13,02	75,08
Mars	223,8	70,71	153,09	100	0	153,09	70,71
Avril	136,4	72,88	63,52	100	0	63,52	72,88
Mai	127,4	68,57	58,83	100	0	58,83	68,57
Juin	2,5	63,22	-60,5	40	0	0	63,22
Juillet	0,4	66,72	-66,32	0	26,99	0	69,99
Août	65,8	69,99	-4,19	0	4,19	0	72,15
Septembre	185,8	72,15	113,63	51,96	0	113,65	72,15
Octobre	109,5	69,99	39,51	100	0	39,51	69,99
Novembre	160,1	69,28	90,82	100	0	90,82	69,28
Décembre	233,1	71,43	161,67	100	0	161,67	71,43
Annuel	1463,1	70,81					

Il ressort de ce tableau que l'année est classée parmi les années sèches étant donné que la valeur annuelle de la précipitation est inférieure à la valeur moyenne des précipitations durant la période d'observation, ainsi que l'épuisement totale de la réserve facilement utilisable au mois de juillet et Août qui a occasionné un déficit de 26,99mm d'eau lorsque l'évapotranspiration réelle dans le bassin reste loin élevée par rapport au couple (R+I).

Tableau 19.Synthèse des moyennes des évapotranspirations potentielles(en mm) pendant 16 dernières années.

ANNEES	Mois												Moyenne
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	
	ETP												
1999	73,18	77,88	71,74	72,44	71,74	68,12	66,71	68,12	70,96	69,54	71,74	70,98	71,096
2000	70,14	68,71	68,71	65,85	71,58	67,27	68,76	76,06	81,41	73,06	70,17	73,78	71,292
2001	68,44	72,05	72,05	72,76	72,76	65,05	68,71	76,01	81,41	73,53	74,99	77,25	72,918
2002	72,82	78,14	78,14	72,08	69,87	69,15	72,08	78,14	76,5	72,82	70,61	69,87	73,352
2003	76,26	76,27	76,26	76,26	74,72	65,95	63,19	73,93	73,19	75,48	77,77	73,19	73,539
2004	72,79	79,65	72,79	79,65	72,69	64,57	68,49	75,48	77,78	77,78	70,25	73,93	73,821
2005	72,79	79,65	72,79	75,8	72,05	66,97	64,85	72,79	75,8	72,05	73,74	72,79	72,673
2006	70,56	74,95	72,03	72,75	74,21	65,54	67,62	73,48	74,95	79,51	69,81	62,81	71,518
2007	71,57	70,14	77,32	77,32	74,32	68,43	67,01	71,3	75,06	71,3	67,01	67,72	71,542
2008	69,67	67,55	67,33	71,57	72,99	64,54	73,42	70,5	74,5	67,98	74,5	75,26	70,818
2009	69,67	67,55	71,87	71,87	69,67	63,03	66,87	75,53	76,97	74,81	72,6	71,13	70,964
2010	74,16	76,41	76,41	73,42	77,16	66,94	63,47	73,42	70,5	71,23	68,35	71,23	71,892
2011	72,51	75,5	74,74	73,99	73,99	66,01	66,72	73,25	76,25	75,5	70,31	71,04	72,484
2012	71,69	72,42	71,69	73,14	73,14	66,71	65,42	72,42	73,88	72,42	70,25	70,25	71,119
2013	74,34	75,08	70,71	72,88	68,57	63,22	69,99	72,15	72,15	69,99	69,28	71,43	70,816
2014	72,98	70,09	69,38	71,53	73,71	68,67	67,96	70,08	70,08	72,25	70,09	72,98	70,817
TOT	1154	1182	1164	1173	1163	1060	1081	1173	1201	1169	1141	1146	1151
MNNE	72,098	73,878	72,748	73,332	72,698	66,261	67,579	73,291	75,087	73,078	71,342	71,603	71,916

Le tableau 19 renseigne sur l'état évaporatoire de la surface du sous bassin en précisant la variation de l'évapotranspiration dans le bassin d'étude où elle est toujours de 60 mm d'eau au mois de Juin et Juillet ; autours de 70 mm d'eau le reste des mois de l'année. Comme les pluies, l'évapotranspiration se mesure toujours sur une période déterminer : jours, mois, une année, une saison...Pour qu'une source fonctionne régulièrement, il faut que l'évapotranspiration soit compensée à chaque saison par des entrées d'eau au moins équivalentes dans le sol [15]

4 VARIATION DES INFILTRATIONS EFFICACES (IE) PENDANT UNE PERIODE DE 15 ANS (1999-2013)

Tableau 20. Variation des infiltrations efficaces (en mm) pendant une période de 15 ans comprise entre 1999-2013

ANNEES	Mois												Moyenne
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	
1999	74,62	0	134,4	96,36	0	0	0	0	0	4,56	199,7	87,92	49,79
2000	148,5	35,39	53,25	0	1,59	0	0	0	0	58,23	144,4	231	56,03
2001	105,7	75,25	193,2	142,8	157	0	0	0	145,8	129,7	105,4	267,4	110,2
2002	147,1	18,16	146,4	168,1	44,09	0	0	0	0	81,28	108,5	17,03	59,03
2003	136,2	0	19,88	177,1	109,2	0	0	0	51,32	144,1	120,3	30,61	65,72
2004	147,2	65,05	73,22	92,72	0	0	0	0	0	0	135,2	141,2	54,55
2005	93,31	75,05	104,3	51,3	216,1	0	0	0	34,39	69,85	141,8	84,41	72,54
2006	66,68	87,05	94,47	72,45	155,5	0	0	0	84,39	16,09	147,4	133,5	71,46
2007	53,54	47,04	19,28	141,4	82,88	0	0	0	0	196,3	77,49	106,9	60,4
2008	57,23	52,46	29,27	147,1	84,21	0	0	0	1,99	115	70	98,54	54,65
2009	78,63	52,45	141,3	49,53	8,83	0	0	0	53,03	102,2	188,9	92,17	63,92
2010	61,84	95,89	93,58	68,14	36,88	0	0	0	65,3	86,17	70,15	60,97	53,24
2011	100,5	80,8	68,86	70,41	0	38,59	0	55,25	76,15	182,8	74,29	162,1	75,81
2012	1,31	8,08	45,01	155,4	19,66	0	0	23,58	104,3	177,6	55,55	158,6	62,42
2013	55,86	13,02	153,1	63,52	58,83	0	0	0	113,7	39,51	90,82	161,7	62,5
2014	192,7	62,11	26,72	7,47	0	0	0	0	71,9	0	89,41	133,5	48,65
MOYENNE	91,65	49,07	84,61	88,26	60,92	2,412	0	4,927	50,14	89,59	113,7	123	63,81

Le tableau 20 montre l'infiltration efficace et la période favorable au captage des sources d'eau. La période où l'alimentation de la nappe par les apports extérieurs est faible ou nulle : Mai, Juin, Juillet, Août et Septembre.

⇒ Période de Basses eaux où étiage. Infiltration efficace 0

La période où l'alimentation de la nappe est forte : Octobre, Novembre, Décembre, Janvier, Février, Mars et Avril.

⇒ Période des hautes eaux où de crue.

5 MODULE ET INDICE PLUVIOMETRIQUE PENDANT UNE PERIODE DE CINQUANTE ANS COMPRISE ENTRE 1963-2013

En première approximation, nous avons représenté les précipitations recueillies à la Station du Centre de Recherche en Sciences Naturelles, CRSN/LWIRO par la hauteur des précipitations annuelles moyennes ou module pluviométrique moyen au cours d'une série d'années. Statistiquement, cela revient à choisir la moyenne arithmétique comme valeur centrale de la série d'observations. Bien entendu, ce paramètre varie avec la longueur de la période d'observation. Cependant, la hauteur moyenne annuelle des précipitations varie peu si elle est calculée sur une période d'observations dépassant 20 à 30 ans [14]

Les données des précipitations enregistrées à la station du CRSN/LWIRO donnent dans le tableau 21 ci-après, les hauteurs de précipitations annuelles qui permettent de faire le calcul du module et de l'indice pluviométrique. En effet, le module pluviométrique annuel sera la moyenne de hauteur des précipitations annuelles des années antérieures et cela selon les intervalles définis dans le tableau 21 durant la période d'observation ; tandis que l'indice pluviométrique sera le rapport de la précipitation annuel respectivement selon les différents intervalles. D'où la valeur moyenne pluviométrique de 50 ans (de 1963 à 2012) est de 1606,78 mm comme présente le tableau 21.

Tableau 21. Hauteurs des précipitations annuelles (en mm) de 1963 à 2012 en groupe de 10x5

Années										Moyennes
1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	
P(mm)										Moyennes
1855,7	1411,9	1704,9	1748	1760	1703	134,6	1786,9	1691,6	1483,6	
Années										Moyennes
1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	
P(mm)										Moyennes
1681,1	1696,6	1531	1583,6	1613,8	1453,7	1428,7	1527,8	1571,9	1635,6	
Années										Moyennes
1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	
P(mm)										Moyennes
1620,4	1553,8	1700,2	1536	1460,5	1850,4	1461,8	1676,8	1564,7	1683,5	
Années										Moyennes
1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	
P(mm)										Moyennes
1419,3	1701,7	1809	1530,6	1514,7	1705,1	1417,9	1459,2	2182,6	1503,5	
Années										Moyennes
2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
P(mm)										Moyennes
1659,1	1459,1	1742,8	1723,2	1501,6	1316,6	1554,2	1421,3	1739,7	1594,1	

A= Années ; M= Moyenne.

Moyenne pluviométrique de 50 ans (de 1963 à 2012) : 1606,78 mm

Tableau 22. Calcul de module et indice pluviométrique

INTERVAL	MODULE (mm)	INDICE
10	1648,72	1,02
20	1610,81	1
30	1624,36	1,01
40	1095,66	0,68
50	1572,38	0,97

Parmi les cinq intervalles d'années considérées pour l'étude de la variation de l'indice pluviométrique ; trois ont été riches en eau par rapport à leurs années antérieures, donnant des valeurs supérieures à un pour leurs indices pluviométriques respectifs, et par conséquent, leurs apports en eau dans le secteur seraient non négligeable tant pour les infiltrations que les ruissellements ; néanmoins, il existe deux années pauvres en eau par rapport à leurs années antérieures, donnant des valeurs inférieures à un pour leurs indices pluviométriques respectifs et en conséquence, les infiltrations efficaces seraient moins importantes dans le secteur pendant ces périodes.

Tableau 23. Fréquence des hauteurs de précipitations pour une période de 50 ans comprise entre 1963-2013

Précipitations	N° ordre	Fréquence	Année
1316,6	1	0,01	2008
1341,6	2	0,03	1969
1411,9	3	0,05	1964
1417,9	4	0,07	1999
1419,3	5	0,1	1993
1421,3	6	0,12	2010
1428,7	7	0,14	1978
1453,7	8	0,16	2004
1459,1	9	0,18	2000
1459,2	10	0,2	1987
1460,5	11	0,22	1989
1461,8	12	0,24	1972
1463,1	13	0,27	2013
1483,2	14	0,29	2014
1483,6	15	0,31	1997
1501,6	16	0,33	1980
1503,5	17	0,35	1996
1514,7	18	0,37	1975
1527,8	19	0,39	1986
1530,6	20	0,41	1984
1531,0	21	0,44	2009
1536,0	22	0,46	1991
1553,8	23	0,49	1981
1554,2	24	0,5	2009
1564,7	25	0,52	1977
1571,9	26	0,54	1983
1583,6	27	0,56	1982
1594,1	28	0,59	2012
1613,8	29	0,61	1977
1620,4	30	0,63	1983
1635,6	31	0,65	1992
1659,1	32	0,67	1971
1676,8	33	0,69	1974
1681,1	34	0,71	1985
1683,5	35	0,73	1994
1691,6	36	0,76	1968
1696,6	37	0,78	1965
1700,2	38	0,8	1998
1701,7	39	0,82	2006
1703,0	40	0,84	2005
1704,9	41	0,86	1966
1705,1	42	0,88	1998
1723,2	43	0,9	2006
1742,8	44	0,93	2005
1748,0	45	0,95	1988
1760,0	46	0,97	1963
1786,9	47	0,99	2001
1809,0	48	1,17	1995
1850,4	49	1,37	2003
1855,7	50	1,57	2007
2182,0	51		2001

A partir du tableau 24, nous déduisons la fluctuation des observations autour de la valeur centrale et explicitons-le dans le point suivant.

6 LA DISPERSION OU FLUCTUATION DE DIVERSES OBSERVATIONS AUTOUR DE LA VALEUR CENTRALE ET CALCUL PREVISIONNEL

Ainsi, d'après nos calculs, les résultats obtenus se présentent comme suit : l'intervalle de variation est de 865,4 mm, l'écart type de 156,885 et la moyenne ($\bar{x}$) : 1606.78 mm.

7 DISCUSSION

7.1 RELEVÉ DES PLUIES MENSUELLES DURANT LA PÉRIODE ALLANT DE 1999-2014 A LA STATION DU CRSN/LWIRO

Le constat est que dans le secteur d'étude, les précipitations mensuelles maximales sont autour de 200 mm d'eau, tandis que les précipitations mensuelles minimales sont autour de 20mm d'eau ; Ce qui explique le maintien d'une certaine humidité du sol durant toute l'année. Selon le tableau 1, la période des averses commence en octobre et s'arrête dans la première quinzaine du mois de février pour reprendre encore en mars et prendre fin en mai. Quant à la période des basses eaux, elle commence en juin et se termine vers la fin du mois d'août. Il tombe en moyenne 1563,78 mm ;

7.2 RELEVÉ DES MOYENNES DES TEMPÉRATURES AU COURS DE SEIZE DERNIÈRES ANNÉES 1999-2014 A LA STATION DU CRSN/LWIRO

Les températures mensuelles du bassin oscillent toujours autour de 20°C. La température maximale est de 21,4°C tandis que la température minimale est de 19,3°C. Soit une amplitude annuelle de 2,1°C et par conséquent très faible amplitude thermique.

7.3 INDICES THERMIQUES MENSUELS ET ANNUELS AU COURS DE LA PÉRIODE DE 1999-2014

$I =$ indice thermique annuel défini comme la somme des indices thermiques mensuels i , 97,79

$A :=$ coefficient fonction de I : 2,06

De ce qui précède, il s'avère maintenant opportun et important de passer aux évaluations tant mensuelles qu'annuelles des apports et pertes d'eau dans notre secteur au cours de 16 dernières années, respectivement de 1999 à 2014.

7.4 ESTIMATION DES APPORTS ET PERTES D'EAU DANS LE SOUS BASSIN.

Les précipitations sont un processus hydrologique les plus variables. D'une part elles sont caractérisées par une grande variabilité spatiale et ceci quelle que soit l'échelle spatiale prise en compte (régionale, locale, etc.). D'autre part, elles sont caractérisée par une grande variabilité dans le temps, aussi bien à l'échelle annuelle qu'à celle d'un événement pluvieux

L'estimation des apports et pertes d'eau dans le secteur durant les seize dernières années permettent de distinguer les années humides ou riches en eau aux années sèches ou pauvre en eau, selon que la réserve facilement utilisable a été au moins une fois épuisée c'est-à-dire égale à zéro ou non.

Ainsi, les années sèche sont 1999, 2000, 2002 et 2004 dont leurs modules pluviométriques sont inférieurs à la moyenne et leur rapport : $\frac{P}{\bar{x}}$ est inférieur à 1. Néanmoins, les autres des années notamment 2001, 2003, 2005, 2006, 2007, 2008 et 2009 sont considérées humides car leurs modules pluviométriques sont supérieurs à la moyenne et leur rapport : $\frac{P}{\bar{x}}$ est supérieur à 1. En effet, la particularité de ces années humides est le fait de conserver la réserve facilement utilisable non nulle et garder un certains taux d'humidité durant toutes les saisons de l'année. Après la saison sèche, lorsque P devient supérieur à ETP, le sol (supposé initialement au point de flétrissement permanent) retient de l'eau. C'est la phase de recharge. La fin de cette phase est estimée au moyen de la courbe A de variation du stock d'eau utilisable dans le sol : la date à laquelle cette courbe atteint 139 mm indique la fin de la première phase. Après cette date, l'eau en excès par rapport à l'infiltration efficace percole à travers le profil et le stock d'eau utilisable reste constant et à son maximum : c'est la phase de surplus qui dure tant que P reste supérieure à ETP. Lorsque P devient inférieur à ETP, l'eau utilisable du sol est évapotranspirée : c'est la phase d'utilisation qui dure jusqu'à ce que toute l'eau utilisable soit éliminée. La date de la fin de la phase U est indiquée par l'intersection de la courbe A avec la ligne des abscisses. Vient ensuite la phase de déficit qui se termine quand P devient supérieur à ETP [12].

7.5 MOYENNES DES EVAPOTRANSPIRATIONS POTENTIELLES PENDANT 16 DERNIERES ANNEES.

Le tableau 19 l'état évaporatoire de la surface du sous bassin en précisant la variation de l'évapotranspiration dans le bassin d'étude où elle est toujours de 60 mm d'eau au mois de Juin et Juillet et autours de 70 mm d'eau tout le reste des mois de l'année. C'est ce que rejoint les affirmations de [20] et qui ont montré que l'évapotranspiration potentielle, ou ETP mensuelle atteint 35 mm à 14°C, 70mm à 20°C, 140 mm à 26°C et 280mm à 32°C.

De même [20] montre qu'en Zone tropicale humide, du fait de la charge du sol et de l'atmosphère, l'ETP est proche de l'ETR. Comme la pluie, l'évapotranspiration se mesure toujours sur une période déterminée : un jour, un mois, une année, une saison.

Pour qu'une source d'eau fonctionne régulièrement, il faut que l'évapotranspiration soit compensée à chaque saison par des entrées d'eau au moins équivalentes dans le sol [15]

La teneur en eau du sol conditionne les processus d'évaporation. Plus le sol est sec et plus les flux évaporés seront faibles (C'est le cas au mois de juillet) A l'inverse, un sol saturé peut même évaporer de l'eau à un taux supérieur à celui d'une surface d'eau libre vu que le microrelief du sol peut constituer une surface évaporant plus importante que celle d'un lac ou d'un réservoir [15] C'est ce qui ressort dans le reste des mois de notre tableau 19.

8 MODULE ET INDICE PLUVIOMETRIQUE PENDANT UNE PERIODE DE CINQUANTE ANS COMPRISE ENTRE 1963-2013

En première approximation nous avons représenté les précipitations recueillies à la Station du CRSN/LWIRO par la hauteur des précipitations annuelles moyennes ou module pluviométrique moyen au cours d'une série d'années. Statistiquement, cela revient à choisir la moyenne arithmétique comme valeur centrale de la série d'observations. Bien entendu, ce paramètre varie avec la longueur de la période d'observation. Cependant la hauteur moyenne annuelle des précipitations varie peu si elle est calculée sur une période d'observations dépassant 20 à 30 ans [16]. La valeur moyenne est de 1606,78 mm et d'après les variations de l'indice pluviométrique selon les différents intervalles en raison de 10 ans, le constat est que le module pluviométrique ne varie pas considérablement par rapport à la valeur moyenne car il est toujours non loin de 1600mm ; parmi les cinq intervalles d'années considérées (1963 à 1972 ; 1973 à 1982 ; 1983 à 1992 ; 1993 à 2002 ; 2003 à 2012) pour l'étude de la variation de l'indice pluviométrique ; trois (1963 à 1972 ; 1973 à 1982 ; 1983 à 1992) sont riches en eau par rapport aux suivantes (1993 à 2012), donnant des valeurs supérieures à 1 pour leurs indices pluviométriques respectifs, et par conséquent, leurs apports en eau dans le secteur était non négligeable tant pour les infiltrations que les ruissellements ; néanmoins, il existe deux années (1993 à 2002 ; 2003 à 2012) pauvres en eau par rapport aux années antérieures (1963 à 1992), donnant des valeurs inférieures à 1 pour leurs indices pluviométriques respectifs et en conséquence, les infiltrations efficaces seraient moins importantes dans le secteur pendant ces périodes.

8.1 VARIATION DES INFILTRATIONS EFFICACES PENDANT UNE PERIODE DE 15 ANS COMPRISE ENTRE 1999-2013

Le tableau 20 montre l'infiltration efficace dans le sous bassin versant de Lwiro et la période favorable au captage des sources d'eau. La connaissance de l'infiltration efficace est indispensable à la détermination de la période favorable au captage des sources d'eau [17]. En effet, dans le sous bassin dont il est question dans ce travail, la période acceptable pour les études hydrogéologiques, en occurrence la détermination des réserves en eau souterraine dans un bassin par la méthode Maillet est celle comprise entre la fin du mois de Mai et le début du mois de Septembre parce que, pendant cet intervalle, l'alimentation de la nappe par les apports extérieurs est nulle, répondant ainsi à la condition exigée [18]. La période critique pour nos sources commence au mois de Mai lorsque leur alimentation en eau par les pluies diminue. Leur tarissement s'observe à partir du mois de Juillet et se prolonge jusqu'en Septembre. La recharge des nappes commence en Octobre et atteignent leurs premiers maxima en Novembre puis après la courte saison de Février, l'autre maxima est enregistré au mois d'Avril.

8.2 DISPERSION OU FLUCTUATION DE DIVERSES OBSERVATIONS AUTOUR DE LA VALEUR CENTRALE ET CALCUL PREVISIONNEL

La précipitation moyenne annuelle établie sur un grand nombre d'année (hauteur moyenne des précipitations annuelles tombant à un endroit donné) est aussi appelée sa valeur normale, son module annuel ou sa valeur interannuelle.

Cette caractéristique d'une série d'observation est essentielle pour l'ingénieur qui ne peut généralement se contenter de la seule considération des valeurs moyennes. En considérant la valeur centrale du dernier intervalle c'est-à-dire de 0,97 (du tableau 22) nous le traduisons quantitativement par :

La détermination de l'intervalle de variation qui est la différence entre la valeur la plus forte observée (2182,0 mm) et la valeur la plus faible de la série (1316,6 mm) ce qui donne : une valeur de 865,4 mm, un écart absolu moyen et l'écart type de 156,885. Comme la dispersion des observations peut être traduite aussi synthétiquement par le coefficient de variation (V), qui est le rapport de l'écart type à la moyenne, nous obtenons 0,098, qui est une valeur inférieure à 0,5 ; et par conséquent, la distribution des observations est normale ou symétrique et cela revient à dire que la courbe des observations obéit à la loi normale de Laplace Gauss [19]

La représentation d'une série des modules pluviométriques annuels par une loi théorique de répartition des fréquences pour cette période de cinquante ans comprise entre 1963 – 2012 peut être raisonnablement bien représentée et s'ordonnent à peu près suivant une loi de Laplace Gauss ayant pour paramètre : Moyenne $\bar{x}$ = 1606,78 et écart type (σ) = 156,88 pour paramètres la moyenne ($\bar{x}$) : 1606.78 mm et l'écart type (σ) : 156.88 mm

Ainsi, si les observations étaient réparties exactement suivant la loi de Gauss, on devrait avoir :

I. 50% d'observations comprises entre

$$m - \frac{2\sigma}{3} \text{ et } m + \frac{2\sigma}{3} ; \text{ soit ici entre } 1501.88 \text{ et } 1711.68 \text{ mm}$$

II. 68% d'observations comprises entre

$$m - \sigma \text{ et } m + \sigma ; \text{ soit ici entre } 1449.38 \text{ et } 1764.18 \text{ mm}$$

III. 95% d'observations comprises entre

$$m - 2\sigma \text{ et } m + 2\sigma ; \text{ soit ici entre } 1291.58 \text{ et } 1921.58 \text{ mm}$$

IV. 99% d'observations comprises entre

$$m - 3\sigma \text{ et } m + 3\sigma ; \text{ soit ici entre } 1134.58 \text{ et } 2078.98 \text{ mm [20]}$$

En fait, les intervalles ci-dessus représentent respectivement :

45.3 ; 65.3 ; 97.3 et 99.3 des observations relevées.

L'écart entre les fréquences observées et celles que donnerait la loi de Gauss est assez faible pour être négligeable dans maints problèmes pratiques et l'on pourra avec avantage substituer celle-ci à la lourde suite d'observations expérimentales.

Il est commode, en pratique, d'utiliser au lieu et place de l'écart à la moyenne :

$$X_r - \bar{x} \ll \text{écart réduit} \gg t \text{ qui est le rapport de celui-ci à l'écart type : } t = \frac{x - \bar{x}}{\sigma} \text{ [21]}$$

⇒ Ainsi, se référant au tableau 24, estimons la probabilité de voir survenir un module pluviométrique annuel compris entre telle et telle valeur (ou extérieur à l'intervalle correspondant). Cependant, en fonction des différents intervalles de fréquences repartis en dix classes, nous nous intéressons aux valeurs ou classes extrêmes pour faire en quelque sorte une étude prévisionnelle. En effet, selon l'écart réduit ou variable réduite, on trouve :

a. Pour le module pluviométrique minimal annuel dans le sous bassin pendant 50 ans d'observation

$t = \frac{x - \bar{x}}{\sigma} = \frac{1316,6 - 1606,78}{156,8} = -1.85$ c'est-à-dire qu'il y a 95 chances sur 100 pour que ce module pluviométrique soit compris entre 1291.98mm et 1921.58mm ou encore 100-95=5 chance sur 100 qu'il soit extérieur à cet intervalle. La courbe de Gauss étant symétrique, il en résulte qu'il y a $\frac{5}{2} = 2.5$ chances sur 100 pour qu'il descende au dessous de 1291.98mm

b. Pour le module pluviométrique maximal annuel dans le bassin pendant 50 ans d'observation

$t = \frac{x - \bar{x}}{\sigma} = \frac{2182 - 1606,78}{156,8} = 3.6$ c'est-à-dire qu'il n'y a pas de chance pour cet intervalle de 50 ans pour que ce module pluviométrique soit repris. Alors, selon [...22...] pour des travaux de Génie civile il conviendrait de prendre cette valeur du module pluviométrique comme la capacité minimale de collecteurs. Néanmoins, elle sera maximale en cas de problèmes techniques.

9 CONCLUSION

L'étude montre que : Les précipitations mensuelles maximales sont en moyennes autour de 190 mm d'eau et s'étalent sur 10 mois, tandis que les précipitations ce qui explique le maintien d'une certaine humidité du sol durant toute l'année mensuelles minimales sont autour de 20mm d'eau et s'étalent sur 2 mois (Juin et Juillet) ; Les températures dans le secteur oscillent toujours autour de 20°C. Ainsi, l'indice pluviométrique moyen est de 2,0. D'où, les apports et pertes d'eau dans le secteur au cours de 16 dernières années(1999 à 2014) montre que le pouvoir évaporatoire du sous bassin est autour de 60mm d'eau pendant le mois de Juin et Juillet et, autour de 70mm d'eau pour le reste des mois de l'année.

Ainsi, le bilan hydrologique montre que les années sèches sont 1999, 2000, 2002, 2004, 2009, 2010, 2012, 2013 et 2014 et les années humides sont 2001, 2003, 2005, 2006, 2007, 2008 et 2011 ; la particularité de ces années humides est le fait de conserver la réserve facilement utilisable non nulle et garder un certains taux d'humidité durant toutes les saisons de l'année.

L'intervalle de temps propice et pour les travaux d'identification et de captage des sources d'eau destinées à approvisionner la population en eau potable est à situer entre la fin du mois de Mai jusqu'à la fin du mois d'Août.

En dressant un bilan simplifié de la pluie par rapport à l'évapotranspiration, observons que la période étudiée (1999-2013) est dans son ensemble humide. Les valeurs d'évapotranspiration mensuelles sont bien distribuées (Tableaux 4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18) et pratiquement constantes au cours des mois des années concernés. En revanche, la distribution de la pluie est très variable dans le temps. La période de Juin à Septembre (-466,32 mm) pour toutes les années de la période d'observation est très déficitaire que le reste des périodes des années. Ainsi, le module pluviométrique minimal dans le sous-bassin a 95 chances sur 100 pour qu'il soit compris entre 1291,98 mm et 1921,98mm ou encore 5 chances sur 100 pour qu'il soit extérieur à cet intervalle et la courbe de Gauss étant symétrique, il résulte 2,5 chances sur 100 pour que ce module excède 1921,58mm et aussi 2,5 chances sur 100 pour qu'il descende au-dessous de 1291,98 mm. Pour le module pluviométrique maximale annuel dans le sous bassin, il n'y a pas de chance pour l'intervalle de 50 ans pour qu'il soit repris. Alors pour les travaux de génie civil, il conviendrait de prendre cette valeur du module pluviométrique de 2182,0 mm comme la capacité minimale de collecteurs. Néanmoins, elle est maximale en cas de problèmes techniques ou financiers.

De ce qui précède nous suggérons que :

Vu une certaine humidité du sol durant toute l'année, dans les travaux qui suivront, il faudra déterminer la réserve facilement utilisable correcte du secteur. Malgré la quantité plus ou moins suffisante de l'eau dans le bassin, il s'avère nécessaire de penser à la gestion rationnelle des sources d'eau par la conception des réservoirs trop plein et grâce au positionnement des sources à très grand débit à une altitude très élevées, songer à les parvenir à la population jusqu'à domicile et pallier de la sorte au problème d'eau dans le groupement d'Irhambi-Katana. Dans ce bassin versant, une étude bactériologique pourrait être importante pour déceler les éventuels cas des sources polluées en vue d'interdire la consommation de leurs eaux. Dans le cadre de captage, il faudra songer à une étude hydrogéologique approfondie avant tout aménagement ou captage d'une source ou des travaux liés aux eaux souterraines pour éviter le tarissement ou les pertes d'eau. Etant donné que les précipitations sont un processus hydrologique les plus variables (grande variabilité spatiale et ceci quelle que soit l'échelle spatiale prise en compte tant régionale que locale, etc.), d'autre part, elles sont caractérisée par une grande variabilité dans le temps, aussi bien à l'échelle annuelle qu'à celle d'un événement pluvieux, nous suggérons que des mini stations pluvio-thermiques soient éparpillées dans la région pour des observations beaucoup plus représentatives.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Monsieur l'Ingénieur RUBABURA KITUTA JEAN AUGUSTIN, tous les Techniciens de Recherche du KITUTA JEAN et tous les Agents Techniques du Département de l'Environnement à l'occurrence BAFEZA KAHIRIBA, OMBENI, RIZIKI BAHABULE, KANANI LIBAKU CAMUNANI pour les soutiens à la réalisation de ce travail

REFERENCES

- [1] Aka A.A., Lubès H., Masson J.M., Servat É., Paturel J.E. et Kouamé B. Analyse de la variabilité temporelle des écoulements en Côte d'Ivoire : approche statistique et caractérisation des phénomènes. *Journal des Sciences Hydrologiques*, vol. 41, n° 6, pp. 959-970, 1996.
- [2] Assani A.A. Analyse de la variabilité temporelle des précipitations (1916-1996) à Lubumbashi (Congo-Kinshasa) en relation avec certains indicateurs de la circulation atmosphérique (oscillation australe) et océanique (El Niño/La Niña). *Sécheresse*, vol. 10, n° 4, pp. 245-252, 1999.
- [3] Ardoin-Bardin S. *Variabilité hydroclimatique et impacts sur les ressources en eau de grands bassins hydrographiques en zone soudano-sahélienne*. Thèse de l'Université de Montpellier II, Sciences et Techniques du Languedoc, pp. 437, 2004.
- [4] Kouassi A. M. Caractérisation d'une modification éventuelle de la relation pluie-débit et ses impacts sur les ressources en eau en Afrique de l'Ouest : cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat unique, Université de Cocody, pp. 210, 2007.
- [5] PNUE. "Water Issues in the Democratic Republic of the Congo: Challenges and Opportunities". United Nations Environment Program, pp. 154, 2011.
- [6] Muvundja A. A thesis submitted to the graduate school in partial fulfilment of the requirements for the award of a master of science degree (fisheries and aquatic science) in zoology, Makerere University, 2010. Reg. No. 2007/HD13/11068X
- [7] B. Baluku, " contribution à l'étude des hôtes intermédiaires des bilharzioses : écologie des mollusques dulcicoles dans deux cours d'eau du Zaïre Orientale", pp. 447, 1987.
- [8] M. Kajivunira, M. Bugoma et A. Mahese. " Evaluation des sources d'eau dans le groupement rural d'Irhambi/Katana ", *International Journal of Innovation and Scientific Research*, ISSN 2351-8014 Vol. 13 No. 1, pp. 37-49, 2015.
- [9] Brochet P. et Gerbier N. L'évapotranspiration, aspect agro-météorologique; évaluation pratique de l'ETP. Édit. Météorologie Nationale, Monographie n° 65, pp. 67, 1968.
- [10] Thornthwaite E C .W. An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Review*. 55-94. *Cah. ORSTOM*, 1948.
- [11] Cissoko S. Sélection des paramètres locaux et synoptiques associés à l'occurrence des précipitations sur le Golfe de Guinée (Côte d'Ivoire). *Agronomie Africaine*, vol. 7, pp. 89-107, 1995.
- [12] Belaux P. Estimation du " régime hydrique " des sols au moyen des données climatiques. La méthode graphique : son utilisation dans le cadre *Pédologie de PORSTOM ACSAD*, B.P. 2440, Damas, Syrie *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. XVI, no 3, 317-338, 1978.
- [13] M. Eldin, "Analyse fréquentielle des déficits hydriques cumulés au cours de la saison sèche" · en Côte d'Ivoire copyright-Orstom 1977 laboratoire de bioclimatologie b.p .v 51 – Abidjan
- [14] Anonyme. Atelier sur les statistiques de l'environnement Yaoundé, Cameroun 5-9 Décembre le rapport final ; division de statistique de l'ONU, 2011.
- [15] Dupriez H. et De Leener P. Les chemins de l'eau, l'Harmattan, 1990.
- [16] Kouakou K. E., Goula B.T.A. et Savané I. Impacts de la variabilité climatique sur les ressources en eau de surface en zone tropicale humide : cas du bassin transfrontalier de la Comoé (Côte d'Ivoire-Burkina Faso). *European Journal of Scientific Research*, vol. 16, n° 1, pp. 31-43, 2007.
- [17] Petit M. Géographie physique tropicale, Approche aux études du milieu Morphogénèse- Paysage, Edition KARTHALA et ACCT. pp. 351, 1990.
- [18] Mahé G et Olivry J.C. Variations des précipitations et des écoulements en Afrique de l'Ouest et centrale de 1951 à 1989. *Sécheresse*, vol. 6, n° 1, pp. 109-117, 1995.
- [19] EPA. The Great Lakes Today: concerns. In: *The Great lakes: An Environmental Atlas and Resource Book*. United States Environmental Protection Agency, 2008.
- [20] Saporta G. Probabilités, analyse des données et statistique. 2^e édition. Editions Technip, pp. 656, 2006.
- [21] Grenier E. « Quelle est la « bonne » formule de l'écart-type ? », *La revue MODULAD*, n° 37, 2007.
- [22] Paturel J.E., Servat É., Kouamé B., Lubès H., Masson J.M., Boyer J.F., Travaglio M. et Marieu M. Variabilité pluviométrique en Afrique humide le long du Golfe de Guinée. Approche régionale intégrée. *Documents Techniques en Hydrologie*, vol. 16, UNESCO, Paris, pp. 1-31, 1997.
- [23] Sircoulon J. Les données hydro pluviométriques de la sécheresse récente en Afrique intertropicale. Comparaison avec les sécheresses de 1913 et 1940. *Cahiers ORSTOM*, série Hydrologie, vol. 13, n° 2, pp. 75-134, 1976.

Invasive fruit fly, *Ceratitis* species (Diptera: Tephritidae), pests in South Kivu region, eastern of Democratic Republic of Congo

K. J-A. Rubabura¹, B.M.T. Munyuli¹, B.E. Bisimwa², and K.S. Kazi³

¹Department of Biology,
Research Centre in Natural Sciences, (CRSN) Lwiro, D.S./Bukavu,
Bukavu, South Kivu, DR Congo

²Agricultural Sciences Faculty,
Catholic University of Bukavu (UCB),
Bukavu, South Kivu, DR Congo

³Department of Geochemistry and Environment,
Goma Volcano Observatory (GVO),
Goma, North Kivu, DR Congo

Copyright © 2015 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: Damage due to fruit flies of the genus *Ceratitis* in orchards (mainly mango and citrus) is high but nothing is known about the fruit fly species involved in the South Kivu region. The tephritids flies were identified at the Research Centre in Natural Sciences (CRSN / Lwiro) and when identification was unsuccessful specimens were sent for identification to the Royal Museum for Central Africa (RMCA, Tervuren, Belgium). *Ceratitis fasciventris* was the dominant *Ceratitis* species captured during the entire experiment, biweekly. The former had pest dominant *Ceratitis fasciventris* and six *Ceratitis* individuals was found such as *Ceratitis anonae* (Graham), *Ceratitis capitata* (Wiedemann), *Ceratitis cosyra* (Walker), *Ceratitis fasciventris* (Bezzi), *Ceratitis punctata* (Wiedemann) and *Ceratitis rosa* (Karsch).

KEYWORDS: Genus, fruit, flies, Irhambi-Katana, Kabare.

1 INTRODUCTION

Flies (Diptera: Tephritidae) are considered the most destructive insect pests of fruit and vegetables in the world [[1]; [2]]. Without control, direct damage has been reported from 30 to 80% depending on the fruit, variety, location and fruit season [3].

The fruit fly genus *Ceratitis* Macleay (Diptera: Tephritidae) comprises several important pest species attacking a wide range of unrelated fruits [[4]; [5]].

Mediterranean fruit fly is also an important pest of several cultivated fruit such as coffee, mango, citrus spp. and other fruits in the country of the Great Lake of Central Africa [6]. Although widely distributed in the sub-Saharan region [[7]; [8]], Mediterranean fruit fly seems to be a less serious pest of cultivated fruit along the *Ceratitis fasciventris* (Bezzi), *Ceratitis anonae* (Graham), and *Ceratitis cosyra* (Walker). Damage to commercial fruit by these four other species can be considerable, for example, 20–30% of the mango crop is lost, on average, to *C. cosyra*, reducing export earnings and affecting the quality and price of locally sold fruit [9]. Additionally, [10] suggest that *C. rosa* may be better adapted to exploiting colder climates than is Mediterranean fruit fly.

Thus, current knowledge of *Dacini* fruit flies in the South Kivu region will be important because, potentially have an economic impact on local horticultural production.

The aim of this study is to identify the fruit fly *Ceratitis* species present and to determine dominant *Ceratitis* species in orchards on the South Kivu region.

However, very few studies were conducted in the Democratic Republic of Congo (DRC), and none in the South Kivu region.

2 MATERIAL AND METHODS

FRUIT FLY IDENTIFICATION

Monitoring was carried out in private orchards located in Irhambi-Katana, rural area, territory of Kabare, and province of South Kivu at the eastern of DRC. Irhambi-Katana is located 1.654 meters above sea level (Geographical coordinates: 2°13'30"N and 28°49'53"E) (Table 1). Five fruit tree species – lure/bait pairs were established and repeated two times over three orchards (Table 1).

Table1. Latitude, longitude, altitude (Meter), lure-bait and trees where the lure/baits were located

N ^o	Latitude	Longitude	Altitude	Lure/bait	Trees	Characteristics of the orchards
First repetition						
1	02°12.7'42"	28°51.6'36"	1505	Cuelure +DDVP strip	<i>Mangifera indica</i> L.(Anacardiaceae)	Combination with cassava,sweet potatoes, avocado, lawn and others trees
	02°12.7'23"	28°51.6'10"	1500	Methyl eugenol +DDVP strip	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindley (Rosaceae)	
2	02°12.7'08"	28°51.6'16' '	1461	Trimedlure+DDVP strip	<i>Citrus sinensis</i> Osbeck.(Rutaceae)	Combination with straw-berry, plum tree, egg-plant ,carrot and pepper
3	02°12.7'14"	28°51.6'34"	1665	Terpinyl acetate + DDVP strip	<i>Averrhoa carambola</i> L. (Oxalidaceae)	Combination with medicinal plants and vegetables
	02°12.7'23"	28°51.6'26"	1500	Liquid protein bait+ No DDVP strip	<i>Psidium guajava</i> L. (Myrtaceae)	
Second repetition						
1	02°12.7'43"	28°51.6'34"	1505	Cuelure +DDVP strip	<i>Mangifera indica</i> L.(Anacardiaceae)	Combination with cassava ,sweet potatoes, avocado, lawn and others trees
	02°12.7'23"	28°51.6'09"	1500	Methyl eugenol +DDVP strip	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.)Lindley(Rosaceae)	
2	02°12.7'00"	28°51.6'17"	1464	Trimedlure+DDVP strip	<i>Citrus sinensis</i> Osbeck.(Rutaceae)	Combination with straw-berry,plum tree,egg-plant ,carrot and pepper
3	02°12.7'16"	28°51.6'31"	1501	Terpinyl acetate+ DDVP strip	<i>Averrhoa carambola</i> L. (Oxalidaceae)	Combination with medicinal plants and vegetables
	02°12.7'24"	28°51.6'30"	1502	Liquid protein bait+ No DDVP strip	<i>Psidium guajava</i> L. (Myrtaceae)	

Both para-pheromone lures and food baits were used, (i) four para-pheromone lures attractive only for male fruit flies: Cuelure (4-(p-acetoxyphenyl)-2-butanone), highly attractive to melon fly, *B. cucurbitae* (Coquillett); Methyl eugenol (4-allyl-1,2-dimethoxybenzene-carboxylate), attractive to a large number of *Bactrocera* species including the oriental fruit fly, *B. dorsalis*; Trimedlure(t-Butyl-2-methyl-4-chlorocyclohexanecarboxylate), attractive to medfly *Ceratitis capitata*; Terpinyl

acetate (acetic acid terpinyl ester), attractive to many *Ceratitis* species including *Ceratitis cosyra*; and (ii) one food baits, the Liquid protein bait [protein hydrolysate, Nu-Lure (Miller Chemical and Fertilizer Corporation, Hanover, USA)] [11]. Food baits are less selective than para-pheromone lure and attract mainly female fruit flies. They are not species-specific and are known to have a lower efficiency compared to male lures [12]. All the lures/baits were used in combination with insecticide DDVP (2, 2-dichlorovinyl dimethyl phosphate) strip that were placed at the bottom of a McPhail trap to kill any attracted flies. The protein bait was changed after two weeks and the four other lures after two months. McPhail traps remained in place for six months during the fruiting season of mango from January 2014 to August 2014. The fruit flies were collected biweekly (till 07 January to 07 August 2014) in vials, stored in the isopropyl. The tephritids flies were identified at the Research Centre in Natural Sciences (CRSN / Lwiro) and when identification was unsuccessful specimens were sent for identification to the Royal Museum for Central Africa (RMCA, Tervuren, Belgium).

One way ANOVA statistical analyses were carried out to compare the number of *Ceratitis* species, pairwise comparison were used by the simple test t of Leaf Significant Difference (LSD).

3 RESULTATS

Table 2. List of fruit flies *Ceratitis* species in eastern recorded in Democratic Republic of Congo

N ^o	Species	Authorship	Rural village Muger- Mwanda (Katana) in Kabare (South Kivu)
1	<i>Ceratitis anonae</i>	(Graham), 1908	*
2	<i>Ceratitis capitata</i>	(Wiedemann), 1824	*
3	<i>Ceratitis cosyra</i>	(Walker), 1849	*
4	<i>Ceratitis fasciventris</i>	(Bezzi), 1920	*
5	<i>Ceratitis punctata</i>	(Wiedemann), 1824	*
6	<i>Ceratitis rosa</i>	(Karsch), 1887	*

Ceratitis anonae(Graham), *Ceratitis capitata* (Wiedemann), *Ceratitis cosyra* (Walker), *Ceratitis fasciventris* (Bezzi), *Ceratitis punctata*(Wiedemann) and *Ceratitis rosa* (Karsch) were caught during the experiment.

Table 3. Number of *Ceratitis* species captured during the entire experiment per lure/bait

Species	Lure/bait				
	Cuelure	Methyl eugenol	Trimedlure	Terpinyl acetate	Liquid protein bait
<i>Ceratitis anonae</i>	0	6	50	59	14
<i>Ceratitis capitata</i>	0	0	0	3	0
<i>Ceratitis cosyra</i>	3	0	17	120	5
<i>Ceratitis fasciventris</i>	18	103	630	680	67
<i>Ceratitis punctata</i>	0	2	0	0	0
<i>Ceratitis rosa</i>	0	0	0	2	0

The total number of *Ceratitis* individual caught during the experiment was 1779, concerning caught per lure/bait, we had a lot of caught with terpinyl acetate (864 individuals) then trimedlure (697 individuals), then again methyl eugenol (111 individuals), again liquid protein bait (86 individuals) and at the end cuelure (21 individuals) and concerning caught per *Ceratitis* individual *Ceratitis fasciventris* (1498 individuals), *Ceratitis cosyra* (145 individuals), *Ceratitis anonae* (129 individuals), *Ceratitis capitata* (3 individuals) and 2 individuals respectively for *Ceratitis rosa* and *Ceratitis punctata*.

Table 4. Number of *Ceratitis* species captured during the entire experiment, biweekly (till 07 January to 07 August 2014)

Weeks	<i>Ceratitis cosyra</i>	<i>Ceratitis fasciventris</i>	<i>Ceratitis anonae</i>	<i>Ceratitis capitata</i>	<i>Ceratitis punctata</i>	<i>Ceratitis rosa</i>
1	1	177	0	1	2	0
2	8	67	13	2	0	2
2	8	67	13	2	0	2
3	0	16	7	0	0	0
4	15	110	11	0	0	0
5	8	116	9	0	0	0
6	12	61	14	0	0	0
7	25	49	8	0	0	0
8	63	200	13	0	0	0
9	9	108	20	0	0	0
10	3	296	17	0	0	0
11	0	61	4	0	0	0
12	1	120	9	0	0	0
13	0	117	4	0	0	0
Mean	11	115	10	0	0	0

The mean number of *Ceratitis* species captured during the entire experiment, biweekly differed; *Ceratitis fasciventris* was dominant with 115 individuals then *Ceratitis cosyra* (11 individuals) and *Ceratitis anonae* (10 individuals). Anova, statistical analyse was represented in the table 4 a.

Table 4 a. ANOVA of number of *Ceratitis* species captured during the entire experiment.

Source of variance	d.f.	Sum of squares	Mean square	F	Signification	p(same)
Difference between number of <i>Ceratitis</i> species	5	145303	29060,6	32,3	***	1,08E-17
Difference within number of <i>Ceratitis</i> species	78	70174,8	899,677			
Total	83	215478				

Anova showed the more difference between the number of *Ceratitis* species fruit flies captured during the entire experiment, biweekly, i.e., the number of *Ceratitis* species caught differed per week then, the pairwise comparison of number of *Ceratitis* species (Table 4b).

Table 4 b. Pairwise comparison of number of *Ceratitis* species captured during the entire experiment

<i>Ceratitis</i> species	<i>Ceratitis cosyra</i>	<i>Ceratitis fasciventris</i>	<i>Ceratitis anonae</i>	<i>Ceratitis capitata</i>	<i>Ceratitis punctata</i>	<i>Ceratitis rosa</i>
<i>Ceratitis cosyra</i>		8,843	0,085	0,935	0,935	0,935
<i>Ceratitis fasciventris</i>			8,928	9,778	9,778	9,778
<i>Ceratitis anonae</i>				0,595	0,680	0,680
<i>Ceratitis capitata</i>					0,085	0,085
<i>Ceratitis punctata</i>						0
<i>Ceratitis rosa</i>						

The pairwise comparison showed *Ceratitis fasciventris* was the dominant *Ceratitis* species captured during the entire experiment, biweekly

4 DISCUSSION

We found six *Ceratitis* individual in our study: *Ceratitis anonae* (Graham), *Ceratitis capitata* (Wiedemann), *Ceratitis cosyra* (Walker), *Ceratitis fasciventris* (Bezzi), *Ceratitis punctata* (Wiedemann) and *Ceratitis rosa* (Karsch) were caught during the experiment and the total number of *Ceratitis* individual caught during the experiment was 1779. *Ceratitis* is endemic to subsaharan Africa, where all of its described species occur [13].

Concerning caught per lure/bait, we had a lot of caught with terpinyl acetate (864 individuals) then trimedlure (697 individuals), then again methyl eugenol (111 individuals), again liquid protein bait (86 individuals) and at the end cuelure (21 individuals). There is a full range of feeding strategies from monophagy to polyphagy [7] within *Ceratitis*. As with other important genera of fruit infesting tephritids, pest species tend to be polyphagous.

And, concerning caught per *Ceratitis* individual *Ceratitis fasciventris* (1498 individuals), *Ceratitis cosyra* (145 individuals), *Ceratitis anonae* (129 individuals), *Ceratitis capitata* (3 individuals) and 2 individuals respectively for *Ceratitis rosa* and *Ceratitis punctata*. In 2006, [13] in their study, showed that *C. fasciventris* had the most data for both native (n 20) and exotic (n 9) plant hosts. *C. fasciventris* also was distributed widely throughout the central Kenya highlands, collected at elevations of up to 2,220 m, but it was absent from the coast. *Ceratitis fasciventris* was the dominant *Ceratitis* species captured during the entire experiment, biweekly. *C. fasciventris* had the greatest diversity of hosts, both in terms of plant species and families [13].

5 CONCLUSION

This study shows that several of the pest *Ceratitis* species found in South Kivu region, such as *Ceratitis anonae*, *Ceratitis capitata*, *Ceratitis cosyra*, *Ceratitis fasciventris*, *Ceratitis punctata* and *Ceratitis rosa*, could potentially have an economic impact on local horticultural production. It is highly likely, in this region, *Ceratitis fasciventris* is a dominant pests of the genus *Ceratitis*. It is suggested that more detailed studies of the genus *Ceratitis* in South Kivu region, eastern Democratic Republic of Congo should be conducted in the future.

ACKNOWLEDGEMENTS

Many thanks to Muhiganya mapendo, Manegabe Bora, Mugaruka Mapendo and Miderho Bujiriri (Research Centre in Natural Sciences, CRSN-Lwiro) for their assistance in the field. We greatly acknowledge Dr Marc De Meyer of the Royal Museum for Central Africa for its aid for material and in identification of fruit flies caught.

REFERENCES

- [1] J.F. Vayssières, A. Sinzogan and A. Adandonon, The new invasive fruit fly species, *Bactrocera invadens* Drew Tsuruta and White. IITA-CIRAD Leaflet No. 2, 2008.
- [2] S. Ekesi, M.K. Billah, P.W. Nderitu, S. Lux and I. Rwomushana, Evidence for competitive displacement of *Ceratitis cosyra* by the Invasive fruit fly *Bactrocera invadens* (Diptera: Tephritidae) on mango and mechanisms contributing to the displacement. *Journal of Economic Entomology* 102(3):981- 991, 2009.
- [3] M.W. Mwatawala, M. De Meyer, R.H. Makundi and A.P. Maerere, Seasonality and host utilization of the invasive fruit fly, *Bactrocera invadens* (Diptera, Tephritidae) in central Tanzania. *Journal of Applied Entomology* 130, 530-537, 2006.
- [4] M. De Meyer, Phylogeny of genus *Ceratitis* (Dacinae: Ceratitidini), pp.409-428. In M. Aluja and A.L. Norrbom [eds], Fruit flies (Tephritidae): phylogeny and evolution of behavior. CRC, Boca Raton, FL, 2000 a.
- [5] M. De Meyer, Systematic revision of the subgenus *Ceratitis* MacLeay s.s. (Diptera : Tephritidae). *Zool ; J. Linn. Soc.* 128:439-467, 2000 b.
- [6] Autrique A. & Perreaux D., *Maladies et ravageurs des cultures de la région des grands lacs d'Afrique Centrale*, A.G.C.D., n° 24, I.S.A.Bu, Bujumbura, Burundi, pp. 232, 1989.
- [7] M. De Meyer, Distribution patterns and host-plant relationships within the genus *Ceratitis* (MacLeay) (Diptera : Tephritidae) in Africa. *Cimbebasia* 17:219-228, 2001.

- [8] M. De Meyer, R.S. Copeland, S. A. Lux, M. Mansell, S. Quilici, R. Wharton, I. M. White and N. Zenz , Annotated checklist of host plants for Afrotropical fruit flies (Diptera: Tephritidae) of the genus *Ceratitis*. *Doc. Zool. Mus. R. Afr. Cent. Tervuren* 27:1- 91, 2002
- [9] S.A. Lux, R.S. Copeland, I.M. White, A. Manrakan and M.K. Billah, A new invasive fruit fly species from the *Bactrocera dorsalis* (Hendel) group detected in East Africa. *Insect Sci. Appl.* 23:355-361, 2003.
- [10] P.F. Duyck and S. Quilici, Survival and development of different life stages of three *Ceratitis* spp. (Diptera: Tephritidae) reared at five constant temperatures. *Bull. Entomol. Res* 92:461-469, 2002.
- [11] Ekesi S. & Billah M. K., *A field Guide to the Management of Economically Important Tephritid Fruit Flies in Africa*, Second Edition, Icipe Science Press, Nairobi, Kenya, 2007.
- [12] I. M. White and M.-M. Elson-Harris, Fruit flies of economic significance: their identification and bionomics. London: C.A.B. International and Canberra; *Australian Centre for International Agricultural Research*, 1994.
- [13] S.R. Copeland, A.R. Wharton, Q. Luke, M. De Meyer, S. Lux, N. Zenz, P. Machera and M. Okumu, Geographic Distribution, Host Fruit, and Parasitoids of African Fruit Fly Pests *Ceratitis anonae*, *Ceratitis cosyra*, *Ceratitis fasciventris*, and *Ceratitis rosa* (Diptera: Tephritidae) in Kenya, *Ann. Entomol. Soc. Am.* 99(2): 261-278, 2006.

Role of food marketing in childhood obesity

Pooja Gupta and Christian Bach

Department of Technology Management,
University of Bridgeport,
Bridgeport, CT 06604, USA

Copyright © 2015 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: Childhood Obesity has come across as one of the rampant health concern in United States. The causes engendering to childhood obesity are multifactorial but food companies are often criticized. Particular attention has been focused on the aggressive food marketing stunts adopted to lure children. Comprehending these marketing strategies is of major importance in combating this problem. Employing a comprehensive literature review on marketing food to children and their impacts create the crux of this article. The tactics embraced by companies include advertisements through Television, Internet and Advergaming, In-school marketing; these strategies influence children's dietary consumption, eating preferences and purchase requests. A lot of emphasis needs to be given on self-regulations, policy implications and government intervention to demonstrate stealth advertising and promote healthy lifestyle amongst children. Although a large body of research advocates the direct connection between food advertising to children and obesity but nothing has been grounded so far.

KEYWORDS: Obesity, Television, In-school marketing, Internet, Advergaming, Policies and Self-Regulations.

1 INTRODUCTION

A remarkable rise of obesity in children in United States has emerged as a serious concern to the public and the policy makers. Children being the vulnerable crowd are primarily targeted by food companies as they lack cognitive ability and the experience to comprehend and process the marketing messages triggered by companies [1]. In attempting to analyze the possible reasons behind nurturing this beast such as genetic disorders, lot of energy intake and utilizing food with carbohydrates, medications for thyroid, diabetic treatments psychotropic medications, sedentary behavior due to technology and less physical activity [2]. A lot has been argued over marketing and advertising done by food companies.

This paper provide the baseline to examine some key methods employed and what regulations need to be applied to regulate obese pattern in children. While the food constitutes dominantly on what is marketed to children, food marketing involves multitudinous marketing messages including advertising by toys, character licensing, promotion through clothing, programs on television, movies, internet, video games and other consumer goods [3]. While television grabs the attention when advertising products to children, but several other marketing communications have been incorporated like product placement, brand licensing, sales ,coupons, promotion, in school marketing, internet online marketing [4].

Comprehending these marketing stunts is of major importance in combating this problem. A large body of research has been conducted to prove the interdependence between food marketing and childhood obesity but has been a challenging and ongoing work. Still this relationship is important to investigate and is dependent on what is being marketed to children [1]. The research conducted by National academics Panel by Congress to delve about the impact of advertising in encouraging obesity in children concluded that children's food preferences, requests and short term eating patterns are influenced by television food advertisements [5].



Fig. 1. Contributing factors of obesity in children

Fig. 1 shows the Contributing factors of childhood obesity.

1.1 RESEARCH METHOD

The main point of research was to establish the relation between food marketing and obesity in children and provide an assessment. Employing a comprehensive literature review on marketing food to children and their impacts create the crux of this article. Using the grounded theory, a framework was designed and evaluated. With new regulations coming into existence and advancements in digital technology, many studies suggest that there is a possibility of direct link between food marketing and childhood obesity. A new model was prepared to illuminate the innovations in marketing, their implications and policy regulations.

The research employed to create this paper was limited to the review and meta-analysis of literature found on the related subject. No empirical data was used to justify the findings. The research was specifically target to highlight the three methods of marketing.

2 FOOD MARKETING STRATEGIES

Out of all the factors, child targeted marketing has gained a lot of criticism due to its implication on children's overweight and obesity. Though not much has been researched and proved particularly in non-experimental settings about the interdependence between obesity and food marketing but we need to consider it as one of the furnishing factors which has been designed to lure the most vulnerable lot i.e. children influencing their short term and long term eating pattern, encouraging the sedentary behaviors. Maelstrom of strategies are designed and adopted by food companies to coax children. This study focuses on few of the tactics which influence preteens and children and also revisits the policy implications and regulations.

Food marketing plays a major role in affecting children's preferences, short and long-term dietary consumption, purchase requests and also the exposure to the advertisements affect the products choices [6]. The relationship between the two is not yet proven but it cannot be denied that food marketing does affect the weight of children leading them to obesity. The buying behavior, predilection for a product, short and long term dietary consumption are influenced by the food marketing tactics and the advertisements telecasted on television. The food preferences are influenced by publicizing practices including food availability, variety, value and convenience adaptation to the local environment, emerging fast food culture being and ultimately leading to overweight and obesity [7].

2.1 TELEVISION

Television viewing has often treated as a culprit of correlation between food marketing and childhood obesity. As in [8], author explains about the sedentary behavior in children is due to watching television which is a replacement to physical activity. Television viewing has been a contributor to mindless eating and advertisement of nutrient deficient and high calorie food induces food intake.

An experimental research was done to determine if the amount eaten of two familiar, palatable, high-density foods (pizza and macaroni and cheese) was increased during a 30-min meal when watching TV which proved stationary inactive behavior of children [9]. Viewing television has the correlation with in between snacking meal, consumption of advertised food, and influencing mothers for food purchases [10]. A growing body of research speculate that advertisements telecasted has great impact on eating habits of children as well adolescents. Promotion of unhealthy food is depicted to result in the positive outcome even when consuming nutrient poor and unhealthy food [11].

A cross-sectional study was done to evaluate the type of food, nutritional quality and marketing tactics and messages send to advertise on Saturday morning on children television program. From the study it was concluded that almost there were almost 281 food advertisements out of 572 total features telecasted. The study inferred that 49% of advertisements were for food out of 27.5 hours of total programming [12]. The research so far predicts that television is the main contributor in obesity but other factors need to be considered like exposure time, type of food promoted and advertisement telecasted time.

A preliminary study was accomplished to examine the lean, over weight and obese children's ability to process different food and non-food adverts. The study was repeated and the results were measured after both sessions. It was observed that obese and lean children respond similar to non-food adverts but there was a difference in response to food advertisement [13].

2.2 INTERNET AND ADVERTGAMING

Poor food choices lead to gain in weight and thus to obesity. When other food marketing tactics have been criticized for increasing obesity, a lot of weightage has been given to online marketing stunts. Food companies are dependent on various strategies to promote their products. Internet is an emerging tool to which has covered all the domains in today's world. Internet and online marketing has become a common tool to promote food products to children. Food companies target children by attractive ways to advertise their products on websites.

One of such method to advertise is "Advergaming" or "Advertainment". Advergaming was first conceived by Tony Giallourakis in January 2000. It can be defined as the interactive technique or games which engages advertisement of product as the part of game [14, 15]. The very first advergaming was distributed on computer floppy disks which was given free after a purchase. This kind of free distribution encourage the sales and purchase and also induced the brand recognition [16]. A systematic content analysis was done to analyze food and beverage brand websites and the marketing techniques involved on these websites. The results concluded that almost 63% of websites contained advergaming. More than half of the websites used cartoon characters (50%) or spokescharacters (55%) and a direct link to specially designed area for children (58%) was present on homepage [15].

Food companies endorse a branded environment through online media. These electronic advertisements or infomercials offer different entertainment, animation for children. These websites have games, puzzles, contests, quizzes and riddles music sweepstakes, commercial clips, screensavers that publicize products. Through these websites, children receive newsletter about the latest products and sales or promotions [17]. Internet and online marketing has become a common media to advertise food products to children. It has also been discussed that that youth are not escaped from such marketing strategies Food industry use lucrative styles on children's website like advergaming, online cartoon characters etc. on the homepage. Although the correlation between internet & advergaming and child obesity is not been proven yet but responsible marketing techniques and nutritional professionals need to promote healthy food items to children [15, 18]. As in [19], author described that for a food to fall under "health food" advergaming brands need to meet the health nutrition criteria for a product advertised and if some products were not healthy in a brand promoted then they needs to be classified as both "healthy as well as unhealthy food".

The research shows that childhood obesity has one of its pillars standing on internet thought not yet decided about this relation but it definitely influences sedentary behavior in children and impact their food preferences. The techniques need to be carefully analyzed and some restriction needs to be imposed on visiting these websites. . A policy analysis and review of online marketing practices is required from the end of public health officials, policy makers, consumer advocates and industry groups [20].

2.3 IN SCHOOL MARKETING

Use of public schools have been most prevalent by food companies to promote their products. By allowing food and soda companies to flood their products in schools are not only undermining their efforts to mentor students about healthy eating

but also are helping to increase childhood obesity [21] In school marketing has been a contributing strand in promoting unhealthy and nutrition deficient food and thus to overweight and obesity in children. Various type of advertising strategies had been incorporated to attract children but government needs to consider some regulations to enhance the healthy lunch meals and encourage dietary intake.

School is one of the probable markets for food advertisers to market their products and is linked to prevalent childhood obesity [22]. There have been research to prove the fact about the school food environment might have an impact on food choices on youth as well because 35-40% of youth's energy is consumed at schools [23]. Food and beverage promotion activities in school can be broadly classified into three categories 1) Direct Advertising 2) Indirect advertising and 3) Product Sales Marketing. Direct advertising uses brand name, logo on a sign or banner to attract children. Indirect advertising promote a food product using brand names with educational programs, corporate sponsorship, food-based reward or incentive programs, scholarships, and textbooks. Lastly product advertising involves promoting a product by fancy packaging labels [24].

Food teaching materials and contests in schools incorporates sponsors of food products and brands. The marketers distributes the products directly or advertise on book covers with a motive of providing school equipment in return of product labels and introduce the educational classroom materials with the help of nutrition professionals [25]. There has been efforts to improve the regulations regarding the marketing of food products in school. Promoting low standard and nutrition deficient and poor food have weakened the efforts of government which is moving ahead to improve the healthy and dietary intake of children [26].

We know that children and youth spend lot of time in schools and thus marketers are considering schools as their possible markets to advertise their food brands. Therefore, it requires lot of observation and investigation to formulate strategies to control the unhealthy food publicity and prevent childhood obesity.

2.4 REGULATIONS AND POLICIES

Child targeted marketing has become ubiquitous these days; such that it requires lot of investigation and redesigning to control obesity and overweight in children. The research has been done involving government regulations, self-regulations and parental awareness for food marketing techniques to control obesity in children.

Self-regulation gives freedom to food and soda companies working with huge budgets that they tend to challenge parental influence on children. The companies with the help of nutrition professionals and psychologists exploit children cognitive ability [27].

One of the remedy to control obesity is reducing the exposure of television advertisements promoting unhealthy food can be one of the possible remedies of childhood obesity. WHO has formulated set of regulations and recommendations for the member states to follow while creating the policies for promotion of food high in saturated fats, trans-fat, free sugars or salt being targeted to children [28]. Regulations regarding nutrition disclosure needs to be added in advertisements so that parents and children can discuss how much particular food needs to be consumed and under what situation while they are watching the television together [1].

Government intervention gets necessary in three situations –1) marketers do not provide full information about the food so government needs to declare or intervene that all market will provide all necessary nutrition information which consumers might need 2) People are bearing the rising cost of obesity beast, so government needs to design policies to lower cost to taxpayers 3) as children do not fall under category of rational customers (being vulnerable and lacking cognitive ability) which can identify and evaluate the future consequences so government needs to step up to formulate strategies to help children make healthy choices [29].

Some policies are designed for controlled internet marketing methods. There are three different type of safeguards help children to analyze about the web content. First is warning safeguard which warns children that the web content is not appropriate for them or mentions that this particular website will be available for certain age (e.g., age 13 and over to comply with COPPA guidelines) and after a particular age, these website require registration. Second is Threat safeguards which warns children about the registration been informed to parents, teachers and other authoritative figures. Last is a prohibitive Barrier safeguard which requires parental approval for access [30].

There has been increasing evidence food and beverage advertising impacting children food choices and intake; which requires several national governments and food and beverage industry to stop marketing to children and advertise only “better for you” products [31]. Food companies and government need to blend together to design a good system to battle

childhood obesity. In reality if no such regulation will be there, companies will take undue advantage of self-regulations as their power.

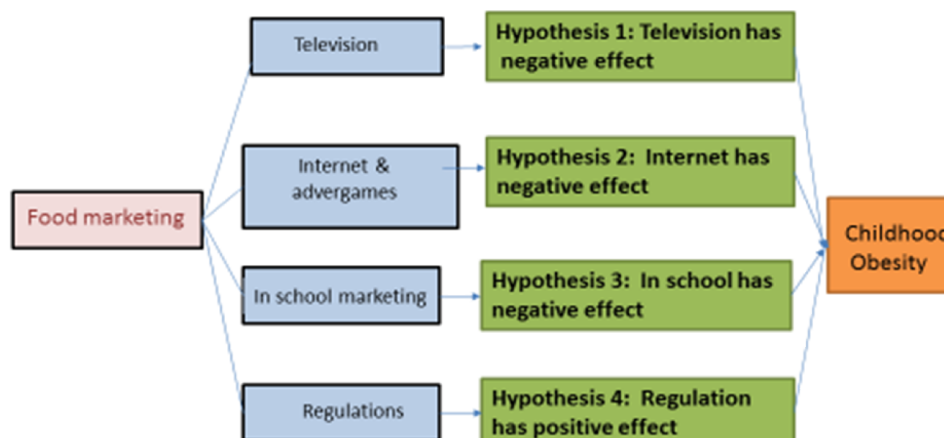


Fig. 2. Food marketing strategies and policy

Fig. 2 shows the positive and negative impact of different food marketing tactics on children and what role does regulations play in combating childhood obesity. Television and internet encourages sedentary behavior and marketing in school is done for nutrient deficient food and promotions through books, thus methods have negative impact on obesity so regulations need to be introduced to control these tactics.

3 CONCLUSION

The proliferation of childhood obesity has grabbed lot of attention of policy makers, parents and food companies as well. Amongst other factors contributing to obesity in children; role of food marketing is frequently talked about. Wide spread marketing of non- nutritious food and beverages on almost every media like television, internet and school expose children to unhealthy food.

In this article, I have tried to establish correlation between food marketing strategies and obesity. Nothing so far has been grounded to prove this relation; still more research is required to examine whether the advertising and marketing of food is really a causal factor in increasing weight and sedentary behavior in children. Epidemiological and experimental research including longitudinal framework is required to prove this interdependence. The research needs to be done to investigate all channels of marketing targeted to children including television, internet, advergaming and schools. Also, some study needs to be done to analyze the impact of advertising on children of different age group, ethnicity and origin. By examining international studies and drawing a comparative data can help to shed some light on the role food advertising plays in obesity.

Even though the relationship is not yet determined, but marketing strategies cannot be left unattended and thus policies need to be well thought to reassure that marketing of food is aimed to encourage children for healthy diet rather than nutrition deficient diet. Both companies and government need to design a system of regulations where children are well protected from the marketing stunts of food companies who just target children for their financial benefit. Healthy children and healthy youth ensures healthy and flourishing future of society and country.

REFERENCES

- [1] Seiders, K. and R.D. Petty, "Taming the obesity beast: children, marketing, and public policy considerations". *Journal of Public Policy & Marketing*, 2007. 26(2): p. 236-242.
- [2] Wright, S. and L. Aronne, "Causes of obesity. Abdominal Imaging", 2012. 37(5): p. 730-732.
- [3] Linn, S.E., "Food marketing to children in the context of a marketing maelstrom". *Journal of Public Health Policy*, 2004: p. 367-378.
- [4] Moore, E.S., "Children and the changing world of advertising". *Journal of business Ethics*, 2004. 52(2): p. 161-167.
- [5] Calvert, S.L., "Children as consumers: Advertising and marketing". *The future of children*, 2008. 18(1): p. 205-234.
- [6] Chernin, A., "The effects of food marketing on children's preferences: Testing the moderating roles of age and gender". *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science*, 2008. 615(1): p. 101-118.
- [7] Witkowski, T.H., "Food marketing and obesity in developing countries: analysis, ethics, and public policy". *Journal of Macromarketing*, 2007. 27(2): p. 126-137.
- [8] Boulos, R., et al., "ObesityTV: how television is influencing the obesity epidemic". *Physiology & behavior*, 2012. 107(1): p. 146-153.
- [9] Blass, E.M., et al., "on the road to obesity: Television viewing increases intake of high-density foods". *Physiology & behavior*, 2006. 88(4-5): p. 597-604.
- [10] Dietz Jr, W.H. and S.L. Gortmaker, "Do We Fatten Our Children at the Television Set? Obesity and Television Viewing in Children and Adolescents". *Pediatrics*, 1985. 75(5): p. 807.
- [11] Harris, J.L., "Priming obesity: Direct effects of television food advertising on eating behavior and food preferences" 2008: Yale University.
- [12] Batada, A., et al., "Nine out of 10 Food Advertisements Shown during Saturday Morning Children's Television Programming Are for Foods High in Fat, Sodium, or Added Sugars, or Low in Nutrients". *Journal of the American Dietetic Association*, 2008. 108(4): p. 673-678.
- [13] Halford, J.C., et al., "Effect of television advertisements for foods on food consumption in children". *Appetite*, 2004. 42(2): p. 221-225.
- [14] Culp, J., R.A. Bell, and D. Cassady, "Characteristics of Food Industry Web Sites and "Advergaming" Targeting Children". *Journal of nutrition education and behavior*, 2010. 42(3): p. 197-201.
- [15] Weber, K., M. Story, and L. Harnack, "Internet food marketing strategies aimed at children and adolescents: a content analysis of food and beverage brand web sites". *Journal of the American Dietetic Association*, 2006. 106(9): p. 1463-1466.
- [16] Jain, A., "Temptations in cyberspace: new battlefields in childhood obesity". *Health Affairs*, 2010. 29(3): p. 425-429.
- [17] Story, M. and S. French, "Food Advertising and Marketing Directed at Children and Adolescents in the US". *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 2004. 1: p. 3-3.
- [18] Henry, A.E. and M. Story, "Food and Beverage Brands That Market to Children and Adolescents on the Internet: A Content Analysis of Branded Web Sites". *Journal of nutrition education and behavior*, 2009. 41(5): p. 353-359.
- [19] Hye-Jin, P., et al., "Characteristics of food advergaming that reach children and the nutrient quality of the foods they advertise". *Internet Research*, 2014. 24(1): p. 63-81.
- [20] Moore, E.S. and V.J. Rideout, "The online marketing of food to children: is it just fun and games?" *Journal of Public Policy & Marketing*, 2007. 26(2): p. 202-220.
- [21] Graff, S.K., "First Amendment Implications of Restricting Food and Beverage Marketing in Schools". *Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 2008. 615(ArticleType: research-article / Issue Title: Overweight and Obesity in America's Children: Causes, Consequences, Solutions / Full publication date: Jan., 2008 / Copyright © 2008 American Academy of Political and Social Science): p. 158-177.
- [22] Kelly, C., et al., "Food marketing in Irish schools". *Health Education*, 2010. 110(5): p. 336-350.
- [23] French, S.A., et al., "Food Environment in Secondary Schools: À La Carte, Vending Machines, and Food Policies and Practices". *American Journal of Public Health*, 2003. 93(7): p. 1161-1168.
- [24] Polacsek, M., et al., "EXAMINING COMPLIANCE WITH A STATEWIDE LAW BANNING JUNK FOOD AND BEVERAGE MARKETING IN MAINE SCHOOLS". *Public Health Reports (1974-)*, 2012. 127(2): p. 216-223.
- [25] Levine, J., "Food Industry Marketing in Elementary Schools: Implications for School Health Professionals". *Journal of School Health*, 1999. 69(7): p. 290.
- [26] Nestle, M., "Soft Drink "Pouring Rights": Marketing Empty Calories to Children". *Public Health Reports*, 2000. 115(4): p. 308-319.
- [27] Linn, S. and C.L. Novosad, "Calories for sale: food marketing to children in the twenty-first century". *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science*, 2008. 615(1): p. 133-155.

- [28] Kelly, B., et al., "Monitoring food and non-alcoholic beverage promotions to children". *Obesity Reviews*, 2013. 14: p. 59-69.
- [29] Cawley, J.H., "Markets and childhood obesity". *The future of children*, 2006. 16(1): p. 69-88.
- [30] Miyazaki, A.D., A.J.S. Stanaland, and M.O. Lwin, "SELF-REGULATORY SAFEGUARDS AND THE ONLINE PRIVACY OF PRETEEN CHILDREN". *Journal of Advertising*, 2009. 38(4): p. 79-91.
- [31] Galbraith-Emami, S. and T. Lobstein, "The impact of initiatives to limit the advertising of food and beverage products to children: a systematic review". *Obesity Reviews*, 2013. 14(12): p. 960-974.

Appraisal on Extent of Availability of Documentary Sources of Information as Resources for Information Needs in Nigerian University Library

Stephen Adeyemi Bello¹, Mercy I. Omojola², and Roseline Funmilayo Ojo³

¹Department of Library and Information Science, Kogi State University, Anyigba, Nigeria

²Kogi State University Library, Anyigba, Nigeria

³Kogi State College of Education Technical, Kabba, Nigeria

Copyright © 2015 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: Learning, teaching, and research can be effectively achieved when there is very great extent of availability of documentary sources of information resources in the library of unified community. The purpose of this study is to know the extent of availability of documentary sources of information resources in Kogi State University Library, Anyigba, Nigeria. Descriptive survey design was adopted. The instruments of data collection are questionnaire and personal observation. The questionnaire consists of four (4) tables which are based on research questions. Twenty-four (24) copies of questionnaire were administered to the library staff that works in the university library understudy in their various offices. Data were analyzed by use of Likert response rate of 2.50 as criterion mean where ≥ 2.50 is significant (considerable response) and < 2.50 is not significant (inconsiderable response). It was discovered that out of 22 categories of itemized documentary sources of information resources Very Great Extent has 0 (0%); Great Extent has 2 (18.2%); Low Extent has 18 (81.8%). Among the identified challenges are poor budget allocation to the library; insufficient funds; poor donation of documentary sources of information resources to the library; lack of gift on documentary sources of information resources to the library; university management not respond to library needs; absence of standard policy on acquisition of documentary sources of information resources. Recommendations were proffered to ensured very great extent of availability of documentary sources of information resources in University Libraries.

KEYWORDS: Primary sources, Secondary sources, Tertiary sources, Information resources, University library, Kogi state, Nigeria.

1 INTRODUCTION

Information can be referred to as super index way to development. No man can adequately survive without information. Information is holistic product needed by every man kind for survivor regardless of their strata and condition. It helps people to move from state of unknown to the stage of great clarity and understanding. However, it is worth to note that information must be package based on their nature into different resources upon which they are consulted as sources of information. "Reference [1] categorized the users of information based on lines of needs. They are professionals or disciplines lines, institutional lines, geographical lines and special challenge people".

The professional or discipline lines, includes those in law, agriculture, medicine, political sciences, engineering, etc. Institutional lines includes universities, polytechnics, colleges of education and their faculties and departments, secondary and primary schools, etc while, those along geographical lines are users in a community, town, local government area, state or even in a geographical zones etc, and the last categories is those of disadvantaged in the sense that their access to information centers or libraries is restricted. They include the different physical handicapped such as deaf, the cripple, the

blind, and dumb, as well as those in prisons, hospitals, orphanage homes, etc. Though their needs also cut across other lines early discussed. This implies everyone needs information in all ramifications of life.

Hence, for professionals in institutional line, precisely in the University to be properly feed with their information needs, there must be enough availability of documentary sources of information in their university library. It is worthy to note that, the main duty of the university library is to make adequate information resources available that are necessary to fulfill university's mission. That is; learning, teaching and research. While, its objectives are provision of materials for undergraduate instruction, term paper and projects as well as materials for supplementary reading; provision of materials in support of graduate research; provision of materials in support of faculties, external and collaborative research; provision of expensive standard works especially in the professional disciplines; provision of materials for personal self-development; external relationships and interlibrary cooperation and stimulation of interest in the printed word [2]. It is further noted that, information resources can be inadequate in the library when there is absence of standard policy on acquisition, theft and mutilation, and misappropriate use of library funds [2]. However, it is imperative to note that university libraries should be seen as an integral part of the university in supporting the curriculum of the institution of which it established; because it is information nerve center of its parent organization serving as instrument for scholarship and research. Therefore, it is essential to have very great extent of information resources to be made available therein.

2 BRIEF LITERATURE REVIEW

To meet the information needs of seekers in the university environment, there must be a well equipped university library with documentary sources of information. This source of information can be consulted physically and directly when necessary by information seekers. It is very imperative to note that university library can acquire different kinds of information resources to enable them carry out their functions in meeting the information needs of their clientele. "Reference [3] noted that university library promote learning, teaching and research, and they also stocked different information resources to meet and satisfy the information needs of its users". Among these are reference materials, news papers and periodicals, journals, books, maps, manuscripts, newsletters, research and technical reports, government documents, theses and non-print materials. "Reference [4] itemized the following as example of documentary sources of information in university library- journals, news papers, magazines, research, monographs, reports, patents, standard, trade literature, dissertation/theses, unpublished sources, textbooks, indexes, bibliography, abstracts, reviews, treaties, reference books, translation, concordances, bibliography of bibliographies, directories and guides to literatures. With this one cannot but agreed that documentary sources of information are of different types and they are named based on their nature and arrangement of information therein. "Reference [5] noted that any university library that can made these sources of information available will able to provide the varieties of information needs to its clientele. On this regards, university library was noted as the most important organ in the institution that can make all information needs ready [6]. It's the academic health; intellectual vitality and effectiveness of any university depend largely upon the state of the health and excellence of its library [6]. That is; the extent of availability of information sources determined the information health state of the university and the information seekers. It is also noted that poor budget allocation to the library, poor donation, poor library funding can lead to insufficient availability of documentary sources of information resources in the library [6].

It is worthy to note that, every profession or discipline or subject areas have their literatures. The rate of information explosion in the world today has tremendous effects on each category of literatures. For instant, in sciences it is almost doubling itself between five to ten years. In social sciences, it is doubling at the rate of every eight to twelve years. Despite this everyone in academic institution depends on the literature in their fields for the satisfaction of their information needs. Therefore, the literature in their fields' forms sources of information in which documentary sources of information is one of the major categories. Hence, documentary sources of information can be categorized into primary, secondary and tertiary sources [4].

Primary sources of information are information or records of original research, new idea, invention, discoveries or developments in a field of knowledge. "Reference [7] noted that primary sources of information help information seekers to be well informed on new development in their subject areas; it keeps them update and also helps them avoid duplication of research work". With this one cannot but agreed that primary sources of information resources contain first hand and authentic information. Secondary sources of information are derivative literatures that are derived from primary literatures [8]. That is; they are formed from or they contain indirect or inexact account of information contained in the primary information resources. "Reference [8] emphasized on the importance of secondary source of information because authors of this source distort the primary literature with their point of view, interpretations, critique, analysis and prejudices -hereby resulted to great and strong opinion". Hence, there is no doubt that, secondary sources of information can help to have access to knowledge or information on a particular issues or needs. While, tertiary sources of information, contain

information collected from primary and secondary sources. The main function of tertiary sources of information is to aid the information searchers to use primary and secondary sources of information due to increase in literatures. "Reference [9] buttressed that tertiary source is becoming more important in this information age".

3 STATEMENT OF THE PROBLEM

Having very great extent of availability of documentary sources of information in the university library it's a great asset. It will not just help it parent organization to achieve their goals and objectives; but will enable the information seekers in the university community to acquire their precise information needs to the fullest. More to these, good availability of documentary sources of information in university library will stimulate the achievement and promotion of learning, teaching and research. On a contrary, failure to have adequate documentary sources of information in the university library will affect the academic standard health of the university while, the information seekers in the university community we remain desolate, forlorn, wretch to have access to their information needs. Despite all these, it is of great concern that no study seems to have been carried out on it in university libraries. This justifies the present study and problem the study put in question form is: what is the state of availability of documentary sources of information for information needs in institutional environment of Kogi state University Library, Anyigba, Nigeria?

4 OBJECTIVES OF THE STUDY

The following objectives will guide the study:

1. To know the extent of availability of primary sources of information resources in the university library understudy
2. To know the extent of availability of secondary sources of information resources in the university library understudy
3. To know the extent of availability of tertiary sources of information resources in the university library understudy
4. To identify the challenges associated with the availability of documentary sources of information in the resources university library understudy

5 SIGNIFICANCE OF THE STUDY

The findings of the study will be of important to a number of people such as: librarians, library management, university management, lecturers and students of library and information science. To librarians, it will help them to know the different types or categories of documentary sources of information that need to be available in the university library. To library and university management, the findings of the study will help them to know the documentary sources of information resources that are not available in their university library but need to be provided and challenges associated with the availability. To lecturers and students of library and information science, the study will serve as a reference point.

6 SCOPE OF THE STUDY

The study is limited to Kogi State University Library, Anyigba, Nigeria to determine the extent of availability of documentary sources of information resources for information needs. Hence, the study has its central focus among the staff that works in university library. It is worthy to note that Kogi State University Library was named after Dr. Aliu Obaje. It is located in Kogi State University campus, Anyigba. The University is a State owned in North Central of Nigeria. It was officially opened on April 2000. It is central operational library system, the building complex has a total floor space of 10,000 square meter with capacity to hold stock of not less than 500,000 volumes of information resources with 2,552 capacity for readers. The sections in the library are administration, acquisition, technical, serial/ news papers, reserve circulation, enquiries /complaint, visual resources/ electronic, and documentation [10].

7 IMPLICATIONS OF THE STUDY

University library is the most important organ in the institution [6]. It's of such, because; the information needs of the seekers in the university environment can be available there in. However, failure to make all the needed documentary information resources available to very great extent in the university library their role as facilitator (to learning, teaching and research) and information center to meet the information needs of information seekers as reflected in [3] and [5] will be

eroded. Thereby affect the standard of the university and render the information seekers desolate to obtain their information needs.

8 RESEARCH METHODOLOGY

Descriptive survey design was employed in this study. The instruments of data collection are questionnaire and personal interview. Twenty-four (24) copies of questionnaire were administered and collected from library staff that works in Kogi State University Library. The questionnaire consists of four (4) tables. Table 1 contains primary sources of information resources; Table 2, consists secondary sources of information resources; Table 3 contains tertiary sources of information resources; and Table 4 consist challenges likely to associate with availability of documentary sources of information resources. Data were analysis using Lekert mean response rate used to determine the extent of availability in Table 1-3 as well as challenges (Table 4). Hence, the acceptable mean is 2.50 and above; where ≥ 2.50 is significant (considerable response) and < 2.50 is not significant (inconsiderable response). Specifically, for each items in table 1- 4 real limit of numbers was used to determine the decision level as follows: Very Great Extent, Strongly Agree: 3.50 and above; Great Extent, Agree: 2.50 – 3.49; Low Extent, Disagree: 1.50 – 2.49; No Extent, Strongly Disagree: 0.00- 1.49. In the same vein, data generated from interview with library staff were used to buttress the discussion of the findings.

9 DATA ANALYSIS

9.1 AVAILABILITY OF PRIMARY SOURCES OF INFORMATION RESOURCES IN THE UNIVERSITY LIBRARY UNDERSTUDY

Table 1. Availability of Primary Sources of Information in the University Library Understudy

Primary sources of information resources	VGE	GE	LE	NE	X	Rk	Dec
Newspapers	6	18	-	-	3.25	1 st	GE
Journals	6	15	3	-	3.00	2 nd	GE
Magazines	-	21	3	-	2.75	3 rd	GE
Dissertation/ Theses	-	8	16	-	2.33	4 th	LE
Reports	-	3	18	3	2.00	5 th	LE
Standards	-	4	15	5	1.96	6 th	LE
Trade Literature	-	3	16	5	1.92	7 th	LE
Research monographs	-	-	18	6	1.78	8 th	LE
Patents	-	-	15	9	1.63	9 th	LE
Unpublished sources e.g laboratory notebook, memoranda, diaries, records of interview, lecture notes	-	-	5	19	1.21	10 th	LE

Source: Field Survey

Key: VGE- Very Great Extent; GE- Great Extent; LE- Low Extent; NE- No Extent, X- Mean; Rk- Rank; Dec- Decision

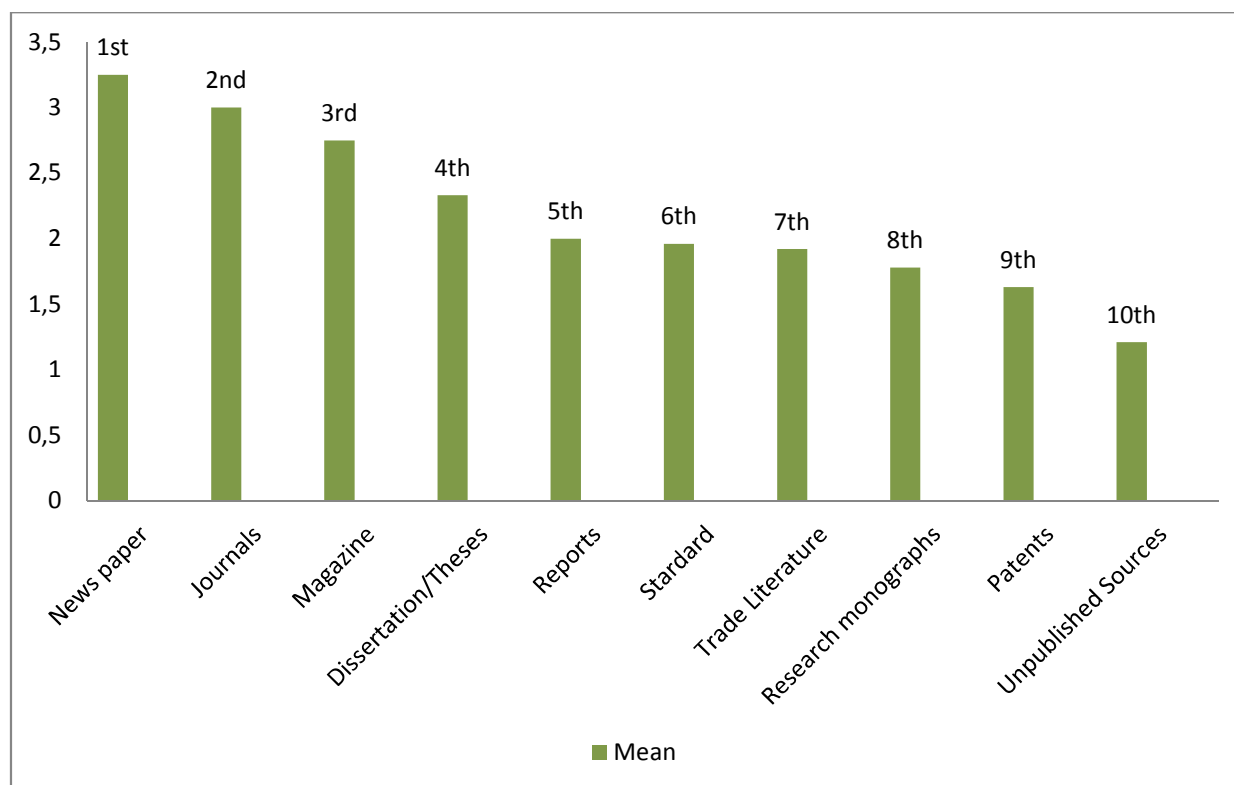


Fig. 1: Bar Chart Showing the Mean Ranking of Availability of Primary Sources of Information resources in the University Library Understudy

From table 1 “New papers” has mean weight of 3.25; “Journals” has mean weight of 3.00; “Magazine” has mean weight of 2.75. These are above 2.50 as the criterion mean, hence they’re considered agreed. “Dissertation/ these” has mean weight of 2.33; “Report” has mean weight of 2.00; “Standard” has mean weight of 1.96; “Trade literature” has mean weight of 1.92; “Research Monograph” has mean weight of 1.75; “patent” has mean weight of 1.63; and “Unpublished sources” has mean weight of 1.21. These are less than 2.50 as the criterion mean. Therefore, they are considered disagreed on availability.

9.2 AVAILABILITY OF SECONDARY SOURCES OF INFORMATION RESOURCES IN THE UNIVERSITY LIBRARY UNDERSTUDY

Table 2. Availability of Secondary Sources of Information Resources in the University Library Understudy

Secondary Sources of Information Resources	VGE	GE	LE	NE	X	RK	Dec
Textbooks	5	17	2	-	3.13	1 st	GE
Reference books	3	15	6	-	2.63	2 nd	LE
Bibliography	-	3	21	-	2.13	3 rd	LE
Treatises	3	3	11	6	2.13	3 rd	LE
Indexes	-	3	19	2	2.08	4 th	LE
Reviews	-	2	22	-	2.08	4 th	LE
Abstracts	-	1	23	-	2.04	5 th	LE
Translation	-	2	17	5	1.87	6 th	LE
Concordances	-	3	9	12	1.63	7 th	LE

Source: Field Survey

Key: VGE- Very Great Extent; GE- Great Extent; LE- Low Extent; NE- No Extent; X- Mean; Rk- Rank; Dec- Decision

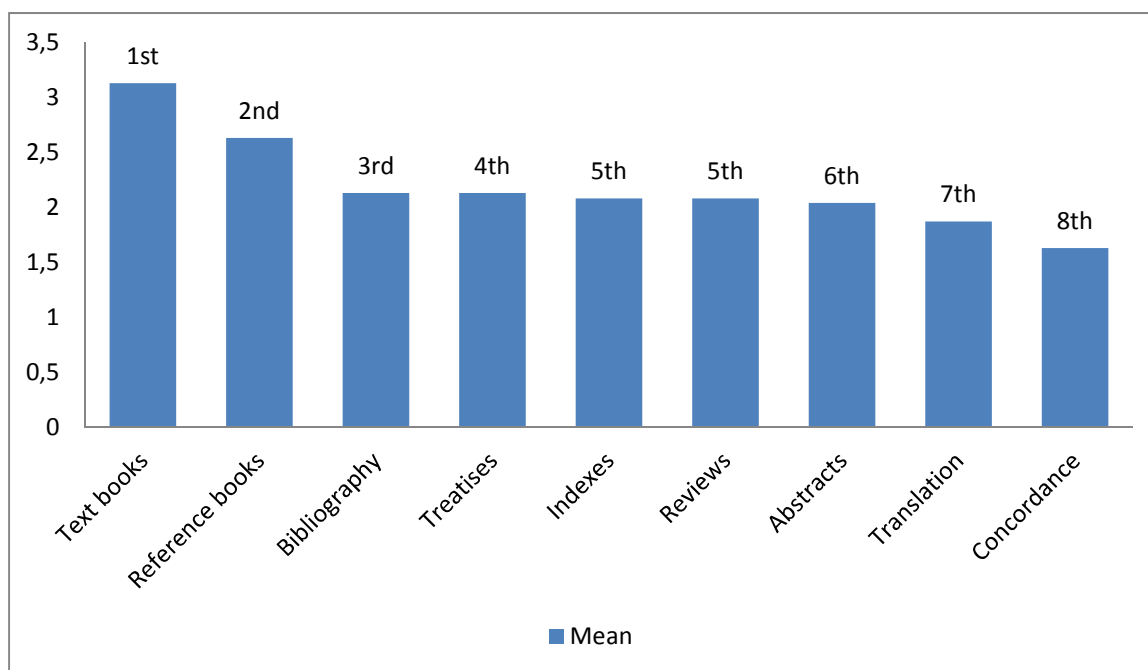


Fig. 2: Bar Chart Showing the Mean Ranking of Availability of Secondary Sources of Information Resources in the University Library Understudy

From table 2 “Text books” has mean weight of 3.13; “Reference books” has mean weight of 2.63. These are considered agreed on availability; because their mean weights are above 2.50 as the criterion mean. “Bibliography and Treaties” has equal mean weight of 2.13; “Review and Indexes” has equal mean weights of 2.08; “Abstracts” has mean weight of 2.04; “Translation” has mean weight of 1.88; and “Concordance” has mean weight of 1.63. These are less than 2.50 as the criterion mean. Hence, they are considered disagreed on availability.

9.3 AVAILABILITY OF TERTIARY SOURCES OF INFORMATION RESOURCES IN THE UNIVERSITY LIBRARY UNDERSTUDY

Table 3. Availability of Tertiary Sources of Information Resources in the University Library Understudy

Tertiary Sources of Information Resources	VGE	GE	LE	NE	X	RK	Dec
Directories	-	6	18	-	2.25	1 st	LE
Bibliography of bibliographies	-	3	18	3	2.00	2 nd	LE
Guides to Literatures	-	-	21	3	1.88	3 rd	LE

Source: Field Survey

Key: VGE- Very Great Extent; GE- Great Extent; LE- Low Extent; NE- No Extent; X- Mean; Rk- Rank; Dec- Decision

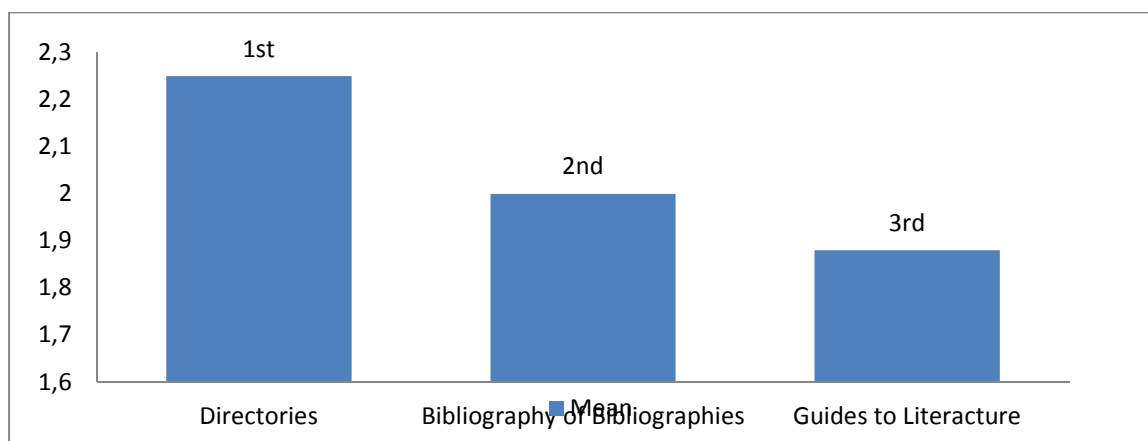


Fig. 3: Bar Chart Showing the Mean Ranking of Availability of Tertiary Sources of Information in the University Library Understudy

From table 3 “Directories” has mean weight of 2.25; “Bibliography of Bibliographies” has mean weight of 2.00; while, “Guides to literature” has mean weight of 1.88. All are less than 2.50 as the criterion mean. Therefore they are considered disagreed on availability.

9.4 CHALLENGES WITH AVAILABILITY OF DOCUMENTARY SOURCES OF INFORMATION RESOURCES IN THE UNIVERSITY LIBRARY UNDERSTUDY

Table 4. Challenges of Availability of Documentary Sources of Information in the University Library Understudy

Challenges	SA	A	D	SD	X	Rk	Dec
Poor budget allocation to the library	21	-	3	-	3.75	1 st	SA
Inadequate funds	6	18	-	-	3.25	2 nd	A
Poor donation of documentary sources of information resources to the library	3	18	3	-	3.00	3rd	A
Lack of gift of documentary sources of information resources to the library	6	14	-	4	2.91	4th	A
University management not respond to library needs	4	13	3	3	2.78	5th	A
Absence of standard policy on acquisition of documentary sources of information resources	3	12	9	1	2.75	6th	A
Theft and mutilation of documentary sources of information resources	-	17	5	2	2.63	7 th	A
Misappropriate use of library funds	-	16	5	3	2.54	8 th	A
Information seekers do not request for documentary sources of information resources	-	3	21	-	2.13	9th	D

Source: Field Survey

Key: SA- Strongly Agree; A- Agree; D- Disagree; SD- Strongly Disagree; X- Mean; Rk- Rank; Dec- Decision

From table 4, “Poor budget allocation to the library” has mean weight of 3.75; “Insufficient funds” has mean weight of 3.25; “Poor donation of documentary sources of information resources to the library” has mean weight of 3.00; “Lack of gift of documentary sources of information resources to the library” has mean weight of 2.91; “University management not respond to library needs” has mean weight of 2.78; “Absence of standard policy on acquisition of documentary sources of information resources” has mean weight of 2.75; “Theft and mutilation of documentary sources of information resources” has mean weight of 2.63; “Misappropriate use of library funds” has mean weight of 2.54. All the items has above 2.50 as the criterion mean. Hence, they are considered agreed as the challenges except, “Information seekers do not request for documentary sources of information resources” which has mean weight of 2.13. This is less than 2.50 as the criterion mean, so, is not considered challenge.

10 DISCUSSIONS OF THE FINDINGS

Documentary sources of information resources which comprise primary, secondary and tertiary are essentials tools in university library for effective learning, teaching and research. The findings from the study revealed that, the university library understudy didn't have very great extent of documentary sources of information resources. Instead four (4) categories of information resources has great extent while, the rest 18 categories of information resources are of low extent. Despite the importance [2], [7], [9] among others allotted to primary, secondary and tertiary information resources respectively. The bane that lead to not have very great extent of information resources are in agreement with [6] which are poor budget allocation to the library; poor donation; poor library funding can lead to insufficient availability of documentary sources of information resources to the library. Also in agreement with [2] which are absence of standard policy on acquisition; theft and mutilation; and misuse of library funds. Above all the recommendations proffered will help to solve the challenges if adherent to, while, enable university library to have very great extent of availability of documentary sources of information resources.

11 SUMMARY OF MAJOR FINDINGS

From analysis of data based on research questions the following results were gathered.

1. On primary sources of information resources: It was discovered that, the university library understudy has Great Extent (GE) of new papers, journals, and magazine. Others information resources are available on Low Extent (LE) such as dissertation/theses, reports, standard, research monograph, and patent. While, unpublished sources is available on No Extent (NE).
2. On secondary sources of information resources: It is only text books that are available in Great Extent (GE). Others are available in Low Extent (LE) such as reference books, bibliography, treaties, indexes, reviews, reports, translation, and concordances.
3. On tertiary sources of information resources: all the itemized information resources are available on Low Extent (LE). These are directories, bibliography of bibliographies, and guides to literatures.
4. The research revealed the bane to availability of documentary sources of information resources as poor budget allocation to the library, insufficient funds, poor donation of documentary sources of information resources to the library, lack of gift of documentary sources of information resources to the library, university management not respond to library needs, absence of standard policy on acquisition of documentary sources of information resources, theft and mutilation of documentary sources of information resources, and misappropriate use of library funds.

12 CONCLUSION

Documentary sources of information resources are highly needed in university libraries. These categories of information resources cut across all the discipline made or offer in the university. Their information content can be access manually or physically without the use electronic devices. The very great extent of its availability will enhance high level of learning, teaching and research in the university. However, the information gathered from data analyses, it was discovered that, on primary sources of information resources only news paper; journals and magazine were available on Great Extent (GE). On secondary sources of information resources only text books appear on Great Extent (GE), while no Great Extent on tertiary sources of information resources.

It is clearly understand that, there are no documentary sources of information resources that are available on Very Great Extent but they are more in Low Extent. Findings also reveal that, there are a lot of challenges associated with not having very great extent of documentary information resources in the university library. Hence, recommendations are proffered.

13 RECOMMENDATIONS

To ensure, availability of documentary sources of information resources to a very great extent the following recommendations are proffered:

1. There should be good budget allocation to the library. This will help the library management to purchase documentary sources of information needed at the time of need.
2. There should be critical monitoring of library funds. Budgeting and auditing should be practice. These will help to avoid mismanagement of funds.
3. Both local and foreign Non-Governmental Organizations (NGO) that can donate documentary sources of information resources to the library should be contacted.
4. Government, philanthropists, and other library friends both within and outside the Kogi State should be contacted. These will enhance high donation of documentary sources of information resources to the library.
5. There should be good security measure in the library. Such as at the exit, good lighting, installation of electronic security camera, burglarized the windows. These will help to check and control theft and mutilations in the library.
6. The university management should be re-orientating on the importance of university library in support of learning, teaching and research. This will help to ensure good budgetary to the library.
7. The university community should be re-orientating on the importance of university library in providing information needs.
8. There should be good standard policy on acquisition of information resources in the university library.

REFERENCES

- [1] M. G. Ochogwn, "Educating Library and Information Science Professionals to Bring Library Services to All". *Global Review of Library and Information Science*, vol. 6, pp. 1-7, 2010.
- [2] S. E. Ifidon, *Essentials of African University Library Management*. Lagos: The National Library Press Ltd.1999.
- [3] J. M. Reitz, J.M. *Dictionary for Library and Information Science*. Libraries Unlimited, Westport, 2004.
- [4] R. I. Echezona, C.I. Ugwu, & S. C. Ukwoma, Sources of Information. In: *Omekwu, C. O, Okoye, M. O & Ezeani, C. N (eds). Introduction to the use of the Library and Study Skills* Nsukka: Liberty Printing & Publishing Co. pp 73-85, 2009.
- [5] L. O. Ania, *Library and Information Science Text for Africa*. Ibadan, Third World Information Services Ltd., 2004.
- [6] B. A. Fabunmi, B.A. *Planning the University Libraries for Effective Customer Services in Nigeria*. In: *Technology for Information Management and Services: Modern Libraries and Information Centers in Developing Countries* (ed) Madu E.C. Ibadan: Evi-Coleman Publications, 2004.
- [7] B. E. Edoka, *Introduction to Librarianship*. Nigeria: FAP Publishers, 2000.
- [8] A. J.C. Mole, and L. C. Dim, "Public Libraries' Information Services as Veritable Tools for National Transformation in Nigeria". *International Journal of Educational Research*, vol. 11 no. 1, pp. 173-199, 2010.
- [9] E. Ikegbune, E. *The Use of the Library and University Students, Nigeria*: FIJAC Academic Press, 1997.
- [10] B. F. Abalaka, "Assessment of Crime and Security of Library Resources. Case Study of Dr. Aliyu Obaje Library Kogi State University, Anyigba". *Kogi Journal of Management*. vol. 4, no.1, pp. 129-139, 2011.

Antioxidant activity of *Citrus aurantium* L. var. *amara* Peel from western of Morocco, identification of volatile compounds of its essential oil by GC-MS and a preliminary study of their antibacterial activity

Fatima Zahra ESSADIK¹, Sara HAIDA¹, Abderahim KRIBI¹, Abdelaziz Ramadane KRIBI¹, Khadija OUNINE², and Amar HABSAOUI¹

¹Department of Chemistry, Faculty of Sciences, University Ibn Tofail, Box 133, 14000, Kenitra, Morocco

²Department of Biology, Faculty of Sciences, University Ibn Tofail, Box 133, 14000, Kenitra, Morocco

Copyright © 2015 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 essential oil isolated from western Moroccan *Citrus aurantium* L. var. *amara* peel, by hydrodistillation, is analyzed by Gas Chromatography-mass spectrometry (GC-MS). Fifteen compounds representing 99.86% of total oil are identified. The predominant components in the essential oil are limonene (90.90%), linalool (2.52%), myrcene (1.51%) and β -pinene (1.41%).

Being both dietary and biologically active compounds, flavonoids have attracted much attention of investigations as potent species capable of affecting various biological processes in living organisms. The total flavonoids contents of aqueous and methanolic extracts of bitter orange's peel were found to be 1.43 and 14.82 mg Equivalent Quercetin/g respectively.

Furthermore, the antioxidant activity of aqueous and methanolic extracts of bitter orange's peel is measured using free radical scavenging method with DPPH[•]. In addition, a preliminary study of the antibacterial activity of extracts of bitter orange's peel is tested against three bacterial stains: *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa*.

KEYWORDS: Bitter orange, DPPH[•], flavonoids, hydrodistillation, free radical scavenging.

1 INTRODUCTION

Damage to cells caused by free radicals is believed to play a central role in the aging process and in disease progression. Antioxidants are our first line to defense against radical damage, so the need for them becomes more critical with increased exposure to free radicals. Pollution, cigarette smoke, drugs, illness, stress and even exercise can increase free radical exposure. Therefore, antioxidants have been widely used as food additives to provide protection against oxidative degradation of foods [1]. Isolation and characterization of natural antioxidant having less or no side effects for use in foods or medicinal materials in order to replace synthetic antioxidants has become essential [2].

Citrus aurantium L. (commonly known as sour or bitter orange) has long been used in food industry as an ingredient of liqueurs and marmalades, and its extracts have also been employed in traditional Chinese medicine to activate vital energy and circulation, eliminate phlegm, and disperse stagnation [3]. In this context, several epidemiological studies have associated the consumption of phenolic compounds, and more specifically flavonoids, with lower risks of different types of cancer [4] and cardiovascular diseases [5].

Moreover, bitter orange has a complex chemical makeup, though it is perhaps most known for the volatile oil in the peel. The familiar oily residue that appears after peeling citrus fruit, including *Citrus aurantium* L., is the essential oil. It gives bitter orange its strong odor and flavor, and accounts for many of its medicinal effects [6].

Besides, infectious diseases cause a large proportion of the health problems in developing countries. Currently, research continues on new safe and effective antibacterial agents obtained from plants as an alternative from of healthcare, and the

development of bacterial resistance to currently available antibiotics had led researchers to investigate the antibacterial activity of such plants [7].

The aim of this study is the characterization of the essential oil from the peel of *Citrus aurantium* L. trees growing in the west of Morocco and to investigate the antioxidant and antibacterial activities of its extracts.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 PLANT MATERIAL

Citrus aurantium L. var. *amara* is a plant that belongs to the family Rutaceae, it is rich in vitamin C, flavonoids and essential oil. In traditional Chinese medicine, the peel of the immature fruit is used for indigestion, abdominal pain, constipation and dysenteric diarrhea [6]. Bitter orange used in this work is harvested at March 2014 in Kenitra, western of Morocco.

2.2 ESSENTIAL OIL EXTRACTION BY HYDRODISTILLATION

Fresh peel of *Citrus aurantium* L. is washed and subjected to hydrodistillation using a Clevenger-type apparatus for 3 hours to extract essential oil. The essential oil is separated from the aqueous layer with a simple difference in density and stored in sealed vials at low temperature (4° C) until GC-MS analysis.

2.3 IDENTIFICATION OF THE ESSENTIAL OIL COMPOUNDS BY GC-MS

GC Analysis is carried out using a Perkin Elmer chromatogram equipped with an electron impact (EI) ion source and an Rxi-5ms fused silica capillary column (30m x 0.25mm i.d. x 0.25µm). Oven temperature is performed as follows: 60° C for 5min and goes up to 300° C at 2° C/min, then the temperature is kept 10 min at 300° C. Injector temperature 230° C. Helium is the carrier gas set as a constant flow rate of 1 mL/min. Mass spectra are obtained using a clarus SQ8C spectrometer. The relative percentage of the oil constituents was expressed as percentages by peak area normalization.

Most volatile compounds extracted are identified by comparing the retention times (RT) and comparing the obtained mass spectra of the analytes with those of authentic standards from the NIST libraries.

2.4 PREPARATION OF EXTRACTS

The peel (albedo and flavedo) of *Citrus aurantium* L. is air-dried at room temperature in the shade for 20 days. After drying, the peel is crushed and stored in a tightly closed glass bottle. 20 grams of powder is macerated in 250 mL of methanol for 24 hours under magnetic stirring. The mixture is filtered; the filtrate obtained is extracted with petroleum ether to remove the non-polar part, then the methanol is evaporated to give the methanol extract, while the residue is macerated in distilled water, under the same condition we obtain the aqueous extract.

2.5 PHYTOCHEMICAL TESTS

Aqueous and methanolic extracts so obtained are subjected to preliminary phytochemical screening of secondary metabolites such as tannins, saponins and flavonoids as follows.

2.5.1 TANNINS

To 1 mL of each extract (aqueous and methanolic) is added in 1 mL of distilled water in a test tube. 2 to 3 drops of diluted ferric chloride solution is added and observed for green to blue-green (catechic tannins) or a blue-black (gallic tannins) coloration [8].

2.5.2 SAPONINS

To 1 mL of aqueous and methanolic extract is added few volume of distilled water in a test tube. The solution was shaken vigorously and observed for a stable persistent froth for 20 minutes [9].

2.5.3 FLAVONOIDS

To 5 mL of each extract (aqueous and methanolic) is added 1 mL of concentrated HCl followed by 0.5 mL of magnesium turnings are added. The solution is observed for the appearance of magenta red or pink color after 3 minutes [10].

2.6 QUANTITATIVE ESTIMATION OF TOTAL FLAVONOIDS

The colorimetric method used for the estimation of flavonoids is that of ZHISHEN et al. [11] with slight changes in total volume of reagents used. 1 mL of the extract (aqueous and methanolic) is mixed with 3 mL of distilled water and 0.3 mL of 5% sodium nitrite and well mixed. After 5 min of incubation, 0.2 mL of 10% aluminium chloride solution is added. Then, after 30 min of incubation in darkness at ambient temperature, 5 mL of sodium hydroxide is added to the mixture. The absorbance was measured at 510 nm with UV-vis spectrophotometer. Total content of flavonoids are calculated from a quercetin (0.05 – 0.5 mg/mL) standard curve and expressed as milligrams quercetin equivalents gram of sample.

2.7 ANTIOXIDANT ACTIVITY

Antioxidant activity of *Citrus aurantium L.* extracts against stable 2,2-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH[•]) is determined by the slightly modified method of SANCHEZ-MORENO [12]. 0.1 mL of the extract (aqueous and methanolic) is mixed at different concentrations with 2 mL of DPPH[•] sample (0.03 mg/mL) and then incubated in the dark for 30 min. The absorbance is measured at 517 nm. Ascorbic acid is used as standard. The antiradical activity (three replicates per treatment) is expressed as IC₅₀ (concentration required to cause 50% DPPH[•] inhibition: mg/mL). The total antioxidant activity (%TAA) is expressed as the percentage inhibition of DPPH[•] radical and determined with the following equation:

$$\%TAA = \frac{Abs\ control - Abs\ sample}{Abs\ control} \times 100$$

Where %TAA is antioxidant activity and Abs is absorbance.

2.8 PRELIMINARY ANTIBACTERIAL ACTIVITY

Agar well diffusion assay is carried out to determine the preliminary antibacterial activity of *Citrus aurantium L.* peel extracts (aqueous, methanolic and the essential oil). One Gram positive bacteria *Staphylococcus aureus*, isolated from laboratory, and two Gram negative bacteria *Pseudomonas aeruginosa* MC1, isolated from the ground water of M'nasra Kenitra (Morocco) by direct plating onto cetrinide agar medium [13], and *Escherichia coli*, isolated from the discharges of abattoirs and domestic wastewater of Kenitra (Morocco) [14], are screened for their susceptibility to bitter orange's peel extracts. In brief, bacterial strains are inoculated into Mueller Hinton nutrient agar and incubated at 37 °C for 18 hours to obtain a fast exponential growth phase culture. Sterile Petri plates are spreader out using a sterile rake. The inoculation is carried out so as to obtain an antibacterial count of about 1 × 10⁸ CFU/mL (Colony-Forming Units/milliliter). The impregnated disks extracts were carefully layered on the surface of the inoculated agar. Similarly, antibiograms made with disks containing antibiotics (Norfloxacin 5 µg, Erythromycin 15 UI, Fusidic acid 10 µg, Tetracycline 30 UI, Sodium cefotaxime 30 µg, Amoxicilline 25 µg and Gentamicine 10 µg) are used for comparison with the results of the tested extract. Petri plates are then incubated at 37 °C for 18 to 24 hours in upright position. Antibacterial activity was evaluated by measuring the zones of inhibition against the tested bacteria.

2.9 STATISTICAL ANALYSIS

The experimental results are expressed as mean ± standard deviation (SD) of three replicates.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 YIELD OF ESSENTIAL OIL

A clear yellow volatile oil with a fresh sweet odor is obtained with a yield equal to 0.3%. This works with the results cited in a recent study of sour orange in Tunisia which was obtained with a yield between 0.12 and 0.46% depending on maturity [15].

3.2 CHEMICAL ANALYSIS OF THE ESSENTIAL OIL

GC-MS chromatogram of essential oil is shown in Fig. 1 and its chemical composition is shown in Table 1. The total number of compounds identified in the volatile oil from fresh peel is fifteen representing 99.86% of the total oil. It is mainly consisted of monoterpene hydrocarbons with limonene (90.90%), myrcene (1.51%) and β -pinene (1.41%) as the major components. The oxygenated monoterpenes hydrocarbons with contribution of 2.52, 0.88, 0.24, 0.17 and 0.10% constituted the second major portion of the essential oil from fresh peel with limonene, α -terpineol, nerolidol D, terpin 4-ol and cis-linalool oxide respectively. Sesquiterpene hydrocarbons contributed 0.25 and 0.11% with germacrene D as the major component. Terpene esters and sesquiterpene ketones are present at levels of 0.51 and 0.41% respectively with linalyl acetate, geranyl acetate and nootkatone.

Previous compositional studies regarding the peel oil constituents of bitter orange showed similar results proving that limonene was the major volatile compound. Twenty-seven compounds were identified in the Tunisian *Citrus aurantium* peel essential oil which was dominated by monoterpenes hydrocarbons (93.49%) and limonene was the major constituent (90.25%) followed by α -terpinene (1.10%) [16]. Another study indicated that the volatile oil of bitter orange's peel is made essentially from monoterpenes hydrocarbons which constitute the main class during ripening varying from 71.21 to 94.61% and reaching a maximum at full maturity, then oxygenated monoterpenes were the second class. The volatile composition showed the predominance of limonene which level varied from 67.90 to 90.95% during ripening, with the highest value reached at the maturity stage [15]. Indeed, the essential oil of sour orange from Corsica is almost consisted of hydrocarbons with limonene as major component [17].

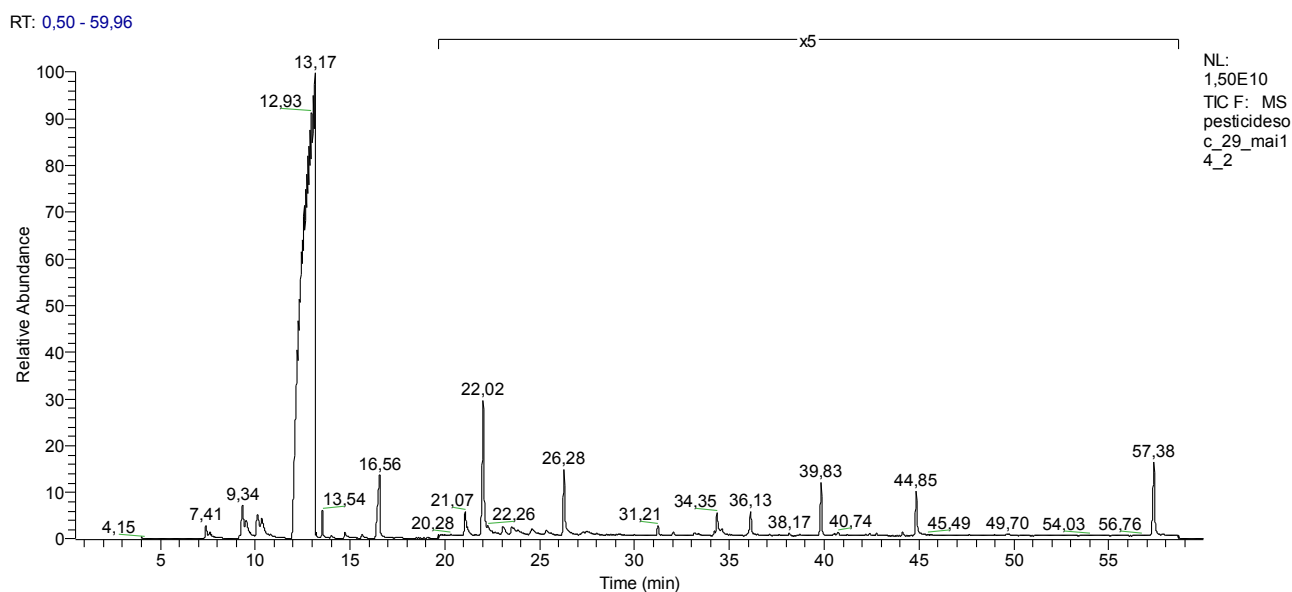


Fig. 1. Chromatogram profile of *Citrus aurantium* L. peel

Table 1. Essential oil composition of *Citrus aurantium* peel analyzed by GC-MS.

Volatile compounds	Retention Time (min)	%
α -pinene	7.41	0.43
β -pinene	9.34	1.41
Myrcene	10.11	1.51
Limonene	13.17	90.90
β -ocimene	13.54	0.42
cis-linalool oxide	14.72	0.10
Linalool	16.56	2.52
Terpinen 4-ol	21.07	0.17
α -terpineol	22.02	0.88
Linalyl acetate	26.28	0.39
Geranyl acetate	34.35	0.12
β -Caryophyllene	36.13	0.11
Germacrene D	39.83	0.25
Nerolidol D	44.85	0.24
Nootkatone	57.38	0.41

3.3 PHYTOCHEMICAL SCREENING

Phytochemical investigation of aqueous and methanolic extracts of bitter orange's peel revealed the presence of flavonoids (red color) and the absence of tannins and saponins.

3.4 FLAVONOIDS CONTENTS

Flavonoids are a prominent group of secondary metabolites in citrus fruits that may possess biological activity and have beneficial effects on human health as antimicrobial, anti-inflammatory, anti-diabetic, anti-cholesterolemic, antioxidant and anti-cancer agents [18, 19, 20]. They are reported to possess strong free radical scavenging activities based on their ability to act as hydrogen or electron donors and chelate transition metals [21]. Total flavonoids contents of extracts are expressed as milligram quercetin (a flavonoid present in the natural environment) equivalents gram of sample using the following equation based on the calibration curve: $Y = 1.584x - 0.007$, $R^2 = 0.999$, where Y is the absorbance and x is the quercetin equivalent (Fig. 2).

The correlation coefficient is to 1 which shows a good linearity of points.

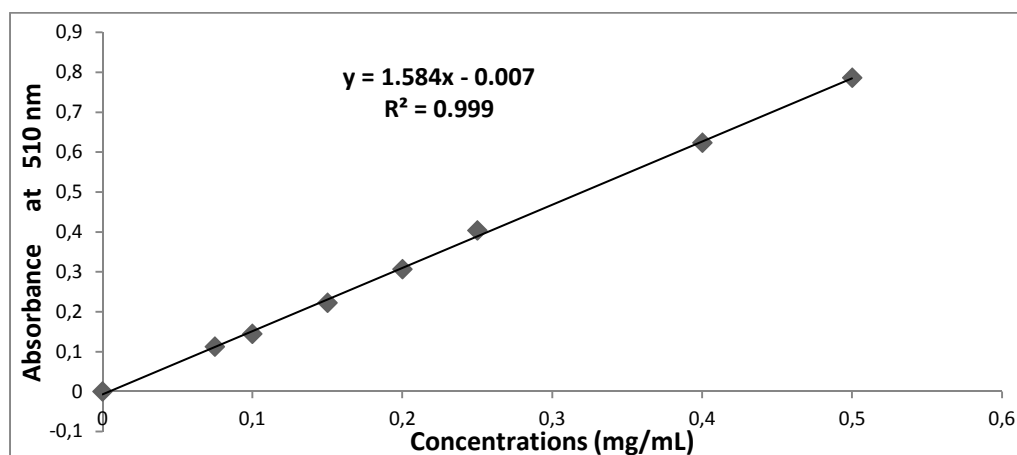


Fig.2. Calibration curve of quercetin

The concentration of flavonoids in *Citrus aurantium* L. peel is showed in Table 2. Methanolic extract is rich of flavonoids than aqueous extract, this is normal because, according to the procedure of extraction protocol used, methanol allowed us to extract the majority of polar compounds soluble in this solvent, the remaining compounds are extracted by distilled water.

Table 2. Concentrations of flavonoids in aqueous and methanolic extracts expressed in terms of quercetin equivalent (mg of EQ/ g of sample).

Extract	mg of EQ/ g of extract
Aqueous	1.43±0,20 ¹
Methanolic	14.82±0.41

¹ Each value is the average of three analyses ± standard of deviation.

3.5 ANTIOXIDANT ACTIVITY

The antioxidant activity of aqueous and methanolic extracts of *Citrus aurantium* L. is determined using a methanol solution of DPPH[•] reagent. DPPH[•] is a very stable free radical, unlike in vitro generated free radicals such as the hydroxyl radical and superoxide anion, DPPH[•] has the advantage of being unaffected by certain side reactions, such as metal ion chelation and enzyme inhibition. A freshly prepared DPPH[•] solution exhibits a deep purple color which generally fades when antioxidant molecules quench DPPH[•] free radicals (i.e. by providing hydrogen atoms or by electron donation, conceivably via a free-radical attack on the DPPH[•] molecule) and convert them into a colorless-bleached product (i.e. 2,2-diphenyl-1-hydrazine, or a substituted analogous hydrazine), resulting in a decrease in absorbance at 517 nm band [22]. The results are summarized in Table 3.

Table 3. Results of DPPH[•] scavenging activity.

Samples	Equation	R ² values	IC ₅₀ values (mg/mL)
Ascorbic acid	y = 501,130x + 1,627	0,992	0,097
Aqueous extract	y = 11,183x + 0,353	0,997	4,439
Methanolic extract	y = 23,634x - 1,827	0,996	2,193

Although it is small, we revealed antioxidant activity compared to ascorbic acid, which is a powerful antioxidant (4.4% for the methanol extract and 2.2% for the aqueous extract of methanol residue). This activity is two times greater for the methanol extract with respect to the aqueous portion from the methanolic residue; this confirms our hypothesis that the extraction of methanol had isolated most flavonoids.

3.6 PRELIMINARY ANTIBACTERIAL ACTIVITY

The antibacterial activity of *Citrus aurantium* L. peel extracts is carried out by the diffusion method on Mueller Hinton agar. Results are shown in Tables 4 and 5. Among the seven antibiotics tested, *Escherichia coli* is sensitive against Gentamicine, *Staphylococcus aureus* is sensitive against Fusidic acid and Norfloxacin, whereas *Pseudomonas aeruginosa* is resistant against all tested antibiotics.

Regarding the extracts, 5 µL of essential oil showed a greater effect than Gentamicine, Amoxicilline and Sodium cefotaxime against *Staphylococcus aureus*, it showed a stronger effect than Sodium cefotaxime against *Peusomonas aeruginosa*. This essential oil has a better effect than all tested antibiotics except Gentaminice against *Escherichia coli*. The methanolic extract has no effect against *Peusomonas aeruginosa*, but has a larger effect than Gentamicine, Amoxicilline and Sodium cefotaxime against *Staphylococcus aureus*, and had a significant effect against *Escherichia coli* than the other antibiotics (except Gentamicine). The aqueous extract has showed no effect against the three strains.

The two Gram negative strains are resistant against the essential oil of *Citrus aurantium* L. from Serbia with 9 mm and 0 mm of diameters respectively, while *Staphylococcus aureus* is sensitive at 14 mm [23]. In a recent study, the methanolic extract of bitter orange from India showed different results from ours, diameters of inhibition against *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus* are 18 mm, 21 mm and 19 mm respectively which are significant [24].

Table 4. Antibacterial activity of tested antibiotics

Tested antibiotic	Load disk	Zone of inhibition (mm)			Critical diameters (mm)		Critical concentrations (µg/mL)
		<i>Escherichia coli</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	Sensible	Resistant	
Gentamicine	10 µg	23	16	8	≥ 15	< 15	6
Amoxicilline	25 µg	NZ	NZ	8	≥ 18	< 18	8
Sodium cefotaxime	30 µg	NZ	8	8	≥ 15	< 15	10
Fusidic acid	10 µg	NZ	NZ	32	≥ 11	< 11	20
Norfloraxine	5 µg	NZ	NZ	26,5	≥ 19	< 19	5
Erythromycine	15 UI	NZ	NZ	NZ	≥ 15	< 15	4
Tetracycline	30 UI	NZ	NZ	NZ	≥ 23	< 23	2

NZ: No zone.

Table 5. Antibacterial activity of *Citrus aurantium L.* peel extracts against *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus*

	Load disks	Zone of inhibition (mm)		
		<i>Escherichia coli</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
Essential oil	5 µL	9,5	9	9
Methanolic extract	5 µL	10	NZ	11

NZ: No zone.

4 CONCLUSION

In conclusion, our study indicated that Moroccan *Citrus aurantium L.* essential oil's peel is a potential natural source of monoterpenes such as limonene, linalool, myrcene and β-pinene. In addition, as a result of the scavenging and antibacterial effects, it is expected that citrus extracts and the related flavor components may contribute to the prevention of oxidation as antioxidants and free radical scavengers, and the inhibition of some bacteria which have harmful effects on human health. This research may be of interest from a functional point of view and for the valorization of *Citrus aurantium L.* in Morocco and the wider Mediterranean region.

We wanted to explore the part of citrus peel, but pulp is a reservoir of vitamins and polyphenols with beneficial health effects. In next study, we will look at other parts of the plant to assess their biological proprieties (antioxidant and antibacterial) highlighting the synergy phenomenon.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors are grateful to CAPM (Centre Anti Poison et Pharmacovigilance du Maroc) for the CG-MS analysis of the essential oil.

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this paper.

REFERENCES

- [1]: A. Kumaran and R. Joel Karunakaran, "Antioxidant and free radical scavenging activity of an aqueous extract of *Coleus aromaticus*", Food Chemistry, vol. 97, no. 1, pp. 109-114, 2006.
- [2]: C.K. Ramesh, K.L. Raghu and K.S. Jamuna, "Govinden Soulange Joyce and Ranghoo-Sanmukhiya Vijayanti Mala and Vijay Avin BR. Comparative evaluation of antioxidant property in methanol extracts of some common vegetables of India", Annals of Biological Research, vol. 2, no. 2, pp. 86-94, 2011.

- [3]: M. Ou, "Chinese–English manual of common-used in traditional Chinese medicine", Hong Kong: Joint Publishing Co., pp. 348-349, 1989.
- [4]: S. N. Nichenametla, T. G. Taruscio, D. L. Barney and J.H. Exon, "A review of the effects and mechanism of polyphenolics in cancer", *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 46(2), pp. 161-183, 2006.
- [5]: P.M. Kris-Etherton, K.D. Hecker, A. Bonanome, S.M. Coval, A.E. Binkoski, K.F. Hilpert *et al.*, "Bioactive compounds in foods: Their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer", *American Journal of Medicine*, vol. 113, pp. 71-88, 2002.
- [6]: Jyotsna A. Saonere Suryawanshi, "An overview of *Citrus aurantium* used in treatment of various diseases", *African Journal of Plant Science*, vol. 5(7), pp. 390-395, 2011.
- [7]: H.G. Preuss, B. Echard, M. Enig *et al.*, "Minimum inhibitory concentrations of herbal essential oils and monolaurin for Gram-positive and Gram-negative bacteria", *Mol Cell Biochem*, vol. 272, pp. 29-34, 2005.
- [8]: G.E. Trease and W.C. Evans, "Pharmacognosy", 13th edition Bailliere Tindal, London, pp. 278-279, 1989.
- [9]: J.B. Harbone, "Phytochemical Methods: A Guide to Modern Technique of Plant Analysis", 2nd ed. Chapman and Hall: New York, NY, 1973.
- [10]: J. Parekh and S. V. Chanda, "In vitro antimicrobial activity and phytochemical analysis of some Indian medicinal plants", *Turkish Journal of Biology*, vol. 31, no. 1, pp. 53-58, 2007.
- [11]: J. Zhishen, T. Mengcheng and W. Jiaming, "The determination of flavonoids contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals", *Food Chemistry*, vol. (64), pp. 555-559, 1999.
- [12]: C. Sanchez-Moreno, "Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in food and biological systems", *J. Food science and Technology international*, vol. 3, pp. 121-137, 2002.
- [13]: S. Bricha, K. Ounine, S. Oulkheir, N. E. El Haloui and B. Attarassi, "Heat resistance of *Pseudomonas aeruginosa* in preparations at the base of cucumber, tomato and lettuce as affected by pH and sodium chloride", *World Journal of Biological Research*, vol. 3 issue 1, 8 pages, 2010.
- [14]: S. Oulkheir, K. Ounine, N.E. Elhaloui and B. Attarassi, "Survie d'*Escherichia coli* des conditions acides", *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, vol. 145, pp. 41-52, 2006.
- [15]: S. Bourgou, F. Z. Rahali, I. Ourghemmi, and M. Saïdani Tounsi, "Changes of Peel Essential Oil Composition of Four Tunisian Citrus during Fruit Maturation", *The Scientific World Journal*, vol. 2012, 10 pages, 2012.
- [16]: I. Jabri karoui and B. Marzouk, "Characterization of Bioactive Compounds in Tunisian Bitter Orange (*Citrus aurantium* L.) Peel and Juice and Determination of Their Antioxidant Activities", *Bio Med Research International*, vol. 2013, 12 pages, 2013.
- [17]: M.L. Lota, D. De Rocca Serra, C. Jacquemond, F. Tomi and J. Casanova, "Chemical variability of peel and leaf essential oils of sour orange", *Flavour and Fragrance Journal*, vol. 16, pp. 89–96, 2001.
- [18]: J. Vanamala, L. Reddivari, K.S. Yoo, *et al.*, "Variation in the content of bioactive flavonoid in different brand of orange and greape fruit", *J. Food Comp. Anal.* vol. 19, pp. 157-166, 2006.
- [19]: Y.S. Huang, S.C. Ho, "Polymethoxy flavones are responsible for the anti-inflammatory activity of citrus fruit peel", *J. Food Chem.*, vol. 119, pp. 868-873, 2010.
- [20]: A.D. Chanet, C. Milenkovic, A. Manach, *et al.*, "Citrus flavanones: whatis their role in cardiovascular protection?", *J. Agric. Food Chem.* Vol. 60, pp. 8809–8822, 2010.
- [21]: K. Le, F. Chiu, K. Ng, *et al.*, "Identification and quantification of antioxidants in *Fructus lycii*", *J. Food Chem.*, vol. 105, pp. 353-363, 2007.
- [22]: R. AMAROWICZ, B.R. PEGG, P. RAHIMI-MOGHADDAM, B. BAR and J.A. WEIL, "Free-radical scavenging capacity and antioxidant activity of selected plant species from the Canadian prairies", *Food Chem.*, vol. 84, pp. 551-562, 2003.
- [23]: M. Sokovic, J. Glamoclija, P.D. Marin, D. Brkic and L.J.L.D. Van Griensven, "Antibacterial Effects of the Essential Oils of Commonly Consumed Medicinal Herbs Using an In Vitro Model", *Molecules*, vol. 15, pp. 7533-7546, 2010.
- [24]: P.M. Tumane, V.G. Meshram and D.D. Wasnik, "Comparative study of antibacterial activity of peel extracts of *Citrus aurantium* L. (bitter orange) and *Citrus medica* L. (lemon) against clinical isolates from wound infection", *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, vol. 5(1), pp. 382-387, 2014.

Influence d'une usine hydrométallurgique en activité sur la qualité des eaux du canal Naviundu: Cas de l'usine Chemical of Africa (CHEMAF) Lubumbashi/Katanga, RD. Congo

[Influence of a hydrometallurgical plant in active on the water quality of the Naviundu channel: Case of the Chemical Plant of Africa (CHEMAF) Lubumbashi / Katanga, DR. Congo]

S. Kashimbo Kalala¹, B. Mongoli Mwangi¹, P. Kazadi Kanyama², and M. Mpundu Mubemba¹

¹Département de Phytotechnie, Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Lubumbashi, BP 1825, R.D. Congo

²Département de Biochimie, Faculté de Médecine Vétérinaire, Université de Lubumbashi (2012), B.P 1825, R.D. Congo

Copyright © 2015 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: Analysis of physicochemical parameters (T°, pH, EC, ORP) and ETM along the Naviundu channel on the water and the sediment was made to establish a diagnosis of the state of surface water of the river downstream of the plant hydrometallurgical Chemical of Africa (CHEMAF). Thus, samples were taken from nine stations in the rainy season. In view of the physico-chemical parameters measured on water samples, it is easy to conclude that it is of poor quality and can be of no use without prior treatment.

Laboratory results on water samples show extremely high values for Cu, Co and U 9903, respectively, 29,758 and 0,016 mg/L at the exit of effluent CHEMAF factory, station 1. The Pb and Cd were also high levels exceeding the WHO standard in all stations although they decrease with increasing distance from the CHEMAF factory. The iron in the sediment comes from the soil geochemical background and presents correlations with ETM especially in remote stations of the plant while Cu and Co have a higher content of the guidelines of the sediment quality.

The presence of high concentrations of Cu, Co, U, Cd and Pb in water and sediment at the first station (SW1) adequately demonstrates that the effluent from the metallurgical activities CHEMAF plant does not undergo treatment before to be discharged into the river Naviundu whose self-purifying capacity is limited.

KEYWORDS: Contamination, Surface water, effluent, CHEMAF, physicochemical parameters, ETM.

RESUME: L'analyse des paramètres physico-chimiques (T°, pH, C.E, ORP) et d'ETM le long du canal Naviundu sur l'eau et le sédiment a été faite pour établir un diagnostic de l'état des eaux de surface de cette rivière située en aval de l'usine hydrométallurgique Chemical of Africa (CHEMAF). Ainsi, des prélèvements ont été effectués dans neuf stations en saison des pluies. Au regard des paramètres physico-chimiques mesurés sur les échantillons d'eau, il est aisé de conclure que celle-ci est de mauvaise qualité et ne peut faire l'objet d'aucun usage sans traitement préalable.

Les résultats de laboratoire sur les échantillons d'eau montrent des valeurs extrêmement élevées pour le Cu, le Co et l'U respectivement 29.758, 29.758 et 0.016 mg/L à la sortie des effluents de l'usine CHEMAF, à la station 1. Le Pb et le Cd ont des teneurs élevées dépassant aussi la norme de l'OMS, dans toutes les stations bien qu'ils diminuent à mesure qu'on s'éloigne de l'usine CHEMAF. Le fer présent dans le sédiment provient du fond pédogéochimique et présente des corrélations avec les ETM surtout dans les stations éloignées de l'usine tandis que le Cu et le Co présentent une teneur supérieure aux directives de la qualité des sédiments. La présence des teneurs élevées en Cu, Co, U, Cd et Pb dans l'eau et le sédiment à la première

station (SW1) démontre à suffisance que les effluents issus des activités métallurgiques de l'usine CHEMAF ne subissent pas de traitement avant d'être déversés dans le canal Naviundu dont la capacité auto-épuratrice est limitée.

MOTS-CLEFS: Contamination, Eaux de surface, Effluent, CHEMAF, Paramètres physico-chimiques, ETM.

1 INTRODUCTION

Dans la province du Katanga, les rivières et les sédiments sont sous une sérieuse menace de dégradation résultant des décharges régulières des effluents riches en polluants, provenant des usines de traitement, d'enrichissement et de production des cathodes de cuivre[1]. L'exploitation minière par les entreprises ainsi que celle artisanale, les procédés métallurgiques à différents stades sont à l'origine de la pollution de l'air, des eaux de surface et des sédiments par suite des émanations des gaz d'usine, des poussières augmentées par l'activité d'exploitation mais également des rejets accidentels ou volontaires des effluents liquides chargées en substances dangereuses dans les cours d'eau [2]. Le procédé hydrométallurgique consiste à dissoudre les minéraux de cuivre et de cobalt dans de l'acide sulfurique dilué, à débarrasser mécaniquement de sa gangue, la solution de sulfate ainsi obtenue pour soumettre la solution la plus pure possible à l'électrolyse [3]. Les résidus minéraux ainsi que les effluents liquides qui en découlent sont rejetés dans l'environnement (rivières) [4]. Ils sont soit des stériles, soit des solutions de stériles, ou des boues et scories. Les scories et stériles sont généralement entreposés en tas sur le site industriel, ou valorisées comme remblais et les effluents relâchés dans la nature souvent sans aucun traitement préalable. Du dioxyde de soufre est également émis [5] et donne lieu à la production d'acide sulfurique, à l'origine des pluies acides.

Le canal Naviundu souffre d'un problème de pollution par les éléments traces métalliques, sous l'effet de la pression de l'usine CHEMAF, pratiquant l'hydrométallurgie du cuivre qui génère des volumes importants d'effluents liquides et de boues. Ces effluents, en général acides, sont souvent toxiques car ils peuvent renfermer des éléments tels que l'arsenic, le plomb, le cadmium, le chrome [6]. Ces effluents non traités au regard des résultats obtenus sur la concentration d'ETM dans les eaux de surface et le sédiment au point de sortie (SW1 et SD 1) sont déversés dans le canal Naviundu. Ceux-ci sont responsables des déséquilibres éco-systémiques observés actuellement le long de celle-ci et sont à l'origine des pathologies respiratoires, dermatologiques observées sur la population du quartier Tshamilemba et représentent la principale source de contamination par des métaux toxiques pour les milieux aquatiques, y compris l'eau et le sédiment [7]. A cette première cause, on ajoute la croissance démographique accompagnée d'une urbanisation rapide qui provoque de nombreuses perturbations pour les milieux naturels [8], l'utilisation non rationnelle des engrais et pesticides, le passage intense des véhicules et le manque de sensibilisation de la population envers la protection de l'environnement, conduisent autant à un déséquilibre de l'écosystème et génèrent des éléments polluants qui peuvent affecter la qualité physico-chimique et biologique des milieux aquatiques récepteurs [9], mais aussi altérer les usages de l'eau (captage de l'eau, baignade, etc.)[10].

L'objectif principal de cette présente étude consiste à étudier l'impact des activités de traitement, d'enrichissement et de production de cuivre et d'acide sulfurique de l'usine Chemical of Africa (CHEMAF) en activité sur la qualité des eaux de surface du canal Naviundu. Un diagnostic plus complet de la situation actuelle de la pollution de l'eau et de sédiments et un suivi rigoureux de son évolution sur le canal Naviundu ont été mis en place pour comprendre les mécanismes de dissipation des ETM dans l'eau. Des échantillons d'eau et de sédiments ont été récoltés sur le terrain, au quartier Tshamilemba le long du canal CHEMAF (SW1, SW2, SW3) et Naviundu (SW4, SW5, SW6, SW7, SW8, SW9) et ont fait l'objet d'analyse chimique au laboratoire pour connaître leurs niveaux de concentration dans le but d'en déduire les conséquences liées à leurs fortes teneurs afin d'envisager ensemble avec l'entreprise des pistes des solutions durables pour une gestion durable de cette ressource naturelle difficilement renouvelable.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODE

2.1 DESCRIPTION DU SITE D'ÉTUDE

Cette étude a été menée en République Démocratique du Congo, dans la province du Katanga réputée comme celle où les activités d'exploitation minière, de traitement métallurgique et d'enrichissement des minerais affectent pratiquement l'environnement dans toutes ses facettes dans la province du Katanga. Le quartier Tshamilemba est situé non loin du centre ville de Lubumbashi, dans la commune annexe, de la chefferie Kaponda le long du canal Naviundu. Le canal Naviundu est l'un des affluents de la rivière Kafubu, son importance vient du fait qu'elle traverse la ville de Lubumbashi. Malheureusement, son

trajet présente différents biefs caractérisés l'un par l'entrée des eaux usées (effluents industriels) déversées par l'usine Chemical of Africa (CHEMAF) dans sa première partie (les cinq premiers points) et l'autre par des eaux usées domestiques rejetées par la population vivant le long de celle-ci. Le site d'étude est situé à 1257 m d'altitude, à 11°39'00.67" de Latitude Sud et à 27° 29'57.72" de Longitude Est. Du point de vue climat régional, Lubumbashi et ses environs sont caractérisés par une température moyenne annuelle de 20°C. Le régime pluviométrique est caractérisé par une saison des pluies (Novembre à Mars), une saison sèche (Mai à Septembre) et deux mois de transition (Octobre et Avril). Pour la période de 1985 à 2005, la moyenne générale des précipitations annuelles a été de 1100.1mm/an [11].

Neufs points s'étalant de l'amont en aval du canal Naviundu ont été retenus afin de vérifier la qualité des eaux de surface par la mesure des paramètres physico-chimiques ainsi que par l'analyse de la concentration des éléments traces métalliques étant donné que la source probable de pollution est connue. Les points de prélèvement des échantillons d'eau et des sédiments sont repris sur l'image Google Earth ci-dessous (Figure 1).

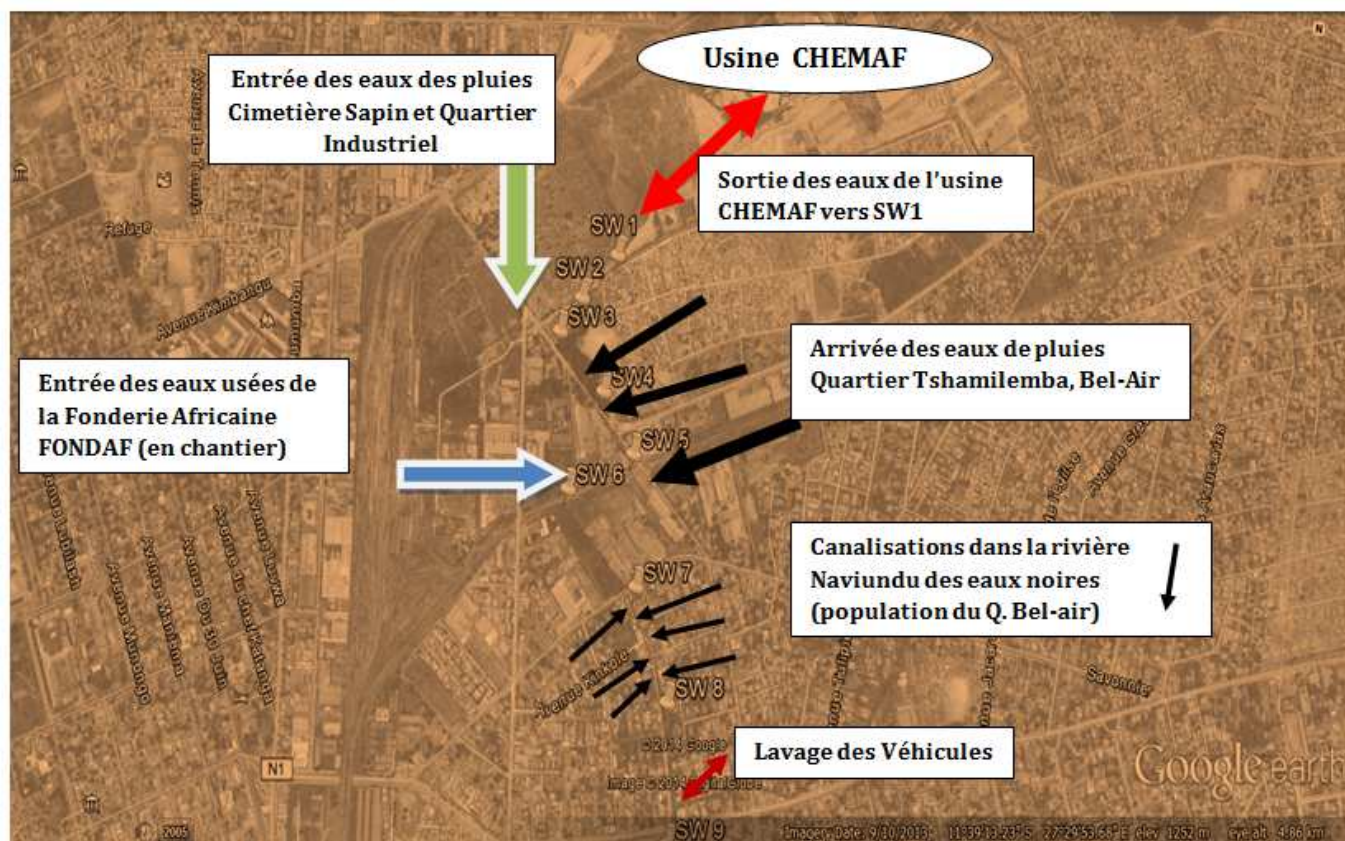


Fig. 1. Localisation de la zone étudiée et des points de collecte (SW1 à SW9)

2.2 METHODOLOGIE DE TERRAIN POUR PRELEVER LES ECHANTILLONS D'EAUX ET DES SEDIMENTS

Le choix des neuf points de collecte des échantillons d'eau et de sédiments a été basé sur la possibilité de comparer les résultats de cette étude avec ceux des autres réalisées dans la même zone, sachant que les conditions hydrodynamiques sont globalement comparables d'un point à l'autre. Un transect de 8 Km a été établi le long du canal Naviundu, partant de la sortie des eaux de l'usine CHEMAF (premier point) jusqu'au pont jeté sur la chaussée de Kasenga (dernier point). Ce transect de 8Km est reparti en deux biefs le long du canal Naviundu, le premier constitué de cinq points, part de la sortie des eaux de l'usine CHEMAF jusqu'au cinquième point caractérisé par le brassage des eaux de CHEMAF avec celles des pluies, et celles venues des travaux ménagers de la population de Tshamilemba et Bel-air. Le deuxième part du sixième point caractérisé par l'entrée dans la rivière des eaux venues des travaux de construction effectuée au sein de la FONDAF jusqu'au dernier point. L'on note au cours du deuxième bief, la présence des maisons de fortune construites le long du canal Naviundu, sans collecte des eaux résiduelles, l'on constate également des décharges des déchets d'ordures ménagères à côté de celle-ci. Ces deux situations constituent une source supplémentaire susceptible d'apporter des lixiviats dans ce cours d'eau. Les points de collectes sont espacés de 300 à 400 m le long de ce transect, entre la sortie des eaux de l'usine et son passage au neuvième

point avant d'atteindre le lit de la rivière Kafubu. Le tableau ci-dessous reprend la première campagne d'échantillonnage de l'eau et des sédiments (**Tableau 1**).

Tableau 1: Coordonnées des points de collecte des échantillons d'eaux et des sédiments.

Identification	Coordonnées géographiques Latitude Longitude	Végétation autour du point de prélèvement	Caractéristiques autour au point de prélèvement	Activité autour du point de prélèvement
SW001 SD001	11°39'.01.7" 27°29'.44.9" Altitude : 1246m	<i>Tithonia diversifolia</i> <i>Bidens pilosa</i> <i>Cynodon dactylon</i> <i>Panicum maximum</i> <i>Setaria palidifusca</i> <i>Celosia trigyna</i>	Sortie des eaux de l'usine CHEMAF, présence des fenestrations laissées au pied du mur vers le canal CHEMAF	Aucune activité humaine
SW002 SD002	11°39'.05.5" 27°29'.41.7" Altitude : 1247m	<i>Tithonia diversifolia</i> <i>Panicum maximum</i> <i>Imperata cylindrica</i> <i>Setaria palidifusca</i> <i>Celosia trigyna</i>	Présence d'une décharge d'ordures ménagères et des déchets divers	Aucune activité humaine
SW003 SD003	11°39'.08.4" 27°29'.39.8" Altitude : 1248m	<i>Tithonia diversifolia</i> <i>Panicum maximum</i> <i>Cynodon dactylon</i> <i>Celosia trigyna</i> <i>Leuceana leucocephala</i>	Sortie des eaux de CHEMAF vers le canal Naviundu Entrées des eaux du Cimetière Sapin et du Quartier Industriel	Aucune activité humaine
SW004 SD004	11°39'.12.6" 27°29'.44.9" Altitude : 1247m	<i>Leucena leucocephala</i> <i>Celosia trigyna</i>	Brassage des eaux de pluies avec celles de CHEMAF et du Q. Tshamilemba	Aucune activité
SW005 SD005	11°39'.17.1" 27°29'.48.6" Altitude : 1245m	<i>Celosia trigyna</i> <i>Panicum maximum</i> <i>Tithonia diversifolia</i> <i>Setaria palidifusca</i>	Brassage des eaux de CHEMAF avec celles des travaux ménagers de Tshamilemba, celles de pluies et du Q. bel-air	Aucune activité humaine
SW006 SD006	11°39'.20.6" 27°29'.42.3" Altitude : 1243m	<i>Panicum maximum</i> <i>Tithonia diversifolia</i> <i>Setaria palidifusca</i> <i>Cynodon dactylon</i> <i>Celosia trigyna</i>	L'eau de CHEMAF, celles des travaux ménagers de Tshamilemba plus celles venues de FONDAF	Aucune activité humaine
SW007 SD007	11°39'.27.3" 27°29'.50.2" Altitude : 1245m	<i>Manihot esculanta</i> <i>Tithonia diversifolia</i> <i>Carica papaya</i> <i>Mangifera indica</i>	Des jardins familiaux utilisent de l'eau dérivée de trois sources citées au SW006	Nettoyage des véhicules
SW008	11°39'.35.7" 27°29'.54.5" Altitude : 1238m	<i>Tithonia diversifolia</i> <i>Imperata cylindrica</i> <i>Cynodon dactylon</i> <i>Convolvulus sagittatus</i>	Canalisations des eaux noires dans la rivière par la population le long de celle-ci	Aucune activité humaine
SW009 SD009	11°39'.46.3" 27°29'.55.9" Altitude : 1236m	<i>Tithonia diversifolia</i> <i>Cynodon dactylon</i>	Rejet des immondices, des eaux noires, canalisation des fosses septiques	Nettoyage des véhicules

SD008 : Manquant suite à la vitesse élevée de passage de l'eau à ce point.

2.3 ECHANTILLONNAGE DES EAUX DE SURFACE ET DES SEDIMENTS

Une campagne de prélèvement d'échantillons d'eaux et des sédiments a été effectuée au cours du mois d'Avril, pendant la saison des pluies. 9 échantillons d'eaux contre 8 des sédiments ont été prélevés à chaque station préalablement établi le long du canal Naviundu dans les bouteilles en polyéthylène et dans les sachets.

Afin de minimiser la contamination des échantillons pendant l'étape de collecte, des méthodes propres ont été employées afin de réduire au strict minimum les risques de contaminer les échantillons d'eau et aboutir aux données biaisées: pré lavage au détergent du matériel, calibrage de l'appareil avec des solutions tampon universelles, nettoyage de l'appareil à l'eau distillée, port de gants en latex sans talc par le collecteur, mise en sac plastique étanche du conteneur de chaque échantillon d'eau ou de sédiment, conservation à 4°C pendant le transport et avant l'expédition au laboratoire pour analyse [12]. À chaque point de collecte, un litre d'eau a été prélevé manuellement à mi-profondeur dans une bouteille en polyéthylène décontaminée avec de l'eau distillée. Prés des berges du cours d'eau, quatre sous-échantillons de 250 ml de sédiments superficiels ont été prélevés dans le lit de la rivière avec une spatule, puis homogénéisés. Ces échantillons ont été transférés dans un sac plastique préalablement décontaminé pour l'analyse des éléments traces métalliques (ETM) [13].

2.4 MESURES SUR TERRAIN

Au moment de l'échantillonnage, les mesures de température, de pH, de la conductivité électrique et du potentiel d'oxydo-réduction(ORP) ont été effectuées à l'aide de l'appareil de mesure portable Multi probe de marque HACH HQ40d/Multi, alors que les coordonnées géographiques à chaque point ont été prises au moyen d'un GPS.

2.5 MATÉRIELS

2.5.1 MATÉRIELS À ANALYSER

2.5.1.1 L'EAU

Les effluents liquides (Eau) issus des procédés de lavage, de traitements métallurgiques et d'enrichissement des minerais par l'entreprise CHEMAF constituent le matériel sur lequel des mesures devront être effectuées dans cette étude. Ceux-ci étant chargés en substances toxiques sont déversés dans le canal Naviundu, qui se situe en aval de ce complexe industriel érigé au cœur du quartier Tshamilemba.

2.5.1.2 LE SÉDIMENT

Les sédiments seront utilisés comme substrat sur lequel des mesures devront être faites, afin de déterminer les phases porteuses d'ETM, qui joue un rôle important dans l'absorption et la libération des ETM en milieu aquatique.

2.5.2 MATÉRIELS DE TERRAIN

La phase de terrain a nécessité pour être conduite, la présence d'un certain nombre des Matériels tels que repris ci-dessous :

- Le GPS ;
- Le Multi-probe HACH HQ40d/Multi ;
- Les bouteilles plastiques ;
- Les sachets en polyéthylène ;
- Les gants en latex sans talc ;
- La spatule ;
- Les formulaires de prise des paramètres de terrain ;
- L'eau distillée ;
- Le détergent ;
- Le sac plastique dur pour le transport des échantillons.

2.6 MÉTHODE DE LABORATOIRE

2.6.1 CONDITIONNEMENT DES ÉCHANTILLONS

Les échantillons d'eau ont subi une digestion acide simple, conformément aux méthodes standards pour l'examen des eaux potables et usées un volume de 10 ml de chaque échantillon d'eau préalablement acidifié est placé dans une éprouvette à laquelle est ajoutée un volume de 0,5 ml d'acide nitrique ultra pur (concentration résiduelle en ETM < 10ppb), puis les éprouvettes sont mise dans un bloc chauffant à 105°C sous une hotte pendant 2h sans atteindre l'ébullition. Une fois refroidies, les éprouvettes sont diluées à 10 ml avec de l'eau ultra-pure type I ASTM puis stockées à 4°C en attendant les analyses [13]. Les échantillons des sédiments ont été séchés à l'air, à la température ambiante, puis broyés et tamisés au travers d'un passoir de grosseur de maille de 1.4.µm recommandé dans la démarche d'analyse des sédiments. Environ 1g de sédiment tamisé a été digéré afin d'être soumis à l'analyse [14].

2.6.2 LES ANALYSES À RÉALISER

2.6.2.1 TENEUR EN ETM DANS L'EAU

Les échantillons d'eau ont été analysés par Induction Couplée de spectroscopie de masse Plasma (*ICP de marque VARIAN*). L'objectif étant de déterminer les concentrations en ETM dans l'eau en tenant compte des limites de détection de l'appareil fixées pour chaque élément métallique. Il s'agit de: Cu, Co, Cd, Pb, U. D'autres paramètres physico-chimiques seront analysés dans les échantillons d'eau, il s'agit de: pH, C.E.

2.6.2.2 TENEUR EN ETM DANS LES SEDIMENTS

Les échantillons de sédiments ont subi aussi l'analyse à l'Induction Couplée de spectroscopie de masse Plasma (*ICP de marque VARIAN*) afin de déterminer les concentrations en éléments traces métalliques. Il s'agit de: Cu, Co, Cd, Pb, U, Fe, Mn ainsi que du pH.

2.7 TRAITEMENT DES DONNÉES

Pour les échantillons d'eaux et de sols, les résultats de laboratoire seront comparés aux normes internationales déterminées par l'organisation mondiale de la santé (OMS). Les résultats d'analyses de laboratoire ont été traités à l'aide du logiciel Past, présentés dans les tableaux et sous forme de graphiques.

3 RÉSULTATS

Les tableaux 3, 4, 5, 6 ci-dessous présentent les résultats obtenus après analyse de laboratoire sur les rejets des effluents dans les eaux de surface et des sédiments de l'usine CHEMAF le long du canal CHEMAF et Naviundu ((**Tableau 2**)).

Tableau 2 : Paramètres de qualité de l'eau pris sur le terrain à l'aide du Multi-probe

Site ID	Date	Time	pH	C.E	ORP	Temp. /pH	Temp./C.E	Identité de l'
	(M/J/A)	(24h)	S.U	µS/Cm	mV	(°C)	(°C)	échantillon
SW1	04.05.2014	07:05	7.38	1073	-1	24.7	24.5	04052014SW001
SW2	04.05.2014	07:45	7.28	1084	5.1	25	25.3	04052014SW002
SW3	04.05.2014	08:20	7.51	968	-8.7	25.2	25.3	04052014SW003
SW4	04.05.2014	08:45	7.55	920	-10.7	24.5	24.6	04052014SW004
SW5	04.05.2014	09:15	7.56	427	-11.6	24.8	25.3	04052014SW005
SW6	04.05.2014	09:50	8.79	226	-84	26	26.8	04052014SW006
SW7	04.05.2014	10:35	8.25	1805	-52.4	26.1	26.9	04052014SW007
SW8	04.05.2014	10:55	7.83	1820	-27.3	26.4	26.3	04052014SW008
SW9	04.05.2014	11:15	7.79	955	-25.4	27.9	28.8	04052014SW009

pH: potentiel Hydrogène, **ORP:** Potentiel d'oxydo-réduction, **C.E:** Conductivité électrique, **ID :** Identité de l'échantillon

Au regard des paramètres physico-chimiques ci-haut repris dans le tableau 3, il ressort que le pH varie entre 7.28 à la station SW2 et 8.79 (SW6). En général le pH est neutre dans toutes les stations, excepté la sixième et la septième influencées par l'entrée des eaux de pluies et des rejets directs qui sont composés des effluents domestiques, artisanaux et industriels. Les valeurs de la conductivité électrique varient entre 226 et 1820 $\mu\text{S}/\text{Cm}$. La plus faible conductivité a été observée à la station 6, tandis que la plus élevée à la huitième. On notera qu'en amont de ce point 8, l'entrée des canalisations d'eau de diverses natures dans la rivière, celles-ci viennent des maisons d'habitation construites le long du canal Naviundu. Le potentiel redox est négatif au niveau de toutes les stations exceptées, la deuxième. Tandis que la température varie entre 24°C tôt le matin à 7h à la première station (SW1) et 28°C à 11h à la dernière station (SW9) (**Figure 2**).

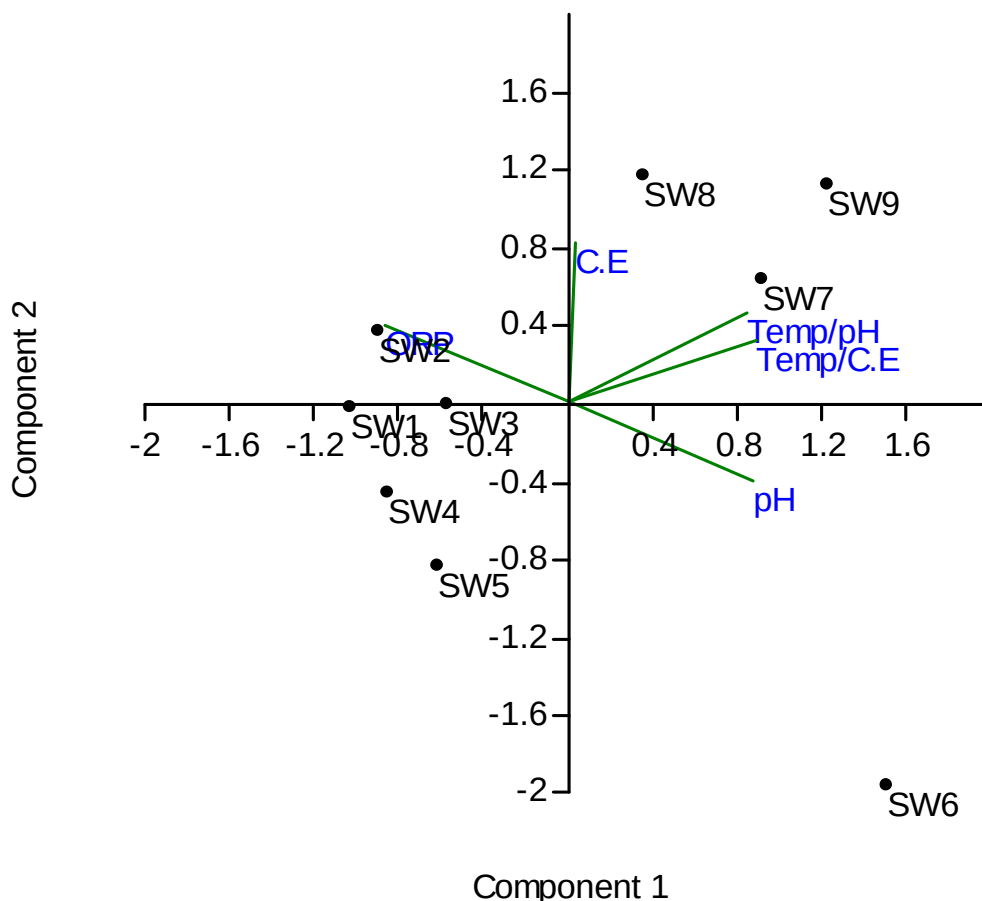


Figure 2 : Analyse en composantes principales des paramètres physico-chimiques dans l'eau

En examinant la figure 2 ci-dessus montrant les corrélations entre les paramètres physico-chimiques, il ressort que les deux températures présentent une corrélation positive très hautement significative [0.96952] entre elles et cela s'observe au niveau de la 7^{ème}, 8^{ème} et 9^{ème} stations. Par contre ces deux températures ont une corrélation positive, faiblement significative avec la conductivité électrique, ce qui signifie que l'augmentation de la température s'accompagne de celle de la conductivité de l'eau. Les deux températures présentent enfin une corrélation positive avec le pH mais l'on notera que celle entre [Temp C.E/pH] est moyennement significative [0.55049]. Le pH et la conductivité électrique sont positivement significativement corrélés [0.72522], plus le pH augmente (devient basique), la conductivité diminue, cas de la station 7, par contre la huitième et la neuvième montrent une réaction inverse. Le pH et l'ORP sont négativement corrélés, par contre la conductivité et l'ORP ont une corrélation positive faiblement significative (Tableau 3)

Tableau 3: Concentration en ETM dans l'eau de surface prélevée à chaque station (mg/L)

ID	Cu	Co	Pb	Cd	U	pH
SW001	9,903	29,758	0,335	1,65	0,016	6,7
SW002	5,829	26,59	0,311	2,15	0,013	6,48
SW003	3,069	24,877	0,109	1,13	0,012	7,03
SW004	1,615	23,062	0,312	0,95	0,009	7,07
SW005	1,192	11,098	0,181	2,04	0,006	7,06
SW006	0,748	4,515	0,324	1,87	0,004	7,33
SW007	0,418	2,271	0,117	0,74	0,004	7,25
SW008	0,261	2,158	0,105	0,56	0,001	7,38
SW009	0,174	0,303	0,045	0,02	0,001	7,31
*Reference (OMS)	2	-	0.01	0.003	0.015	6.5-9.5

* : Les lignes directrices de l'OMS concernant la qualité de l'eau potable, mises à jour en 2006

Les valeurs de pH des effluents varient de 6.7 à 7.31, elles sont donc relativement neutres. L'acidité diminue au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'usine CHEMAF. Les concentrations moyennes de cuivre, cobalt à la sortie de l'usine dépassent les valeurs de référence admises par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) aux premières stations proches de l'usine CHEMAF. Ces résultats montrent que la concentration en cuivre, cobalt diminue au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'usine de CHEMAF. Ceci laisse voir que les effluents issus des activités métallurgiques de l'usine CHEMAF ne subissent pas de traitement suffisant avant d'être déversés dans le canal Naviundu dont la capacité auto-épuratrice est limitée [15]. Les concentrations en plomb et cadmium sont très élevées au niveau de toutes les stations comparativement aux seuils fixés respectivement à 0.01 et 0.003 mg/L dans l'eau. Les teneurs d'ETM ont été comparées aux valeurs de référence de l'eau de boisson selon l'OMS du fait que les cours d'eau (rivières, fleuves, lacs) constituent la principale source d'approvisionnement en eau potable des populations rurales [16]. La concentration en uranium est légèrement supérieure à la sortie de l'usine (SW1) et dépasse la valeur seuil de l'OMS fixé à 0.015mg/L pour l'uranium, on note également une même tendance de diminution des teneurs comme pour tous les éléments. Au regard de ces résultats, on constate que la concentration en ETM dans les sédiments est liée à la distance, plus on s'éloigne de l'usine CHEMAF, moins sont concentrés les ETM dans l'eau et les sédiments (Figure 3).

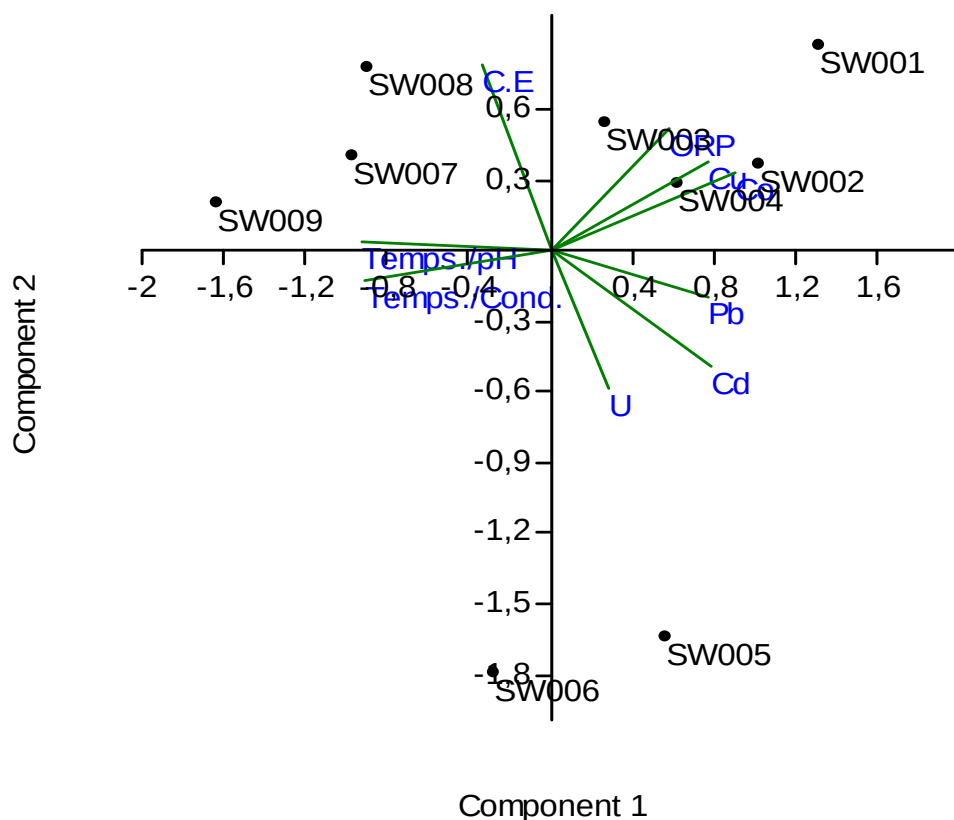


Figure 3 : Analyse en composantes principales des ETM prélevés dans les eaux de surface

L'examen de la Figure 3 basée sur l'Analyse en composantes principales d'ETM prélevés dans les eaux de surface issues des effluents rejetés dans le canal CHEMAF et le canal Naviundu (matrice de corrélations : échantillons ; matrice de variables : ETM) expliquant 55% de variabilité. On observe une corrélation positive hautement significative entre le cuivre et le cobalt [Cu/Co: 0.81727], ceci confirme l'existence d'une association entre le cuivre et le cobalt de la variabilité totale et entre le cadmium et le plomb qui présentent aussi une corrélation positive significative [Cd/Pb: 0.72358]. On note également une corrélation positive, significative entre le cobalt et l'uranium [Co/U: 0.79649]. Les stations SW1, SW2, SW3 et SW4 formant le bloc à droite présentent des enrichissements en cuivre et cobalt comme le montre la figure 3, par ailleurs les sites SW5 quant à lui présente des enrichissements en plomb et cadmium. Par contre les stations SW6, SW7, SW8, SW9 formant un bloc à gauche enregistrent un appauvrissement en ces ETM (Tableau 4)

Tableau 4: Concentration en éléments traces métalliques dans les sédiments récoltés (mg/kg)

ID	pH	Ca	Mg	K	Fe	Mn	Al	Cu	Co	Cd	Pb	U
SD001	6,82	50.08	34.20	0.75	120,80	47,40	0,98	45,40	37,80	0,48	0,34	0,13
SD002	6,02	2.08	10.84	0.39	98,60	18,84	2,62	34,50	5,86	0,40	0,04	0,16
SD003	5,96	12.36	21.78	0.40	131,60	7,68	11,44	12,68	5,84	0,32	0,22	0,07
SD004	7,02	10.76	18.38	0.317	157,40	4,78	0,87	13,18	3,08	0,22	0,52	0,07
SD005	6,35	15.52	15.18	0.31	139,80	4,52	15,07	9,48	4,08	0,22	0,42	0,07
SD006	6,610	22.98	14.70	0.28	103,40	2,04	1,29	7,34	3,20	0,022	0,48	0,06
SD007	6,00	3.42	8.82	0.41	100,20	0,10	2,74	0,16	0,58	0,46	0,04	0,12
SD008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD009	6,95	2.398	7.8	0.48	142,80	0,14	17,19	0,16	0,54	0,42	0,02	0,08
*Valeurs Guides	-	-	-	-	20	-	-	35	35	-	35	-

* : Directives de qualité de sédiments: Recommandations pour la protection de la vie aquatique

(Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life).

Le pH est relativement acide le long du canal CHEMAF avec un pH acide de 5.965 à la troisième station où l'on trouve des déchets (ordures ménagères de diverses natures) dans les sédiments récoltés. L'analyse des résultats du tableau 5 laisse voir que le cuivre dans les sédiments présentent une concentration élevée aux deux premières stations (SD001: 45.4 mg/kg, SD002: 34.5 mg/kg), celle-ci dépasse la valeur de référence fixée à 35mg/kg pour la protection de la vie aquatique [17]. Elle diminue au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la source de contamination. Par contre le cobalt présente la concentration élevée à la station 1, 37.8 au lieu de 35 mg/kg exigés par les directives de la qualité de sédiments. Comme pour l'eau, on remarque aussi que la concentration des ETM (Cu, Co, Mn) dans le sédiment diminue au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'usine CHEMAF. Le brassage des eaux issues des effluents de CHEMAF avec celle des pluies diminuent généralement la teneur d'ETM dans les sédiments par l'effet de dilution [18]. Le fer présent au niveau de chaque station, montre de concentrations élevées qui dépassent la valeur limite reprise par les directives de qualité de sédiments pour la protection de la vie aquatique (Figure 4).

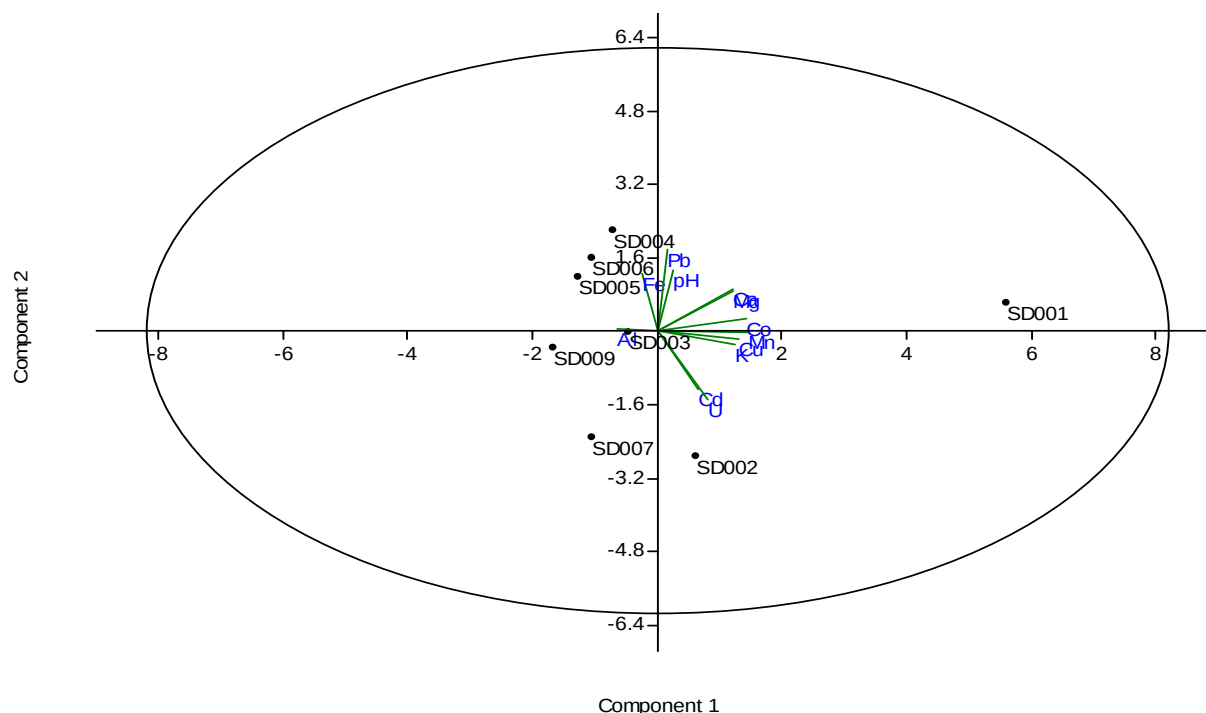


Figure 4 : Analyse en composantes principales d'ETM dans les sédiments prélevés

En se référant à la matrice de corrélation de Pearson et à la figure 4, on se rend compte de l'existence de plusieurs corrélations positives, faiblement, légèrement, moyennement et hautement significatives mais l'attention sera portée sur les plus importantes, ceci afin d'expliquer l'origine de la présence et de la répartition d'ETM dans les sédiments. Le pH présente des corrélations positives avec les Ca, Mg, Mn, K, Fe bien qu'étant légèrement significatives, avec le Co, une corrélation positive significative et très hautement significative avec le Cu [0.94889] et l'Al [0.9411]. Il en est de même du Cu, Co, Pb. En résumé, le gradient de pH neutre (7.11) explique la présence et la répartition de ces éléments dans les sédiments. Le Cu quant à lui présente des corrélations positives, significatives avec le Ca, Mg, K et des corrélations positives très hautement significatives avec le Mn [0.93885] et le Pb [0.84074]. En examinant le graphique 4, l'on remarque l'isolement de la station 1, la deuxième se rapprochant un peu, ce qui laisse voir au regard de la projection des axes du Cu, Cd, Pb, U, K, Mn, Mg, Ca influencés par le pH vers la station 1, la forte concentration des ETM dans celle-ci, puis la deuxième ensuite la troisième et la cinquième stations sous une forte influence du Fe et de l'Al pendant que la quatrième est seulement influencée par une forte concentration en Fe. Les autres stations c'est-à-dire 6, 7, 8 et 9 très éloignées de la première présentent de faibles concentrations en ETM, ceci rejoint la théorie de la diminution des teneurs en ETM liée à l'éloignement de la source de pollution aussi observée sur les échantillons d'eaux.

4 DISCUSSION

4.1 LES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES DANS L'EAU

TEMPERATURE DE L'EAU

Dans la zone d'étude, les températures enregistrées oscillent entre 24°C, à la première station (SW1) et 28°C à la dernière (SW9). Ces variations de température ne suivent pas tellement celles du climat de la région, qui enregistre une moyenne annuelle de 20°C [11]. Les températures ainsi mesurées sur le canal Naviundu appartiennent à la classe de moins bonne à mauvaise. Elle est le facteur physico-chimique qui détermine un grand nombre des processus biologiques et chimiques se déroulant dans l'eau. Ainsi, les températures mesurées sur les échantillons d'eau sont élevées et pourraient contribuer à l'accélération des processus biologiques et chimiques avec le réchauffement de l'eau, à la solubilité des gaz dans l'eau et surtout à la dissociation des sels dissous et des complexes métalliques [19] [20]. Ce qui justifie le passage du cuivre dans la phase aqueuse et sa concentration dans le sédiment par précipitation.

LE POTENTIEL REDOX (POTENTIEL D'OXYDO-REDUCTION ORP)

Le potentiel redox affiche des valeurs négatives dans toutes les stations exceptées, la deuxième avec 5.1mV. Un potentiel négatif signifie que la solution est réductrice et celui positif que la solution agit comme un oxydant, on constate que les mesures faites au niveau des stations indiquent des valeurs négatives, celles-ci s'accompagnent de plusieurs conséquences sur la qualité de l'eau : la création des substances toxiques, le dégagement de mauvaises odeurs (hydrogène sulfuré) [21]. Les potentiels négatifs rencontrés à la station 1,3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 induisent souvent des valeurs d'oxygène basses dans l'eau (<10% saturation)[article sur les paramètres] ce qui occasionne la libération des phosphates piégés dans le sédiment aggravant les problèmes d'eutrophisation de la rivière [22].

LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE

Les valeurs moyennes enregistrées, montrent des variations importantes. Elles oscillent entre 226 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à la station S6 en période humide et 1820 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à la station S8 dans les eaux de surface du canal Naviundu dépassant la norme pour les eaux de surface (1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$)[23], indiquant une minéralisation excessive attribuée aux eaux usées des populations qui déversent toute sorte des déchets dans celle-ci (S8). La répartition de la conductivité électrique des eaux étudiées montre une gamme variée des valeurs (diminution, augmentation) pendant la période humide de la campagne. Celle-ci réside dans la dilution des eaux par l'apport des eaux pluviales et surtout par l'entrée dans ldes rejets directs (composés des effluents domestiques, artisanaux et industriels) de diverses natures entraînant par le fait, la solubilité et le transport des ETM vers le lit de la rivière, ce qui justifie aussi leurs faible teneur dans l'eau comme dans le sédiment. Au regard de ces valeurs de la conductivité, on peut conclure que l'eau du canal Naviundu ne peut pas permettre une bonne vie aquatique [24].

LE PH

Les valeurs observées révèlent que le pH est légèrement neutre à alcalin dans toutes les stations du canal Naviundu. En effet, le pH varie entre 7,28 dans la station S2 et 8,79 dans la station S6. Ceci est dû à l'application de la chaux [25] dans l'eau en amont, qui permet de tamponner les eaux qui s'écoulent du canal Naviundu vers la rivière Kafubu. Ce seuil de pH influence la forme de certains composés chimiques qui peuvent devenir toxiques lorsque le pH dépasse certaines limites. En effet, le pH a tendance à augmenter vers la sixième et la septième station influencée par l'entrée des eaux de pluies et des rejets directs puis redevient neutre, ce qui peut être expliqué par la dilution de l'eau [18]. Par la suite, le pH reprend immédiatement les valeurs acquises en amont des stations 6 et 7 avec une faible variation d'une station à l'autre.

4.2 CONCENTRATION DES ELEMENTS TRACES METALLIQUES DANS L'EAU DU CANAL NAVIUNDU

L'usine CHEMAF est de type hydro-métallurgique et extraie principalement le cuivre, le cobalt en utilisant de grandes quantités d'eau et des procédés chimiques pour enrichir le minerai. Ce type d'usine nécessite des structures adéquates pour gérer les eaux usées, sans les évacuer hors de la concession. Malheureusement celle-ci se livre au déversement des quantités énormes de ses eaux usées dans le canal Naviundu située en aval de celle-ci, sur un versant. Les études hydrologiques indiquent que le sens des écoulements des eaux superficielles vont dans le sens de la topographie c'est-à-dire de l'usine CHEMAF en passant par le quartier Tshamilemba vers la rivière Kafubu (bas-fond). Au regard des résultats obtenus, il se dégage que le cuivre, le cobalt et l'uranium ont été identifiés dans les échantillons d'eau prélevés, à des concentrations très

élevées respectivement 9.993, 29.758 et 0.016mg/L à la première station. Ces teneurs dépassent les normes de l'OMS fixées pour chacun d'eux et démontrent que les effluents liquides déversés dans le canal Naviundu par l'usine CHEMAF ne sont pas traités avant leurs évacuations [4]. Des quantités importantes de ces éléments dans l'eau sont très nuisibles à la vie aquatique [27] et surtout contribuent à la dégradation de la qualité de l'eau de boisson et des sédiments [27]. La teneur en ces éléments diminue au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'usine CHEMAF, pour devenir moins significative dans les stations éloignées de l'usine CHEMAF, c'est le cas de dernières stations (SW6, SW7, SW8 et SW9). Par contre le plomb et le cadmium ont été trouvés à des concentrations élevées qui dépassent chacun, la norme de l'OMS dans toutes les stations sur le canal Naviundu. Ces résultats corroborent avec ceux de Banza qui a travaillé sur le même site et ayant trouvé un autre comportement de plomb et cadmium. Dans la présente étude, ces deux éléments présentent des concentrations élevées au niveau de toutes les stations bien que diminuant avec l'éloignement de l'usine CHEMAF, elles restent toujours supérieures à la norme de l'OMS. Cette situation pourrait être justifiée d'une part par le rejet des déchets de diverses natures (batteries, accumulateurs) dans l'eau mais aussi par l'influence du passage répété des véhicules à cote de la rivière, et d'autre part par l'apport d'engrais au sol en culture de maïs réalisée par la population du quartier Tshamilemba comme activité champêtre.

4.2.1 CORRÉLATION ENTRE ETM

L'analyse en composante principale montre une corrélation importante entre le cuivre, le cobalt et l'uranium, étant donné que le gisement exploité à la mine de CHEMAF(Etoile) est cupro-cobaltifère et pourrait avoir des traces des minerais d'uranium. Celui-ci se trouve sur l'arc cuprifère Katangais [28]. C'est ainsi qu'on constate des enrichissements en ces éléments dans la première station (SW1) étant donné que l'usine CHEMAF extraie principalement le cuivre et le cobalt. Cette situation est similaire à une étude menée sur les rivières Luilu et Musonoï par Atibu et al ayant débouché sur des concentrations très élevées en cuivre, cobalt et fer dans l'eau, et cela à proximité des usines de traitement des minerais à KZC et à UZK. Une autre corrélation importante est observée entre le cadmium et le plomb à la deuxième station (SW2) où l'on constate une décharge des déchets ménagers et divers (Batteries, accumulateurs). Les stations SW3, SW4, SW5, SW6, SW7, SW8, SW9 ne présentent pas de corrélations et accusent un appauvrissement en ces éléments étudiés. La figure 5 ci-dessous illustre la matrice des corrélations d'une part entre les ETM et d'autre part entre ceux-ci et les paramètres physico-chimiques. (Figure 5)

	Cu	Co	Pb	Cd	U	pH Lab.	pH site	C.E	ORP	Temp/pH	Temp/C.E
Cu	1	0.00715	0.10033	0.17886	0.001169	0.003781	0.10906	0.93435	0.10904	0.12529	0.079137
Co	0.81727	1	0.09097	0.15932	1.43E-05	0.003229	0.0323	0.6764	0.03176	0.009784	0.0051424
Pb	0.58175	0.59504	1	0.027553	0.085037	0.10763	0.87942	0.2492	0.87193	0.044205	0.06991
Cd	0.49166	0.51145	0.72358	1	0.10845	0.070885	0.75397	0.12612	0.74983	0.033138	0.083407
U	0.89347	0.97041	0.60391	0.57081	1	0.001601	0.07233	0.70371	0.071906	0.015317	0.011773
pH Lab.	-0.84909	-0.85603	-0.5719	-0.62673	-0.88312	1	0.03361	0.81531	0.033331	0.062006	0.063247
pH site	-0.57002	-0.70948	-0.0594	-0.12229	-0.62428	0.70583	1	0.72522	1.05E-16	0.21749	0.12457
C.E	-0.03226	-0.16237	-0.429	-0.54862	-0.14812	0.091293	-0.13701	1	0.72571	0.54569	0.79279
ORP	0.57005	0.71101	0.06308	0.1244	0.62499	-0.70659	-0.99998	0.13676	1	0.21406	0.1219
Temp/pH	-0.54962	-0.79902	-0.6792	-0.70713	-0.76953	0.64254	0.45586	0.23334	-0.45889	1	1.58E-05
Temp/C.E	-0.61311	-0.83452	-0.6284	-0.60641	-0.78737	0.64025	0.55049	0.10261	-0.55374	0.96952	1

Figure 5 : Matrice des corrélations entre ETM et paramètres physico-chimiques

4.2.2 CORRELATION ENTRE ETM ET LES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

Des pH faibles (eaux acides) augmentent le risque de présence des métaux sous forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac toxique pour les poissons [29]. Les pH ont une corrélation entre eux mais aussi et surtout avec la conductivité. Ceux-ci ont une relation de causalité avec les trois ETM, le cuivre, le cobalt et l'uranium. Le pH légèrement acide de deux premières stations explique la présence des métaux dans l'eau, et dans le sédiment à des concentrations relativement élevées, ce qui justifie les valeurs de conductivité élevée. Par contre le potentiel redox négatif dans presque toutes les stations présente une relation de causalité avec le plomb, ce qui permet de conclure que les effluents rejetés par l'usine CHEMAF en mélange avec les eaux du canal Naviundu entraînent la création des substances toxiques ainsi que le dégagement de mauvaises odeurs.

4.3 CONCENTRATION DES ELEMENTS TRACES METALLIQUES DANS LES SEDIMENTS

Il est important de connaître l'origine de fortes concentrations des ETM dans les sédiments, car la présence de ces contaminants toxiques peut induire un risque accru d'infection humaine due à leur éventuelle remise en suspension par la turbulence naturelle (mouvement de masse, turbidité) ou d'activités humaines (Travaux de construction, dragage) [30]. La détermination de l'origine d'ETM dans les sédiments implique de choisir un élément métallique normalisateur, généralement l'aluminium ou le fer en raison de leur abondance naturelle dans l'environnement terrestre [31]. Pour ce travail, le fer a été retenu comme élément normalisateur. La concentration en Cu de l'échantillon prélevé dans le lit du canal Naviundu au sortir des eaux (SD001), reste supérieure à la limite de la directive de qualité de sédiments fixée à 35 mg/kg (Tableau 5). Toutefois, les échantillons de sédiments situés en aval de l'usine CHEMAF en activité présentent des concentrations inférieures exception du fer, à la recommandation canadienne pour la protection de la vie aquatique. Ces concentrations peuvent s'expliquer par les rejets de lixiviats non traités qui se déversent dans la rivière à proximité, rejets constatés visuellement par les habitants du quartier à 20 m du point SD001. Lorsque les conditions de pH tendent vers la basicité, et lorsque la vitesse d'écoulement des eaux diminue, certains ETM tels le cuivre, le cobalt, l'uranium deviennent immobiles [32], la sédimentation devient importante, ce qui justifie leurs précipitations et leurs dépôts dans le lit du canal Naviundu. La teneur en fer est élevée à la première station, elle diminue à la deuxième, augmente sensiblement à la troisième, pour atteindre la valeur la plus élevée à la quatrième, puis redescend à 142 mg/kg à la dernière station (SD009). Cette variation irrégulière de la concentration en fer indique clairement l'origine géogène car la théorie de la diminution liée à l'éloignement montre une situation inverse pour le minerai de Fer. Il est clair de constater que le fer est présent dans toutes les stations proches ou éloignées de l'usine CHEMAF qui déverse ses effluents liquides sans aucun traitement préalable dans le canal Naviundu. Étant donné que les sols du Katanga présentent des teneurs normales élevées en fer [34], suite à cette distribution irrégulière de la concentration en fer SD009>SD001, il apparaît clairement que le fer présent dans le sédiment provient du fond pédogéochimique et non des activités de traitement et de production de cuivre par CHEMAF au regard de la carte pédologique (présence des croutes riches en sesquioxydes de fer) [33]. Le sol étant nu à Tshamilemba, le travail de l'eau sous forme d'érosion arrache des particules aux croutes, pour les transporter par ruissellement beaucoup plus loin à la rencontre des eaux ou la vitesse d'écoulement de l'eau diminue, c'est le cas de la station 4. C'est ainsi qu'on constate le fer concentré beaucoup plus dans les stations 3, 4, 5, 6 et 9 éloignés de la source de pollution ou il affiche des corrélations avec tous les ETM, [Fe/Mn: 0.69513], [Fe/Cu: 0.61768], [Fe/Co: 0.85602], [Fe/Cd: 0.78666], [Fe/Pb: 0.34566], [Fe/U: 0.12467], par contre les ETM présentent avec le fer des corrélations négatives [Cu/Fe: -0.21], [Co/Fe: -0.077092], [Cd/Fe: -0.11478], [U/Fe: -0.58148], ce qui signifie que le fer explique la répartition des ETM dans le sédiment, mais à des degrés différents.

5 CONCLUSION

Dans la présente étude, il a été question d'examiner la concentration d'ETM dans les échantillons d'eau et de sédiments prélevés dans le canal Naviundu, qui reçoit les effluents miniers de l'usine Chemical of Africa (CHEMAF), situé en amont de celle-ci et du quartier Tshamilemba. L'objectif étant de déterminer les niveaux de concentration en métaux dans ces échantillons d'eau et de sédiment afin d'évaluer le niveau d'exposition humaine due à l'usage de celle-ci pour les différents besoins.

Les résultats d'analyse des échantillons d'eau montrent des valeurs extrêmement élevées pour le cuivre, le cobalt et l'uranium respectivement 9.903, 29.758 et 0.016 mg/L à la sortie des effluents de l'usine, c'est-à-dire à la station 1. Ces valeurs dépassent les seuils fixés par l'OMS pour chacun d'eux (2mg/L Cu, 0.016mg/L U, 0.01mg/L Pb, et 0.003mg/L). Elles diminuent au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'usine CHEMAF. Le plomb et le cadmium ont été trouvés à des teneurs élevées qui dépassent aussi la norme de l'OMS, au niveau de toutes les stations bien qu'ils diminuent à mesure qu'on s'éloigne de l'usine CHEMAF. La présence des teneurs élevées en Cu, Co, U, Cd et Pb au niveau de la première station (SW1) démontre à suffisance que les effluents issus des activités métallurgiques de l'usine CHEMAF ne subissent pas de traitement adéquat avant d'être déversés dans le canal Naviundu dont la capacité auto-épuratrice est limitée. L'analyse en composante principale entre les ETM fait apparaître deux nuages des points. Le premier forme une association d'ETM à savoir le cuivre, cobalt et l'uranium et cela s'observe aux premières stations (SW1, SW2, SW3), ce qui traduit un enrichissement de ces éléments étant donné que la mine de l'étoile qui alimente en minerais bruts l'usine CHEMAF repose sur un gisement cupro-cobaltifère, et le deuxième nuage des points, une association entre le plomb et le cadmium, ce qui traduit un enrichissement de ces éléments, le long du canal Naviundu, justifié par l'impact des activités anthropiques (dépôts des déchets divers : Batteries, piles,..).

Au regard des paramètres physico-chimiques, on note une corrélation positive entre le pH, la conductivité et les températures dans l'eau. Ceux-ci sont corrélés au cuivre, cobalt et uranium. Les valeurs élevées de ces paramètres ainsi que leurs corrélations avec les ETM traduisent la mauvaise qualité de l'eau du canal Naviundu accompagnée des conséquences néfastes sur la santé de la population vivant le long de celle-ci et au quartier Tshamilemba.

La concentration des ETM dans les échantillons de sédiments, prélevés dans le lit du canal Naviundu montre un niveau élevé du cuivre 45 au lieu de 35 mg/kg à la première station (SD001), par contre les autres éléments ont des concentrations qui restent inférieures aux directives de qualité pour la protection de la vie aquatique. Le Cu dans le sédiment diminue au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'usine CHEMAF. Au regard des paramètres physico-chimiques (Températures élevées, conductivité élevée et pH acide,...), ces conditions contribuent à la solubilité des gaz dans l'eau et surtout à la dissociation des sels dissous et des complexes métalliques (W.H.O, 1997). Ce qui traduit que l'eau du canal Naviundu ne peut pas favoriser une bonne vie aquatique et ne doit pas être utilisée pour un quelconque besoin. En se référant à la matrice de corrélations de Pearson, on se réalise de l'existence des corrélations entre le fer et les ETM, étant un élément métallique normalisateur, la variation de sa concentration le long du canal Naviundu dans les sédiments montre très clairement que le fer présent dans le sédiment provient du fond pédogéochimique et non des activités de traitement et de production de cuivre par CHEMAF. Le fer concentré dans les stations 3, 4, 5, 6 et 9 éloignés de la source de pollution ou il affiche des corrélations positives, significatives avec les ETM, [Fe/Mn: 0.69513], [Fe/Cu: 0.61768], [Fe/Co: 0.85602], [Fe/Cd: 0.78666], [Fe/Pb: 0.34566], [Fe/U: 0.12467], ce qui signifie que le fer explique la répartition des ETM dans le sédiment, mais à des degrés différents.

REFERENCES

- [1] Banza, C.L.N., Nawrot, T.S., Hauroid, V., Decree, S., De Putter, T., Smolders, E., Kabyla, B.I., Luboya, O.N., Ilunga, A.N., Mutombo, A.M., Nemery, B., 2009. High human exposure to cobalt and other metals in Katanga. *Environ. Res.* 109, 745–752
- [2] MOULAERT, N., *Emissions de l'industrie métallurgique à Lubumbashi (Shaba - Zaïre) et conséquences sur l'environnement*, Travail de fin d'études inédit, Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux, Gembloux, 1992.
- [3] GHISLAIN, Y., *GECOMIN. Traitement métallurgique*, in *Les expatriés de Lubumbashi*, [en ligne], <http://lubum2.free.fr/umhk/gecomin/traitement.htm>, page consultée le 10Fevrier 2015.
- [4] Atibu, K.E., Devarajan, N., Thevenon, F., Mwanamoki, P.M., Tshibanda, J.B., Mpiana, T.P., Prabakar, K., Mubedi, I.J., Wildi, W., Poté, J., 2013. Concentration of metals in surface water and sediment of Luilu and Musonoie Rivers, Kolwezi-Katanga, Democratic Republic of Congo. *Art.* 26, 1-7.
- [5] LETEINTURIER, B., *Early stages of natural revegetation of metalliferous mine workings in South Central Africa. A preliminary survey*, in *BASE, Biotechnologie, Agronomie, Société, Environnement*, Vol. 3, n°1, 1999, pp. 28-41.
- [6] WINAND R. Hydrométallurgie du cuivre - État actuel de la technique. *Mémoires et Études scientifiques de la Revue de Métallurgie*, mars 1982, p. 125-134.
- [7] Célestin Lubaba Nkulu Banza. *Mining and metal processing in Katanga. Human exposure to metals and health effects. Le secteur minier de la République Démocratique du Congo à la croisée des chemins*. TF MIRECA, GECO, Tervuren, Décembre 2010 ;
- [8] Mc KINNEY M.L. (2002). Urbanization, biodiversity and conservation. *Biosci.*, 52, 880-890.
- [9] MULLISS R.M, REVITT D.M., SHUTES R.B.E. (1997). The impacts of discharges from two combined sewer overflows on the water quality of an urban watercourse. *Water Sci. Technol.*, 36, 190-199.
- [10] BURTON G.A.JR., PITT R.E. (2001). *Stormwater effects handbook, a toolbox for watershed managers, scientists, and engineers*. CRC/ Lewis Publishers, 875p.
- [11] Mukobo, 2007. Evaluation et cartographie des contaminations des sols autour du site de la Gécamines, DEA UNILU, 50p.
- [12] US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1996, Method 1669 : Sampling Ambient Water for Trace Metals at EPA Water Quality Criteria Level, Washington DC, USA, Office of water, 39 p.
- [13] APHA, AWWA et WPC, 1999, Standard methods for the examination of water and wastewater, Washington DC, USA, APHA, 20^eéd., 1368 p
- [14] CHAPMAN D., KIMSTACH V. (1996). Selection of water quality variables. *Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring*, Chapman edition, 2nd ed. E and FN Spon, London, pp. 40-126.
- [15] Pardos, M., Benninghoff, C., de Alencastro, L.P., Wildi, W., 2004. The impact of a sewage treatment plant's effluent on sediment quality in a small bay in Lake Geneva (Switzerland–France). Part 1: Spatial distribution of contaminants and the potential for biological impacts. *Lakes Reservoirs: Res. Manage* 2004 (9), 41–52.
- [16] W.H.O. 1998. Guideline for drinking water quality, 2nd ed., vol. 2, health criteria and other supporting information. World Health Organisation, Geneva.
- [17] Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement (CCMRE). 1987. Recommandations pour la qualité des eaux au Canada, Préparé par le Groupe de travail sur les recommandations pour la qualité des eaux du Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement, 350p.

- [18] Yu J.Y. et Heo B. Dilution and removal of dissolved metals from acid mine drainage along Imgok Creek, Korea. *Appl. Geochem.* 16, 1041-1053 (2001).
- [19] McNeely, R.N., V.P. Neimanis and L. Dwyer. 1979. Water Quality Sourcebook – A Guide to Water Quality Parameters. Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Minister of Supply and Services Canada. Ottawa, ON.
- [20] LEYNAUD G. (1968). Les pollutions thermiques, influence de la température sur la vie aquatique. B.T.I. Ministère de l'agriculture, 224-881.
- [21] BREMOND R., PERRODON C. (1979). Paramètres de la qualité des eaux. Ministère de l'environnement et cadre de vie. Prévention des pollutions. 2ème éd: 259 p.
- [22] Soares, H.M.V.M., R.A.R. Boaventura, A.A.S.C Machado et J.C.G. Esteves da Silva, 1999, Sediments as monitors of heavy metal contamination in the Ave river basin (Portugal) : multivariate analysis of data, *Env. Poll.*, 105, 3 , pp. 311-323.
- [23] AFNOR, (1997). Qualité de l'eau. Recueil des Normes Françaises Environnement. Tomes 1, 2, 3 et 4. 1372 p.
- [24] DE VILLERS J., SQUILBIN M., YOURASSOWSKY C., 2005. Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface: cadre général Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement / Observatoire des Données de l'Environnement, 16p.
- [25] MARTIN. J.H ; KNAUER. G.A, 1983. Vertex : manganese transport with CaCo3. *Deep Sea Res.*, Vol 30. P. 411-425.
- [26] Katemo M.B., 2009. Évaluation de la contamination de la chaîne trophique par les métaux lourds dans le bassin de la Lufira supérieure (Katanga/ RD Congo). Mémoire de DEA, Université de Lubumbashi. 50p.
- [27] Fergusson, J.E., 1990. The Heavy Elements, Chemistry. Environmental Impact and Health Effects. Pergamon Press, 614 pp.
- [28] François A., 1987. Synthèse géologique sur l'arc cuprifère du Shaba (Rép Du Zaïre). Centenaire de la Société belge de géologie. p 55-65.
- [29] Kabata-Pendias A., Piotrowska M., Dudka M., 1993. *Trace elements in legumes and monocotyledons and the suitability for the assessment of soil Contamination in: MARKET B(Ed) plants are biomonitors for heavy Metal in the terrestrial environment.* Wheinheim, VCF, 485-494.
- [30] Vörösmarty, C.J., McIntyre, P.B., Gessner, M.O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S.E., Sullivan, C.A., Reidy Lie rmann, C., Davies, P.M., 2010. Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature* 467, 555–561.
- [31] Rubio, B.,M.A. Nombela et F.M. Vilas, 2000, Geochemistry of major and trace elements in sediments of the Ria de Vigo (NW Spain) : an assessment of metal pollution, Vigo, Espagne, *Metal Poll. Bulletin*, 40, 11, pp. 968-969.
- [32] Poté, J., Haller, L., Loizeau, J.-L., Garcia Bravo, A., Sastre, V., Wildi, W., 2008. Effects of a sewage treatment plant outlet pipe extension on the distribution of contaminants in the sediments of the Bay of Vidy, Lake Geneva, Switzerland. *Biores. Techn.* 99, 7122–7131.
- [33] Ngongo M.L., Van Ranst E., Baert G., Kasongo E.L., Verdoodt A., Mujinya B.B. & Mukalay J.M., 2009. Guide des Sols en R.D.Congo, Tome I. Étude et Gestion. UGent, HoGent, UNILU. Lubumbashi, 262 p.

Impact des rejets miniers liquides de l'usine Chemical of Africa (CHEMAF) en activité sur la qualité des eaux souterraines au Quartier Tshamilemba à Lubumbashi (Katanga/R.D. Congo)

[Impact of liquid tailings of Chemical Plant of Africa (CHEMAF) in activity on groundwater quality in the area Tshamilemba in Lubumbashi (Katanga/DR. Congo)]

S. Kashimbo Kalala¹, B. Mongoli Mwanga¹, P. Kazadi Kanyama², and M. Mpundu Mubemba¹

¹Département de Phytotechnie, Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Lubumbashi, BP 1825, R.D. Congo

²Département de Biochimie, Faculté de Médecine Vétérinaire, Université de Lubumbashi (2012), B.P 1825, R.D. Congo

Copyright © 2015 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: Hydrometallurgical Plant Chemical of Africa (CHEMAF) is causing high concentrations of ETM found today in soils and water wells, due to its liquid effluent discharges out of its site. Indeed, two transects were established at district summers Tshamilemba to collect soil and water samples in the wells distributed along the two transects. The first has 7 GW1 point, GW2, GW3, GW4 GW 11, GW12, GW13 and the second six points GW5 GW6, GW7, GW8, GW9 and GW10. Laboratory test results indicate the presence of high concentrations of trace elements in the water with 4.112 mg/L at 13 wells, 90.551mg/L in well 1 for lead. These values exceed the WHO limit value of 2 mg/L (Cu) and 0.1mg/L (Pb). Cd presents 5.234 mg/L in 1, while the threshold value is set to 0.003 mg/L. In soil, there are also copper grades ranging from 140.8mg / kg in point 11, 945.2mg/kg in 3, these values are higher than the limit value of 100 mg/kg. Copper in high contents are encountered in the sample wells on the first transect nearby CHEMAF plant. The high contents of Cu, Pb, Cd are therefore responsible for the extinction of some plant families of different skin and respiratory diseases encountered in many people (especially young people) living in this area and especially Tshamilemba pollution Environment.

KEYWORDS: Groundwater, wells, transfer, Groundwater, ETM, Environment, Tshamilemba.

RÉSUMÉ: L'usine Hydrométallurgique Chemical of Africa (CHEMAF) est à l'origine de fortes concentrations en ETM constatées de nos jours dans les sols et les eaux des puits, du fait de ses rejets d'effluents liquides hors de son site. En effet, deux transects ont été établis au quartier Tshamilemba afin de prélever les échantillons de sols et d'eaux dans les puits repartis le long de ces deux transects. Le premier a 7 points GW1, GW2, GW3, GW4, GW 11, GW12 et GW13 et le deuxième 6 points GW5, GW6, GW7, GW8, GW9 et GW10. Les résultats d'analyse de laboratoire indiquent la présence de fortes teneurs en éléments traces dans l'eau avec 4.112 mg/L au puits 13, 90.551mg/L au puits 1 pour le plomb. Ces valeurs dépassent la valeur limite de l'OMS fixée à 2 mg/L (Cu) et 0.1mg/L (Pb). Le Cd présente 5.234 mg/L au point 1 alors que la valeur seuil est fixée à 0.003 mg/L. Dans le sol, on note également des teneurs en cuivre variant entre 140.8mg/Kg au point 11, 945.2mg/Kg au point 3, ces valeurs sont supérieures à la valeur limite fixée à 100mg/Kg. Les teneurs élevées en cuivre sont rencontrées dans les échantillons des puits situés sur le premier transect à proximité de l'usine CHEMAF. Les fortes teneurs en Cu, Pb, Cd sont donc responsables de l'extinction de certaines familles des plantes, de différentes maladies dermatologiques et respiratoires rencontrées chez plusieurs personnes (surtout chez les jeunes) vivant dans ce quartier Tshamilemba et surtout de la pollution de l'Environnement.

MOTS-CLEFS: Eaux souterraines, puits, transfert, Nappe phréatique, ETM, Environnement, Tshamilemba.

1 INTRODUCTION

L'exploitation minière de métaux de base (Cu, Co, Pb, Zn) au Katanga est comptée parmi les activités industrielles génératrices de sérieux problèmes de pollution métallique des ressources en eau [1, 2]. L'on a recensé une dizaine d'usines hydrométallurgiques en province n'étant pas dotées d'un système de recyclage des effluents liquides, déchets finaux des procédés métallurgiques. Ces déchets toxiques résultant des activités minières et métallurgiques sont massivement déversés sans traitement préalable dans le milieu (Rivières) et entraînent la contamination des eaux de surface, des sédiments, des sols et des eaux souterraines avec comme conséquences la contamination de la chaîne alimentaire et la perte de la biodiversité aquatique [3]. En plus de leur charge en métaux lourds, les résidus qui résultent des procédés métallurgiques de l'usine CHEMAF sont enrichis en sulfures de fer qui restent sous forme des remblais non exploitables [4, 5]. L'oxydation de ces minéraux sous l'action de l'eau et de l'oxygène atmosphérique permet aux résidus de produire, en absence des minéraux neutralisants, des effluents dont les eaux sont généralement acides et chargées en micropolluants minéraux et en ions majeurs, notamment les sulfates [6, 7]. Ces lixiviats appelés drainage minier acide (DMA) ou neutre (DMN), dont les processus chimiques et biologiques de formation sont largement décrits dans la littérature [8, 9], constituent une source de nuisance pour l'environnement en général. Dans le cas des écosystèmes aquatiques souterrains, ce phénomène a été remarqué dans plusieurs pays où il y avait des exploitations minières des gisements sulfurés [2, 10, 11]. Les effets des rejets de ces usines de production de cuivre au Katanga se révèlent être négatifs pour l'environnement dans toutes les parties du district où la Gécamines a fonctionné. En plus des contaminations en éléments traces métalliques, la pression anthropique est en pleine croissance, ce qui renforce les effets sur l'environnement [12].

Le quartier Tshamilemba, situé en aval du complexe industriel Chemical of Africa (CHEMAF) reçoit des quantités énormes d'effluents liquides chargés en substances dangereuses depuis plusieurs années. L'hydrogéologie indique que les eaux souterraines coulent de l'amont, au niveau du quartier Kigoma en passant par l'usine CHEMAF vers l'aval dans les habitations du quartier Tshamilemba suivant la topographie et terminent sur les sols et dans les puits d'eaux utilisés pour la réalisation des besoins primaires. Les résultats de l'étude indiquent que les ETM à l'instar du Cu, Co, Cd, Pb ont été trouvés en quantités excessives dans les échantillons d'eau et de sols prélevés à Tshamilemba. Ils forment différentes associations sous forme des groupes lorsqu'on réalise une ACP. Les groupes 1, 2 et 3 représentant respectivement les puits P1, P2, P3, P4, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13 présentent un danger au regard des résultats de la concentration en ETM dans l'eau souterraine, le sol des jardins ainsi qu'au regard des résultats sur les paramètres physico-chimiques.

L'objectif de cette étude était de déterminer les niveaux des teneurs en ETM dans les eaux des puits et les sols du quartier Tshamilemba, ainsi que les différents paramètres physico-chimiques impliqués dans les mécanismes de transfert de ceux-ci à travers les couches du sol jusqu'à la nappe phréatique afin d'évaluer le risque de contamination de l'environnement et surtout de la chaîne alimentaire par l'intermédiaire de cette eau polluée prélevée au regard des valeurs en ETM trouvées.

2 MILIEU, MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 SITE D'ÉTUDE

Le site d'étude retenu dans la présente recherche est le quartier Tshamilemba, situé non loin du centre ville de Lubumbashi, dans la commune annexe de la chefferie Kaponda. Il est entouré au Sud par l'école Djandja, à l'Est par l'entreprise CHEMAF, usine hydrométallurgiques de traitement et d'enrichissement des minerais et à l'Ouest par la rivière qui porte son nom. La figure ci-dessous présente une vue sur le site d'étude et la localisation de 13 points d'échantillonnage de l'eau et des sols (**Figure 3**).



Figure 1: Localisation de la zone d'étude et des points de collecte (GW1 à GW13)

Le site d'étude est situé à 1257 m d'altitude, à 11°39'00.67" de Latitude Sud et à 27° 29'57.72" de Longitude Est. Du point de vue topographique, elle est située sur une pente légèrement faible par rapport au site de CHEMAF. Ce qui explique le débordement des eaux des pluies ainsi que celles usées de l'enceinte de l'usine de CHEMAF, emportant tout au passage jusque dans les parcelles de la population du quartier Tshamilemba malgré le système de drainage construit par celle-ci. Le tableau suivant donne les coordonnées de la zone, le niveau de l'eau dans chacun des puits, ainsi que la situation particulière autour de ces différents puits à observer (**Tableau 1**).

Tableau 1: Situation géographique, caractérisation floristique et Niveau d'eau dans les puits

Identification	Coordonnées géographiques Latitude(S) Longitude(O)	Végétation	Niveau de l'eau Dans les puits	Situation autour du puits
GW001	11°30'47.0" 27°38'17.5" Altitude;1255m	Petit jardin.	30Cm	Moins protégé Loin de la toilette.
GW002	11°38'47.2" 27°30'14.6" Altitude;1254m	Petit jardin et des bananiers.	30cm	Protégé et loin de la toilette
GW003	11°38'49.2" 27°30'09.9" Altitude;1259m	Presque pas de végétation.	178Cm	Protégé mais, non loin de la toilette.
GW004	11° 38' 51.9" 27° 30' 39.09" Altitude;1254m	<i>Manihot esculenta</i> , <i>Hyparrhenia rufa</i> <i>Euphorbia hista</i> .		Protégé, toilette , poubelle à coté.
GW005	11°38'50.9" 27°30'09.9" Altitude; 1254m	<i>Hyparrhenia</i> , <i>Saccharum officinarum</i> , <i>Euphorbia hista</i> .	30Cm	Toilette éloignée. A coté de la poubelle
GW006	11°38'51.4" 27°30'19.4" Altitude;1254m	Fleurs ornementales.	20Cm	Protégé, toilette moins éloignée.
GW007	11°38'53.5" 27°30'11.4" Altitude;1258m	<i>Elais guinneensis</i> <i>Paspalum notatum</i> , <i>Hyparrhenia rufa</i> .	40Cm	Loin de la toilette et bien protégé
GW008	11°39'03.2" 27°30'03.7" Altitude;1251m	Jardin, fleurs ornementales.	75Cm	Protégé, avec tranchées.
GW009	11°39'08.4" 27°29'57.7" Altitude;1250m	<i>Tithonia diversifolia</i> , fleurs ornementales.	150Cm	Protégé et loin de la toilette.
GW010	11°39'08.4" 27°29'50.9" Altitude;1247m	<i>Imperata cylindrica</i> , <i>hyparrhenia rufa</i> , <i>Euphorbia hista</i> .	155Cm	Protégé et loin de la toilette.
GW011	11°39'00.7" 27°29'47.9" Altitude;1251m	<i>Citrus</i> et <i>Persea americana</i> , <i>Imperata</i> <i>cylindrica</i>	130Cm	Protégé et loin de la toilette.
GW0012	11°38'59.4" 27°29'53.6" Altitude;1250m	<i>Persea americana</i> , fleurs ornementales.	1Cm	Moins éloigné.
GW0013	11°38'54.0" 27°30'03.3" Altitude;1251m	Presque pas de végétation.	60Cm	Bien protégé et éloigné.

2.2 MATÉRIELS

2.2.1 MATÉRIELS À ANALYSER

2.2.1.1 LE SOL

Les sols de ce quartier appartiennent au groupe de ferralsol tel que spécifié en séries selon la description de Van Wambeke [13]. Les échantillons des sols ont été récoltés chaque fois à coté du puits ou l'on a prélevé l'échantillon d'eau, à l'aide de la tarière et à 30 cm de profondeur.

2.2.1.2 L'EAU

Tshamilemba demeure parmi les quartiers de la ville de Lubumbashi à avoir de sérieux problèmes concernant la desserte en eau potable, car pour tout ce quartier, on ne trouve qu'un seul point d'eau estimée potable (eau de robinet) où elle ne coule qu'à des heures bien établies. Situé au centre du quartier à coté du terrain de football, cette denrée (Eau potable) est

rare dans ce quartier, cela justifie l'usage abondant de l'eau de puits pour tous les travaux ménagers. L'on note presque dans chaque parcelle la présence d'un puits d'eau.

2.2.2 MATÉRIELS DE TERRAIN

2.2.2.1 MATÉRIELS SERVANT À LA RECOLTE DES ÉCHANTILLONS DE SOLS ET DE L'EAU

Les matériels ci-dessous ont servi à la récolte des échantillons d'eau et de sols sur le terrain, au quartier Tshamilemba. Il s'agit de:

- Bouteilles plastiques;
- Sachets en polyéthylène;
- Gants en latex sans talc;
- Formulaires de prise des paramètres de terrain;
- Eau distillée;
- Détergent;
- Sac plastique dur pour le transport des échantillons;
- Pinceau;
- Bidon de 2 litre;
- Mètre ruban d'environ 3m.

2.2.2.2 LES APPAREILS

Le travail sur le terrain exige pour son bon déroulement, un ensemble d'appareils permettant le prélèvement des paramètres de terrain ainsi que les coordonnées géographiques. Il s'agit d':

- Un multi probe HACH HQ40 pour la détermination de certains paramètres tel que le pH et la conductivité de l'eau;
- Un GPS pour les coordonnées géographiques;
- Une montre pour préciser l'heure de prélèvement;
- Un appareil photo.

2.3 METHODOLOGIE DE TERRAIN POUR LE PRELEVEMENT DES ÉCHANTILLONS D'EAU ET DE SOLS

Deux transects parallèles ont été établis le long du mur séparant l'usine CHEMAF du quartier Tshamilemba. Le premier situé à 2 m du mur de CHEMAF est long d'environ 200m et a comporté 7 points de prélèvement à savoir GW1, GW2, GW3, GW4, GW13, GW12, GW11. Le second transect, ayant la même longueur que le premier se trouve à une distance d'à peu près 70m du mur de CHEMAF. Il comporte 6 points de prélèvement espacés l'un de l'autre de 10 à 20m : il s'agit des points GW5, GW6, GW7, GW8, GW9, GW10.

Il convient de signaler que dans la partie couverte par le second transect, l'usage de l'eau de puits est généralisé: la vaisselle, la lessive sans omettre le bain pour certains ménages n'ayant pas la possibilité de parcourir de longs trajets afin d'avoir l'eau de robinet.

2.3.1 ÉCHANTILLONNAGE DE L'EAU

Les échantillons d'eau ont été prélevés dans les différents puits au moyen d'un bidon plastique préalablement nettoyé à l'eau distillée. Sur le premier transect, 7 puits ont fait l'objet d'un prélèvement d'eau, qui sera ensuite envoyé au laboratoire pour analyse. Des bouteilles plastiques ont servi à recevoir de l'eau, après avoir été puisée du puits à l'aide d'un bidon auquel est attaché une corde. Le rinçage de ce bidon à l'eau distillée se fait chaque fois que l'on passe d'un point à un autre. Ceci pour réduire le risque de contamination externe des échantillons pouvant conduire finalement à des résultats faussés et erronés [14].

2.3.2 ÉCHANTILLONNAGE DE SOL

Les échantillons de sol ont été prélevés selon la méthode aléatoire à l'aide de la tarière et chaque fois à une profondeur de 30cm. Il a été convenu de choisir un endroit non loin du puits et, qui n'a pas été perturbé par les activités anthropiques.

2.4 MÉTHODE DE LABORATOIRE

2.4.1 PRÉPARATION DE L'ÉCHANTILLON

Après l'étape de terrain, les 13 échantillons de sols ont été séchés à l'air libre (au soleil). Vient ensuite, le broyage des échantillons, qui a consisté à réduire les grosses mottes en fraction plus petites avant de les soumettre au tamis de 2mm afin d'obtenir la partie fine(Argile), matière de base sur laquelle les analyses physico-chimiques peuvent être réalisées.

Les échantillons d'eau passeront par une digestion d'acide simple pour l'examen des Eaux potables et usées [15] : un volume de 10 ml de chaque échantillon d'eau préalablement acidifié est placé dans une éprouvette à laquelle est ajoutée un volume de 0,5 ml d'acide nitrique ultra pur(concentration résiduelle en ETM < 10 ppm), puis les éprouvettes sont mises dans un bloc chauffant à 105°C sous une hotte pendant 2 h Sans atteindre l'ébullition. Une fois refroidies, les éprouvettes sont diluées à 10 ml avec de l'eau ultra-pure type IASTM puis stockées à 4°C en attendant les analyses.

2.4.2 LES ANALYSES DEMANDÉES

2.4.2.1 LA CONCENTRATION EN ETM DANS L'EAU

L'eau ainsi échantillonnée sera analysée à " l'Inductively Coupled Plasma" (ICP) autrement dit « plasma à couple inductif » (PCI). L'objectif étant de déterminer les concentrations en ETM dans l'eau en tenant compte des limites de détection de l'appareil, fixées pour chaque élément métallique. Il s'agit: du Cu, du Co, du Cd, du Pb et de l'U. On peut aussi ajouter d'autres paramètres physico-chimiques comme: le pH, la C.E. ainsi que la Turbidité.

2.4.2.2 LA CONCENTRATION EN ETM DANS LES SOLS

Dans les mêmes conditions, sur l'ICP, les échantillons de sol subiront aussi la même analyse par le principe de la "spectrométrie d'émission atomique" afin de déterminer la concentration en Cu, Co, Cd, Pb, U, Fe, Mn ainsi que le pH.

2.5 TRAITEMENT STATISTIQUE DES DONNÉES

Pour les échantillons d'eaux et des sols, les résultats de laboratoire seront comparés aux normes internationales déterminées par l'organisation mondiale de la santé (OMS) reprises ici dans le tableau 5. Les quelles normes sont utilisées par beaucoup des pays à travers le monde [16].

Palaeontological statistics (PAST) est le logiciel statistique naturaliste qui permettra les traitements des résultats des analyses des échantillons d'eaux et des sols par l'aval de l'analyse en composantes principales (ACP), pour la détermination des corrélations entre les facteurs étudiés d'une part et les paramètres chimique, physiques et physicochimique d'autre part. Cette analyse permettra aussi de réduire le nombre des variables et de détecter les structures dans les relations entre variables.

3 RÉSULTATS

Les tableaux 2, 3, 4 ci-dessous présentent les résultats de terrain et d'analyse de laboratoire des eaux prélevées dans les puits du quartier Tshamilemba. Cinq éléments traces métalliques ont fait l'objet d'analyse de laboratoire Cu, Co, Pb, Cd, U (Tableau 2).

3.1 LES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES DANS L'EAU PRELEVEE DANS LES PUIITS

Tableau 2: Paramètres physico-chimiques dans les échantillons d'eau pris sur terrain

Site	Date	Time	pH	C.E	ORP	Temp/pH	Temp/C.E	Identités
ID	(M/J/A)	(24h)	S.U	μS/Cm	mV	(°C)	(°C)	échantillons
GW001	04.18.2014	07:45	5.9	1556	84	20.6	20.5	04182014GW001
GW002	04.18.2014	08:45	5.89	2172	84.6	20.3	20.8	04182014GW002
GW003	04.18.2014	09:10	5.73	1990	94.2	22.3	22.4	04182014GW003
GW004	04.18.2014	09:35	5.39	2051	114.4	23.7	23.3	04182014GW004
GW005	04.18.2014	10:00	5.37	1395	115.8	23.8	24.2	04182014GW005
GW006	04.18.2014	10:25	5.35	1480	117.2	24.9	25.4	04182014GW006
GW007	04.18.2014	10:50	6	2910	78.7	24.8	25.2	04182014GW007
GW008	04.18.2014	11:25	6.43	2290	53.7	26.2	24	04182014GW008
GW009	04.18.2014	12:00	6.68	3670	38.8	24.4	24.5	04182014GW009
GW010	04.18.2014	12:25	5.1	5290	32.9	28.4	30.9	04182014GW010
GW011	04.18.2014	12:55	4.94	3990	140.8	24.6	25.2	04182014GW011
GW012	04.18.2014	13:30	6.62	4840	42.7	25	24.7	04182014GW012
GW013	04.18.2014	14:00	6.28	3690	62.9	25.7	26.6	04182014GW013

Il ressort du tableau 2 présentant les paramètres physico-chimiques pris sur le terrain que les valeurs de pH varient entre la gamme de légèrement acide à très acide. Ces valeurs oscillent entre 4.94 à 6.68. Le pH faible (très acide) de 4.94 a été observé dans le puits 11, situé sur le premier transect, à proximité de l'usine CHEMAF. *L'Imperata cylindrica* indicatrice de l'acidité du sol [17] est parmi les espèces végétales rencontrées dans les 100 mètres près du puits. L'eau a été prélevée à une hauteur piézométrique de 155 cm. Tandis que la valeur de pH élevée de 6.68 bien que légèrement acide a été trouvée au niveau du puits 9, situé sur le deuxième transect, à proximité d'un champ de maïs. L'espèce *tithonia diversifolia* est la plus rencontrée autour de ce puits. L'eau a été prélevée à une hauteur piézométrique de 150 cm. Au regard des valeurs de pH reprises dans le tableau 2. S'agissant de la conductivité électrique, les valeurs dans l'ensemble sont très élevées et dépassent la valeur limite fixée dans l'intervalle de 300 à 1200μS/cm pour l'eau douce selon l'OMS. La valeur la plus élevée de la conductivité a été observée dans le puits 10 avec 5290 μS/Cm, tandis que la faible valeur mais qui dépasse la limite est de 1395 μS/Cm, observée au cinquième puits. Une eau dont la conductivité est supérieure à 1.200 μS/cm ne peut plus être considérée comme une eau douce. Considérant le potentiel d'oxydo-réduction (ORP) qui est fonction de l'équilibre entre les formes réduites et les formes oxydées des composés chimiques présents, les valeurs mesurées au niveau de toutes les stations pour ce paramètre sont positives et oscillent entre 32.9 (GW10) et 140.8 mV (GW11). Les deux températures (celle liée au pH et celle liée à la conductivité) ont varié de la même façon avec des valeurs moyennes oscillant entre 20.3 et 30.9°C. Les basses températures ont été observées au niveau des puits 1 et 2 et celles élevées (28.4 et 30.9°C) dans le puits 10. En résumé, les eaux souterraines prélevées dans les puits au quartier Tshamilemba ne sont pas de bonne qualité et peuvent induire des conséquences néfastes sur la santé du consommateur [18] (Figure 2).

3.1.1 CORRELATIONS ENTRE PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES TOUS PUIITS CONFONDUS

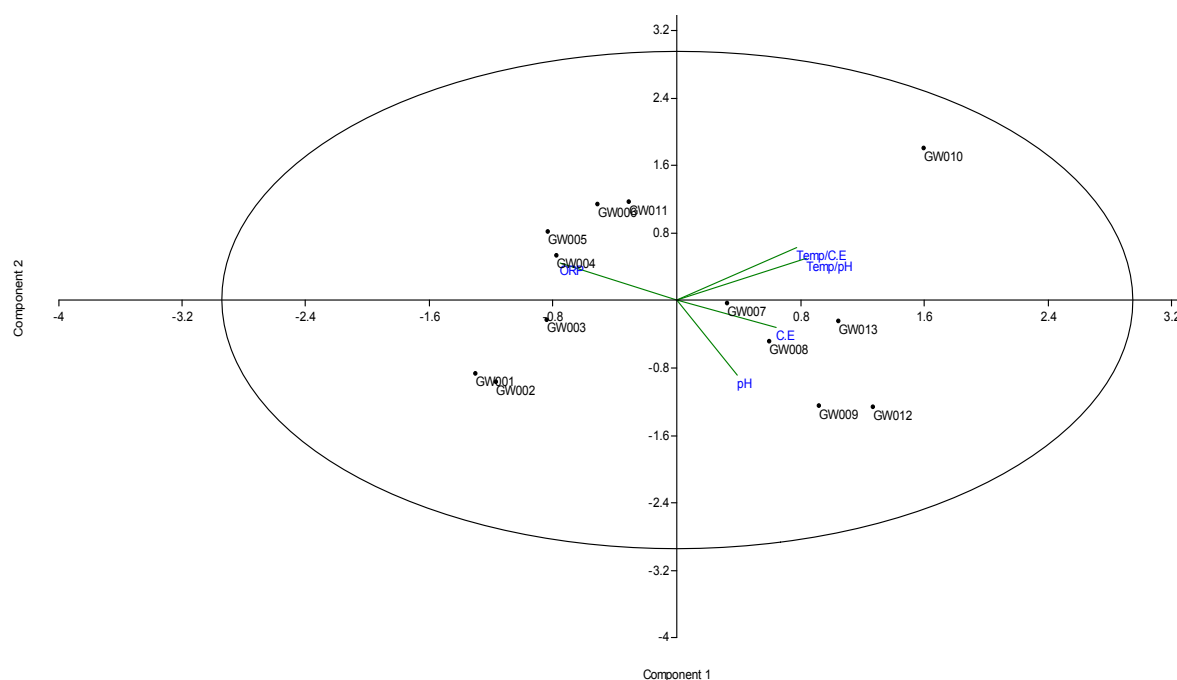


Figure 2 : Graphique des corrélations entre Paramètres physico-chimiques tous puits confondus

Au regard du graphique 2, des corrélations entre paramètres physico-chimiques, il apparaît clairement que les deux températures sont positivement, significativement corrélées et cela s'observe dans le puits 10 suivis des puits 7, 8, 9, 12 et 13. Dans ces puits on note aussi une corrélation entre les paramètres physico-chimiques, c'est-à-dire entre les températures, la conductivité électrique et le pH. Par contre le potentiel d'oxydo-réduction regroupe un nuage des points constitué des puits ayant des valeurs élevées concernant ce paramètre, il s'agit des puits 4 (114.4mV), 5 (115.8mV), 6 (117.2mV) et 11 (140.8mV) ou la gamme de pH reste acide, les valeurs de la conductivité électrique gravitent entre 1330 et 3990 $\mu\text{S}/\text{Cm}$ et ou les températures ne dépassent pas les 25°C [18].

3.2 CONCENTRATION DES ETM DANS L'EAU SOUTERRAINE DES PUIITS

Tableau 3 : Concentration d'ETM dans l'eau prélevée dans les puits au Quartier Tshamilemba (mg/L)

ID	Cu	Co	Pb	Cd	U	pH
GW001	3,53	10,935	90,551	5,234	0,098	6,08
GW002	3,41	6,716	35,456	3,273	0,095	6,34
GW003	2,88	8,8	15,567	2,756	0,006	6,37
GW004	1,117	0,931	7,535	2,045	0,003	5,62
GW005	0,579	0,048	13,305	4,854	0,005	6,09
GW006	1,447	7,9	15,232	3,763	0,001	4,9
GW007	0,382	0,048	5,476	3,925	0,002	6,79
GW008	0,765	1,337	2,75	1,674	0,001	6,89
GW009	1,235	3,127	9,853	2,564	0,002	6,49
GW010	0,81	0,098	3,456	0,924	0,001	4,08
GW011	1,832	0,069	3,453	0,825	0,024	4,02
GW012	0,233	2,543	3,525	1,084	0,001	7,21
GW013	4,112	8,462	27,037	2,003	0,001	6,83
TMA(OMS)	2	-	0,1	0.003	0,015	6.5-9.5

*TMA: Teneur Maximale Acceptée par l'OMS (2005)

Les résultats d'analyses de laboratoire que présente le tableau 3 ci-dessus indique que le pH de l'eau varie dans les différents puits inspectés à Tshamilemba. En général, les valeurs de pH varient de 4.02 dans le puits 11 à 7.21 dans le douzième. La tendance générale par rapport au pH évolue d'une gamme de pH très acide à acide, puis d'acide au pH neutre. La concentration du cuivre dans l'eau reste en général inférieure au seuil de toxicité fixé à 2mg/L dans les puits de GW4 à GW12. Par contre, l'on note des valeurs supérieures à la norme pour les puits GW1, GW2, GW3 et GW13 respectivement 3.53, 3.41, 2.48 et 4.112mg/L de Cu. Ces 4 puits sont situés sur le premier transect où les conséquences liées au débordement des effluents de CHEMAF s'observent sur le sol et la végétation [19]. La concentration en cobalt est relativement élevée dans certains puits et reste inférieure au seuil de toxicité. Comme le cuivre, les trois premiers points ainsi que le dernier présentent des valeurs élevées par rapport aux autres. Ceci peut être justifié par l'éloignement de la source de pollution. Ces points sont sur le premier transect donc proches de la source de pollution. La teneur en Plomb est élevée et dépasse le seuil acceptable fixé à 0.1mg/L. Les valeurs sont très élevées sur les quatre points précédemment évoqués ci haut (GW1, GW2, GW3 et GW13). La teneur en cadmium varie de 0.81mg/L au point GW12 à 5.234mg/L au point GW1 donc, supérieure à la norme de toxicité fixée à 0.1mg/L. Cette concentration élevée s'explique naturellement comme anthropiquement. Naturellement c'est une espèce ionique (Cd^{2+}) dominante dans les sols à pH inférieur ou égale à 6.5, anthropiquement, il vient de l'entreprise qui fabrique des sulfates et des chlorures pour la préparation de l'acide sulfurique et chlorhydrique. A $\text{pH} \leq 6.5$ l'ion cadmium (Cd^{2+}) en présence de sulfate(SO_4) et chlorure(Cl_2) forme des complexes tels que le sulfate de cadmium (CdSO_4) et chlorure de cadmium (CdCl_2) [20] (Figure 3).

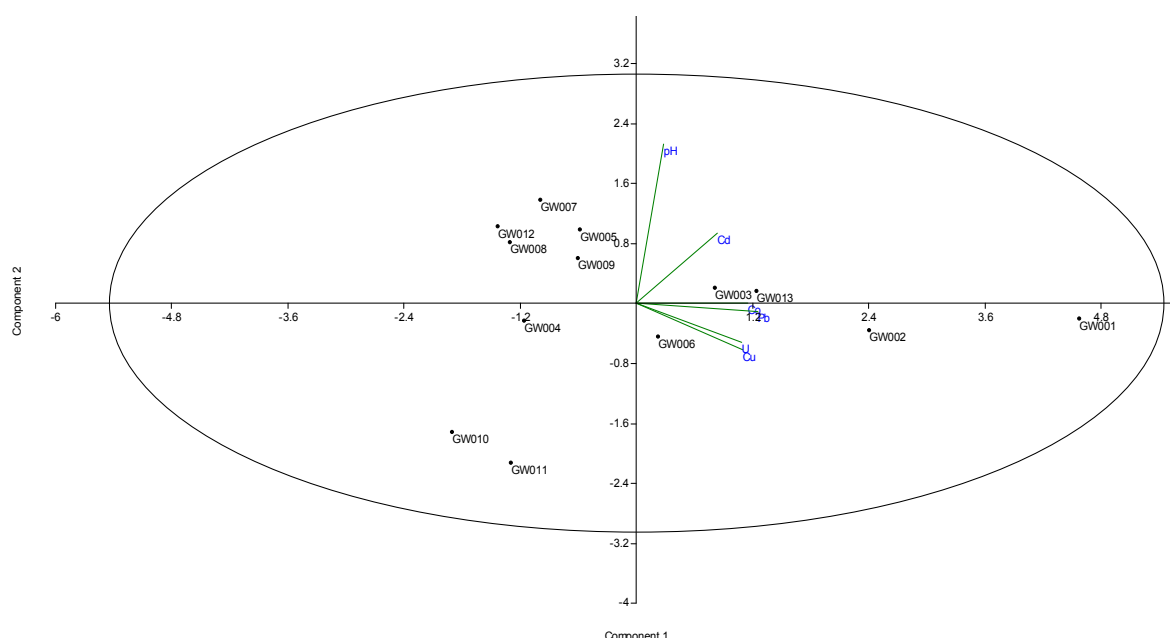


Figure 3: Graphique des corrélations entre ETM tous puits confondus

En se référant à la matrice des corrélations, on que le cobalt, le plomb et l'uranium présentent une corrélation positive hautement significative avec le cuivre. Pour le Co-Cu l'ordre de grandeur est de 0.81752, 0.68615 pour le Pb-Cu et 0.60202 pour l'U-Cu. On observe aussi une corrélation très significative entre le Cadmium et le plomb puis, l'uranium et le Plomb dont l'ordre des grandeurs est successivement de 0.62104 et 0.81927. Par contre, le cadmium présente une corrélation positive faible successivement avec le cuivre et le cobalt. Les ETM toxiques sont plus concentrés dans les puits 1, 2, 3, 5 et 13 ou on observe des valeurs de pH inférieures ou égales à 6,5. Ces puits sont proches entre eux et surtout proches de la source de pollution, plus précisément du canal d'évacuation des effluents liquides chargés en ETM. Ils sont situés sur le même transect, excepté le cinquième qui partage les deux transects. Dans les autres puits restants, les ETM ne présentent pas des relations avec un degré de significativité important. Néanmoins, on note une corrélation positive, significative entre les puits GW3 et GW13 puis une corrélation légèrement significative entre GW6, GW2 et GW1. Le premier groupe constitué de GW3 et GW13 se trouve corrélé positivement au Cd, Co, Pb et légèrement corrélé au pH, par contre le deuxième groupe présente une corrélation positive mais légèrement significative avec le cuivre et l'uranium. Ces corrélations ou non corrélations entre les

deux groupes phares se justifient par les différences qu'ils partagent sur le pH. Cette variation de pH peut être expliquée par la topographie.

3.2.1 RELATIONS ENTRE ETM ET LES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

Le Cu présente trois corrélations positives avec le pH, l'ORP et la conductivité. L'indice de corrélation entre Cu-pH étant de 0,60995, Cu-ORP: 0,6704 et enfin Cu-CE: 0,822440. En résumé, le Cu a une corrélation positive, hautement significative avec la conductivité électrique dans l'eau au regard du degré de significativité de la corrélation, deux corrélations positives significatives du cuivre et de l'ORP et enfin du cuivre et du pH (Figure 4)

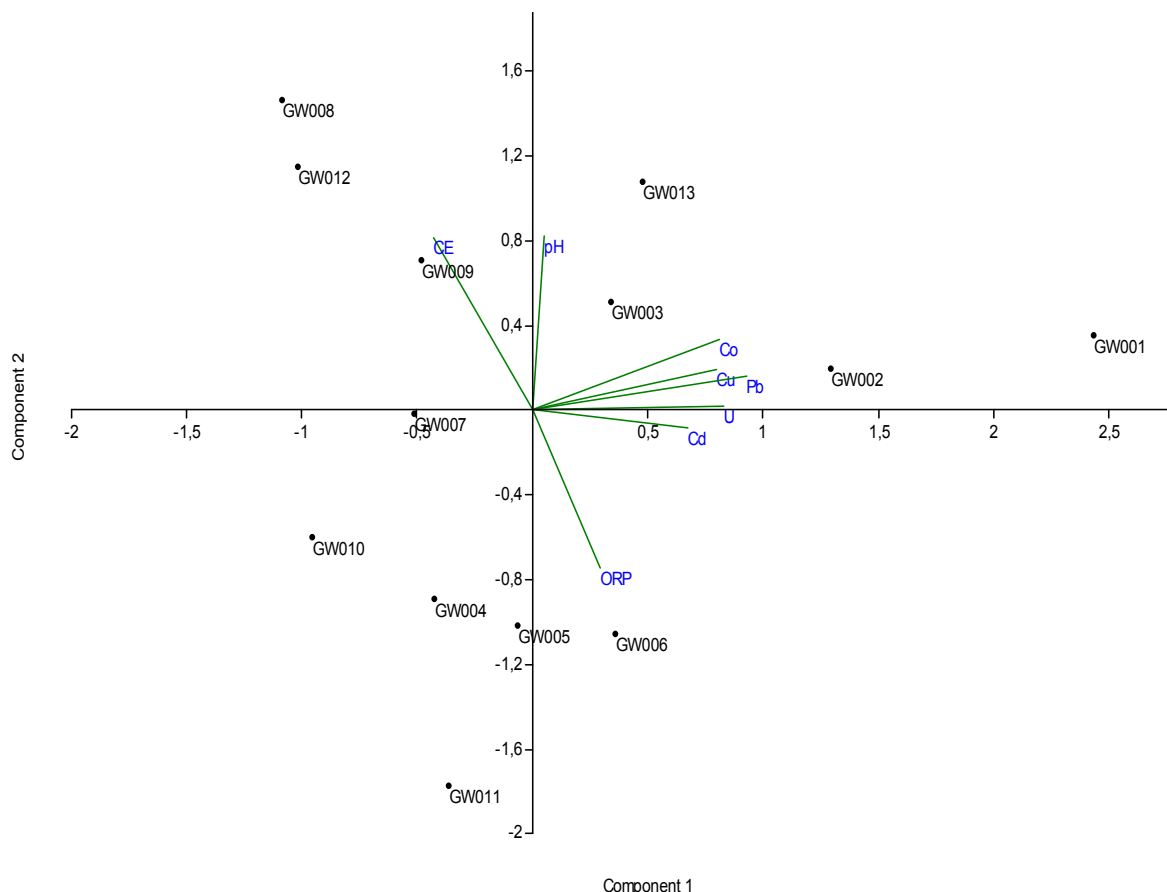


Figure 4 : Graphique des corrélations entre ETM et les paramètres physico-chimiques

Le plomb présente une corrélation positive significative avec le pH, l'indice étant de 0,68659, ensuite une corrélation positive très significative avec l'ORP, de 0,735 enfin une corrélation positive significative avec la CE de 0,69024. Au sommet de la pente, les ETM présentent des corrélations positives significatives avec le pH car à la sortie des effluents, les eaux qui arrivent sont chargées en produits issus des procédés métallurgiques de l'usine CHEMAF à l'instar du soufre sous forme soluble, qui au contact de l'eau cause le phénomène de drainage minier acide(DMA) qui contribue à la mobilité et à la distribution des ETM dans le sol, dans les eaux de surface ainsi que celles souterraines. Le DMA facilite les réactions d'oxydo-réduction en aval là où la pente est nulle (bas-fond), les ETM contenus dans les déchets peuvent être lixivés à travers les couches du sol durant leur parcours en augmentant la conductivité et en réduisant probablement le pH [21].

3.3 CONCENTRATION DES ETM DANS LE SOL AUTOUR DES PUITS

Tableau 4 : Concentration d'ETM dans le sol autour des puits au quartier Tshamilemba (mg/kg)

Sols	pH	Ca	Mg	Fe	Mn	Al	K	Cu	Co	Pb	Cd	U
1	6,88	27.3	10.54	1086	6,4	16,994	0.492	485,7	48	60	3,8	0,742
2	6,32	2.524	6.2	440	30	20,2	0.419	583,5	32	40	1,6	0,788
3	6,98	15.69	8	1186	94	17,424	0.322	945,2	60	60	3,2	0,634
4	6	3.538	6.6	762	56	25,26	0.325	261,8	14	0,2	2,8	0,89
5	6,25	4.692	7.6	406	38	14,964	0.378	760,6	40	1,4	2,4	0,764
6	6	11.93	9.42	752	10	16,084	0.414	800,5	26	1	4,4	0,902
7	6,85	5.608	7	512	5,8	16,732	0.271	388,2	38	86	4,6	0,5
8	6,3	7.17	6.2	222	3,2	14,072	0.309	827	94	0,4	4,6	0,74
9	5,94	8.688	7.6	878	6	24,12	0.405	360,7	22	0,8	40	0,95
10	6,85	3.986	7	728	8,6	26,14	0.42	560,3	66	1	6,4	1,014
11	6,53	5.874	6.2	994	4,2	27,3	0.521	140,8	60	0,4	5,6	1,052
12	6,3	5.018	7.4	502	62	22,02	0.485	150,2	36	0	1,8	0,98
13	6,72	2.45	6.4	1186	51,4	21,64	0.499	180,5	84	0,04	4	0,992
TMA	6.5-8.5	200	-	-	-	-	-	200	-	-	2	-

Il ressort du tableau 4 ci-dessus que la teneur du cuivre dans le sol montre une même tendance dans les échantillons de sols prélevés à Tshamilemba. Les valeurs sont très élevées aux points 3, 6, 8, 7, 2, et 1 respectivement 945.2, 800.5, 827, 388.2, 583 et 485.7mg/Kg et dépassent la valeur seuil fixé à 100mg/Kg pour le sol agricole selon la norme Française [22]. On note la valeur la plus élevée au point 3 avec respectivement 945.2mg/Kg de Cu et la plus faible au point 11 avec 140.8mg/Kg. Les fortes concentrations en cet élément rend défavorable la pratique des cultures sur ces sols du fait de leur toxicité métallique [23]. Cette toxicité du sol est due à sa position topographique, Tshamilemba constituant un point de chute des déchets enrichis en cuivre provenant de la source de pollution (CHEMAF) [24]. L'analyse du plomb montre une concentration inférieure au seuil requis dans les échantillons de sols. Cela s'explique par le fait que le plomb est l'un des éléments le moins mobile dans le sol. Il est 100 fois moins mobile que le cadmium (Perrono, 1999). Seul le point 7 frôle le seuil avec 86 mg/kg suivis des points 1, 2 et 3 titrant successivement 60, 40 et 60 mg/Kg. Le sol de Tshamilemba est caractérisé par une texture sablo-argileuse, ce genre de texture présente les phases d'adsorption dominante du plomb à pH acide ou neutre. Les points 1, 2, 3 et 13 marquent une grande différence puisqu'ils sont situés à coté des routes. Le point 7 sur le premier transect au bord de la route non asphaltée à coté de l'usine CHEMAF et les points 2 et 3 situés sur le deuxième transect à coté de la route Kiwele. Ces points reçoivent des particules métalliques venant des retombées atmosphériques des fumées issues des tuyaux d'échappement des véhicules, qui sont des sources probables du plomb dans les sols longeant les routes et les voies ferrées [25]. La concentration en cadmium varie entre 1,6mg/Kg au point 2 et 6,4mg/Kg au dixième point. Les points 2 et 12 présentent une teneur en Cd inférieure à la teneur normale acceptée par l'union européenne (2mg/kg) tandis que les 11 restants ont des teneurs en Cd supérieures à la teneur normale. Comme dit ci haut, le Cd^{2+} est l'espèce ionique dominante dans les solutions du sol à pH inférieur ou égale à 6, 5 ou il forme des complexes tels que le sulfate de cadmium et le chlorure de cadmium. Les points 2: 400mg/Kg, 5: 406mg/kg, 7: 512mg/Kg, 8: 222mg/Kg et 12: 502mg/Kg montrent une concentration normale en fer (200 -500mg/Kg) alors que le reste d'éléments (Cd, Pb et Cu) présentent des teneurs très élevées que la norme de l'OMS. Cela justifie le ralentissement de la croissance des cultures vivrières suite à un niveau de translocation élevé d'ETM du sol vers les parties comestibles (Bioaccumulation).

Les analyses de laboratoire montrent également des teneurs en Ca, K et Mg infiniment petites comparativement aux teneurs requises pour les éléments majeurs dans les sols à vocation agricole, néanmoins ils présentent un potentiel hydrogène avoisinant la neutralité. Les éléments majeurs faiblement concentrés dans le sol de Tshamilemba confirment l'hypothèse émise ci-haut, celle de la toxicité métallique des sols du Quartier Tshamilemba. Etant un des trois éléments indispensables pour la croissance des plantes, les faibles teneurs en calcium, potassium et magnésium dans les sols du quartier Tshamilemba ne lui permettent pas d'assurer la croissance des plantes. (Figure 5)

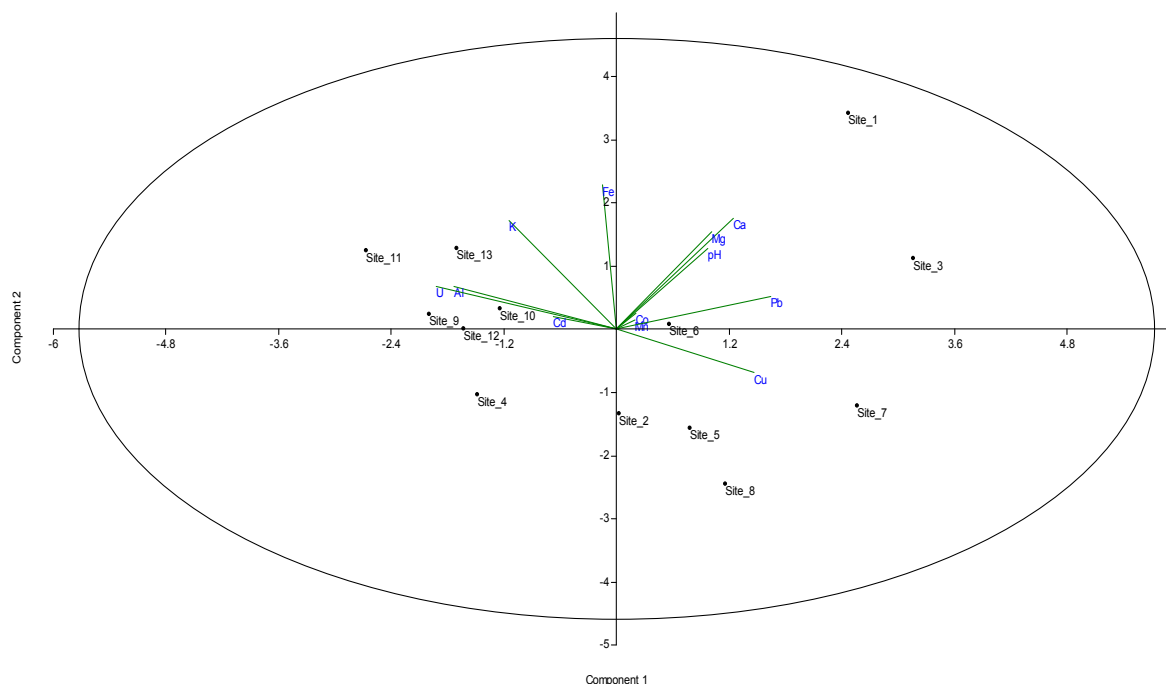


Figure 5 : Graphique des corrélations entre les ETM et les éléments majeurs dans le sol

Dans le sol, différents ETM produisent diverses corrélations entre eux. C'est entre autre le Cu ayant une corrélation positive significative corrélé au Co, au Fe, au Mn et à l'Al avec respectivement 0.603838, 0.7194, 0.5978, 0.5766 et 0.83605. Les corrélations du Cu s'expliquent par sa mobilité lorsque les complexes avec la matière organique sont rares, il montre la plus forte propension à être complexé par les substances humiques qui peuvent le précipiter dans les minéraux de fraction argileuse. Le Pb est positivement significativement corrélé au Cd au Mn et à l'Al avec comme indice 0.52377, 0.72633 et 0.735245. Sa concentration soluble est régulée par les précipitations des sels de plomb, par l'adsorption d'échanges spécifiques et par la formation des complexes stables avec la matière organique. Il faut dire qu'ensemble avec le Cu et le Co dans ce site, ils constituent une menace d'extinction pour les végétaux. La figure ci-dessous laisse voir les corrélations entre divers ETM et éléments majeurs En présence de la matière organique, le Fe opère un processus de transfert depuis la surface du sol vers les horizons profonds d'accumulation (horizon Bph) mais dans ce cas, à l'absence de la matière organique, les meilleures corrélations du Fe sont obtenues qu'avec le Mn et le K à cause d'une couche de sesquioxyde de fer trouvée déjà avant 30cm de profondeur aux points 1 et 13 [26].

Les trois groupes verticalement repartis sont caractérisés par des fortes teneurs en Al, Mn, Fe, Cu, Mg, Pb et Ca. On remarque une corrélation positive entre le Ca et le Mg au point 7 à pH acide. Ce point particulier sépare les deux transects. Voilà pourquoi ce point se distingue par la présence des *elaïs guinnéensis*, les *hypparrhénia* et les *paspalum notatum* qui ne sont pas faciles à cultiver dans ce quartier. De l'autre côté, les points 13, 8, 11 et 12 donnent une concentration considérable en U, Cd et Co car étant sur le même transect caractérisé par un éloignement moins significatif de la source de pollution.

4 DISCUSSION

4.1 LES NIVEAUX DE TENEURS EN ETM DANS LES EAUX DES PUIITS A TSHAMILEMBA

Du tableau des résultats des eaux présentés précédemment, on note des niveaux des teneurs très élevés en ETM dans les échantillons d'eau prélevés dans les puits au quartier Tshamilemba. D'un point de vue général, les eaux présentent un pH variant entre la gamme acide à légèrement acide, ou avoisinant la neutralité. Ces fortes teneurs en éléments traces dans l'eau dont le minimum est de 0.233mg/L au puits 12, le maximum de 4.112 mg/L au puits 13 dépassent la valeur limite fixée à 2mg/L pour le cuivre. Le minimum de 2.75 mg/L au puits 8 et le maximum de 90.551mg/L au puits 1 pour le plomb, ces valeurs dépassent largement la valeur limite dans l'eau fixée à 0.1mg/L. Le cadmium a un minimum de 0.82mg/L au puits 11, et un maximum de 5.234 mg/L au puits 1 alors que la valeur seuil est fixée à 0.003 mg/L. Ces résultats corroborent avec ceux d'une étude menée sur le même site par [3], celle-ci a débouché sur la modification physico-chimique des eaux de la nappe en aval de l'usine CHEMAF due à une contamination probable liée à la lixiviation des rejets d'effluents liquides qui débordent

les limites de la concessions depuis des dizaines d'années . Les lixiviats naturels percolant de ces résidus au moment des pluies ont montré le relargage de quantités importantes d'éléments traces métalliques dans les eaux souterraines [4]. Ces lixiviats se sont, s'infiltrés vers les eaux souterraines en plus de leur lessivage vers les sols et les eaux de surface. On note la diminution de cet impact plus loin en aval de l'usine CHEMAF expliquée par l'éloignement de la source de pollution ainsi que par l'effet de la dilution [27].

Les résultats des analyses physico-chimiques des échantillons d'eaux de puits montrent que le pH varie d'une gamme acide, cela s'observe dans les puits 1, 2, 3, 4, 5, 6, et 7 à celle proche de la neutralité dans les puits 8, 9 et devient très acide dans les puits 10 et 11. Par contre dans les derniers puits, le pH approche la neutralité. La conductivité électrique laisse voir des valeurs dans l'ensemble très élevées, qui dépassent le seuil acceptable par les normes de l'OMS pour l'alimentation humaine. Celle-ci montre une augmentation importante de l'amont à l'aval de l'usine CHEMAF. Elle passe d'une valeur moyenne de $1552 \mu\text{S cm}^{-1}$ et $2172 \mu\text{S cm}^{-1}$ respectivement dans P1 et P2 à $1990 \mu\text{S cm}^{-1}$ dans P3 et $2051 \mu\text{S cm}^{-1}$ dans P4. Ces valeurs diminuent légèrement dans P5 ($1395 \mu\text{S cm}^{-1}$) et P6 ($1480 \mu\text{S cm}^{-1}$). Au niveau du P7 jusqu'au P13, la conductivité électrique atteint des valeurs très élevées qui dépassent largement la limite acceptable de l'OMS. Considérant le potentiel d'oxydo-réduction (ORP) qui est fonction de l'équilibre entre les formes réduites et les formes oxydées des composés chimiques présents, les valeurs mesurées au niveau de toutes les stations pour ce paramètre sont positives et oscillent entre 32.9 (P10) et 140.8 mV (P11), ce qui traduit la présence des ETM dans les puits sous forme oxydée. Ces formes oxydées d'ETM dans l'eau ne sont pas mobiles que celles réduites et peuvent être liées aux phénomènes de fixation, de précipitation et de chélation entre les divers agents chimiques [28]. Les deux températures (celle liée au pH et celle liée à la conductivité) ont varié de la même façon avec des valeurs moyennes oscillant entre 20.3 et 30.9°C. Les basses températures ont été observées au niveau des puits 1 et 2 et celles élevées (28.4 et 30.9°C) dans le puits 10. Etant un facteur important qui régule plusieurs réactions biochimiques dans l'eau, on note que les hautes températures entraîneraient le réchauffement de l'eau, avec comme conséquence une dissolution et une dissociation de certaines formes d'éléments chimiques présents, la diminution de la quantité d'oxygène dissous nécessaire pour les êtres aquatiques [29]. Au regard des niveaux de concentration d'ETM associé aux paramètres physico-chimiques, on conclut que les eaux des puits du quartier Tshamilemba n'ont pas de qualité requise pour un quelconque usage selon les normes de l'OMS pour l'alimentation humaine (Figure 6).

4.2 LES CORRELATIONS, PARAMETRES EXPLICATIFS DES ASSOCIATIONS D'ETM DANS L'EAU

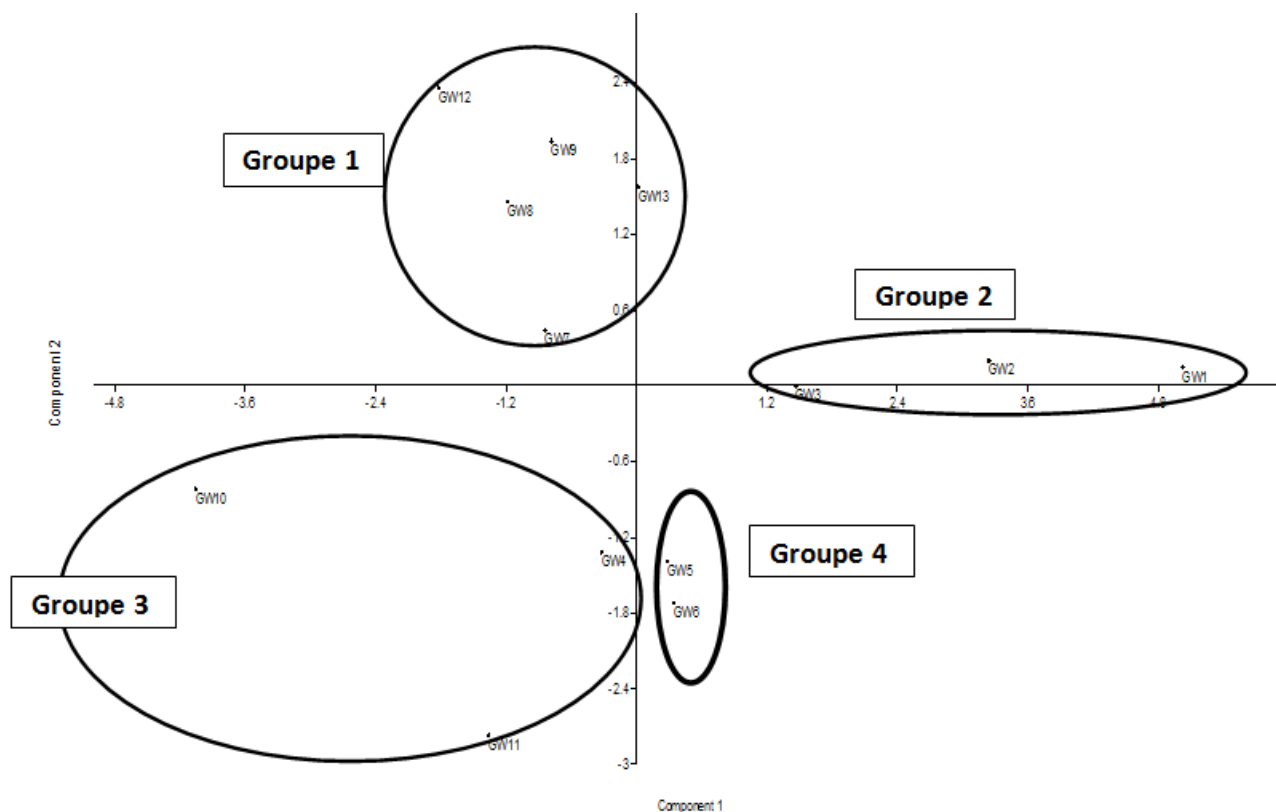


Figure 6 : Représentation en nuages des points des corrélations entre puits

Au regard du graphique 6, présentant les corrélations d'une part entre les ETM et les paramètres physico-chimiques et d'autre part entre les différents puits, il ressort la formation des nuages des points représentés sous forme des groupes (Groupe 1, 2, 3, 4.) influencés chacun soit par la concentration en ETM, soit par les paramètres physico-chimique, soit enfin par la distance par rapport à la source de pollution.

Le groupe 1 influencé fortement par la conductivité et le pH est constitué des puits 12, 9, 8, 7 et 13.

On observe dans ceux-ci une faible concentration en Cu, Co et U, avec de fortes concentrations en Cd et Pb. Le pH en général acide dans ces puits se trouve positivement corrélé aux valeurs élevées de la conductivité électrique. Les fortes concentrations en Cd et Pb sont le fait de la forte application des engrais chimiques sur les cultures effectuées dans le jardin pour espérer une croissance favorable des légumes mais aussi la proximité d'une route au passage très intense des véhicules, qui rejettent des fumées source probable de l'accroissement du taux de plomb dans le sol, eau, et l'air [30]. Les eaux dans ces différents puits ne peuvent faire l'objet d'aucun usage aux risques de provoquer des maladies diverses [31].

Le groupe 2 constitué des puits 1, 2, 3, 13 (étant à cheval entre le premier groupe et le deuxième) présente un danger dû à la présence très marquée des ETM tels le Cu, Co, Pb et une faible teneur en Cd, U. Ceux-ci sont présentement une corrélation positive significative avec le pH qui affiche une valeur moyenne de 6. La présence très marquée de ces ETM dans les eaux des puits 1, 2, 3 et 13 est justifiée par leurs proximités par rapport à l'usine CHEMAF étant situés tous sur le premier transect et étant les premiers à recevoir les eaux de ruissellement chargées en substances dangereuses. Ces eaux nécessitent un traitement préalable avant leurs utilisations, ceci dans le but d'éliminer tous les éléments dangereux contenus dans celles-ci.

Le groupe 3 constitué des puits 4, 10 et 11 se trouve sous l'influence de la température et du pH. C'est là qu'on note un niveau très élevé d'acidité constaté dans tous les puits avec un pH de 4.1 dans le puits 11. Les ETM ne sont pas très concentrés à l'exception du Cd et du Pb. Enfin le groupe 4, constitué des puits 5 et 6 se trouve sur une forte influence du potentiel d'oxydo-réduction. Dans ces puits situés l'un à cheval entre les deux transects (P 5) et l'autre sur le deuxième (6) présentent une corrélation avec le Cd et l'U.

4.3 LES NIVEAUX DES TENEURS EN ETM DANS LES SOLS A TSHAMILEMBA

Dans le sol, on note des teneurs en cuivre variant entre 140.8mg/Kg au point 11, 945.2mg/Kg au point 3. Celles-ci sont supérieures à la valeur limite fixée à 100 mg/Kg pour le cuivre [22]. Ces teneurs élevées en cuivre se rencontrent aux trois premiers points. Les teneurs en cadmium sont deux ou trois fois plus élevées que la valeur limite fixée à 2mg/Kg. Les points 6, 7, 8, 9, 10, 11, ont respectivement 4, 4.6, 4.6, 4, 6.4, 5.6 mg/kg. Le plomb présente de fortes teneurs dans presque tous les puits, surtout dans le premier, le deuxième, le troisième, le sixième et le treizième où les valeurs sont successivement de 90.55mg/L, 35.45mg/L, 15 mg/L, 15 mg/L et 27 mg/L. Pour le cadmium, la teneur varie entre 2.045 mg/L et 5.234 mg/L, ces valeurs dépassent le seuil fixé à 0.003 mg/L dans les sept premiers puits, puis dans le neuvième et le treizième. La concentration du cuivre dans les trois premiers puits est toujours supérieure au seuil (2 mg/L). Au treizième puits, la concentration du cuivre est 2 fois plus élevée que la valeur seuil, 4.112mg/L tandis que, les puits 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 et 12 présentent une concentration en cuivre inférieure à 2 mg/L. A ce niveau de concentration, il convient de parler d'une pollution polymétallique. Celle-ci s'observe dans les puits se situant sur le premier transect, proches de la source de pollution étant les premiers à recevoir le débordement des effluents chargés en substances diverses. Cette pollution métallique est liée aux activités de traitement et d'enrichissement des minerais par l'entreprise CHEMAF qui cause des dommages environnementaux sans aucune politique de gestion. Les résultats du premier transect démontrent que l'usine CHEMAF est responsable des concentrations élevées en ETM rencontrées actuellement dans les sols et l'eau du quartier Tshamilemba [32]. Une étude a été menée en 2012, sur le même site et a abouti aux résultats qui confirment la pollution des sols dans ce quartier ainsi que sa source. Elle précise que le niveau des teneurs dans le sol des jardins au quartier Tshamilemba est très élevé et dépasse la limite selon l'OMS, le cuivre titre 1321 mg/kg, le cobalt 190 mg/kg et le plomb 530 mg/kg [Banza]. L'étude passée et présente affirme que les effluents liquides de l'usine CHEMAF qui ont débordés la limite pendant longtemps vers le quartier Tshamilemba sont souvent chargés en substances dangereuses et perturbent les équilibres écosystémiques, nuisent à la santé humaine et menacent d'extinction certaines espèces aquatiques [33].

4.4 LES FACTEURS EXPLICATIFS DE LA CONCENTRATION DES ETM DANS LE SOL

Le pH est neutre aux points 1, 3, 7 et 10. La concentration du Cu, Co, et Pb dans le sol est très élevée. La teneur en cuivre, cobalt et la carence en éléments majeurs (Mg, Ca et K) aux points précités dans le sol peuvent se justifier par leurs proximités de la source de contamination (CHEMAF), ce qui justifie la répartition horizontale des ETM par rapport au pH [34]. Un autre phénomène vient de l'entreposage au sol des stériles après les procédés de traitement métallurgique par l'entreprise CHEMAF, ceci explique en partie la répartition des ETM dans l'espace. Le ruissellement de l'eau pendant la

saison des pluies contribue à la libération des substances chimiques toxiques contenues dans les stériles qui, par transport, lixiviation et drainage chutent dans les parcelles et se déposent dans les puits mal protégés (GW1, GW4, GW6, GW12). Au regard de la matrice des corrélations, on note l'existence d'une corrélation positive mais faible entre le Cu et les Ca, Mg, Mn, par contre il présente une corrélation négative légèrement significative avec le Fe, l'Al et le K. On note également des corrélations positives très hautement significatives entre certains ETM avec les éléments majeurs, il s'agit de Ca-Co : 0.97121, Ca-Cd: 0.90654 ; Fe-Co: 0.76152, Fe-Cu: 0.4592 ; Mg-Mn: 0.77678, Mg-Cd: 0.8921 ; K-Co: 0.7232, K-Cd: 0.97929. La formation des liaisons entre les ETM et ces éléments expliquent leurs indisponibilités pour les plantes, ce qui explique une faible croissance de celles-ci cultivées sur le sol de ce quartier caractérisé par la présence des zones nues dues à un excès de la concentration d'ETM dans le sol [35]. On observe enfin une corrélation positive très hautement significative entre l'Al-Mn, ceci traduit la dégradation des sols argileux Katangais, riches en ces éléments, carencés en calcium et magnésium emportés par érosion et exportation de l'horizon de surface. Ainsi, le pH devient acide et le drainage minier acide élevé. Ce déséquilibre Mg/K s'observe dans le sol du quartier Tshamilemba, cette situation est similaire à celle de [36] qui dans sa recherche effectuée à Kolwezi dans un sol sablo-argileux, à côté d'un site de traitement métallurgique démontre aussi que l'acidité du sol est liée à la perte de calcium et magnésium par lessivage et érosion caractérisant une toxicité manganique et aluminique. Les résultats démontrent que les trois premiers puits sont les plus concentrés en ETM cars situés sur le même transect. On note que la distance entre les canaux d'évacuation des rejets et ces points (GW1, GW2 et GW3) est courte par rapport au deuxième transect (Proximité de la source). De fortes concentrations en ETM pour les puits se situant à une petite distance de l'usine CHEMAF, celles-ci diminuent lorsqu'on s'éloigne de l'usine. Les points 9, 10 en sont des exemples concrets.

5 CONCLUSION

A la suite de cette étude menée à l'échelle d'une nappe phréatique du quartier Tshamilemba, il apparaît que le chimisme de l'eau souterraine subit une évolution de l'amont vers l'aval. Les eaux souterraines en aval de l'usine CHEMAF sont de mauvaise qualité. Leur pollution est due essentiellement aux éléments traces métalliques (ETM). Ces ions proviennent, en partie, des lixiviats des résidus miniers déposés à l'air libre au sein de la concession ainsi que du débordement de ceux-ci vers le quartier Tshamilemba situé en aval de l'usine CHEMAF. Ces ETM à l'instar du Cu, Co, Cd, Pb sont en quantités excessives dans les échantillons d'eau et de sols prélevés à Tshamilemba. Ils forment différentes associations entre eux sous forme des nuages des points (groupes) lorsqu'on réalise une ACP. Les groupes 1, 2 et 3 représentant respectivement les puits P1, P2, P3, P4, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13 sont dangereux, au regard des résultats obtenus par rapport à la concentration des ETM dans l'eau souterraine et le sol des jardins mais aussi et surtout par rapport aux paramètres de qualité (pH, conductivité, ORP) qui entrent en ligne de compte pour déterminer la potabilité d'une eau.

S'agissant des paramètres physico-chimiques qui déterminent la qualité d'une eau potable destinée à l'alimentation humaine, en se référant au règlement minier qui régit les normes sur la qualité des effluents avant leurs relâchements dans la nature, à l'OMS qui fixe les critères de qualité d'une eau destinée à la boisson pour une bonne santé de l'homme, il se dégage que les eaux des puits sur lesquelles un examen minutieux a été mené présentent une gamme de pH acide, une conductivité très élevée et un potentiel redox susceptible de disponibiliser les formes oxydées d'ETM capables de séjourner pendant longtemps dans l'eau ne répondent pas aux normes d'usage recommandées par bon nombre d'organisations dans le monde.

Il ressort de cette étude qualitative que les effluents liquides rejetés par l'usine CHEMAF, hors de sa concession présentent un risque potentiel et réel pour la population du quartier Tshamilemba et pour l'environnement. Deux recommandations urgentes sont à mettre en place par l'entreprise CHEMAF:

- La mise en place d'un dispositif de recyclage des effluents liquides en évitant au tant que possible leurs relâchements dans la nature (rivières) ;
- Le traitement rigoureux de ces effluents en s'assurant de la qualité de ceux-ci par une surveillance environnementale permanente.

REFERENCES

- [1] Maqués M.J., Martínez-conde E, Rovira J.V. et Ordóñez S., Heavy metals pollution of aquatic ecosystem in the vicinity of a recently closed underground lead-zinc mine (Basque Country, Spain). *Environ. Geol.*, **40**, 1125-1137 (2001).
- [2] Denimal S., Tribouillard N., Barbecot F. et Dever L., Leaching of coal-mine tips (Nord-Pas-de-Calais coal basin, France) and sulphate transfer to the chalk aquifer: example of acid mine drainage in biffered environment. *Environ. Geol.*, **42**, 966- 981 (2002).
- [3] Banza, C.L.N., Nawrot, T.S., Haufroid, V., Decree, S., De Putter, T., Smolders, E., Kabyla, B.I., Luboya, O.N., Ilunga, A.N., Mutombo, A.M., Nemery, B., 2009. High human exposure to cobalt and other metals in Katanga. *Environ. Res.* 109, 745–752.
- [4] Holmstrom H., Salmon U.J., Carlsson E., Petrov P. et Ohlander B., Geochemical investigations of sulfide-bearing tailings at Kristineberg, north Sweden, a few years after remediation. *Sci. Tot. Environ.*, **273**, 111-133 (2001).
- [5] El Gharmali A., Rada A., El Adnani M., Tahlil N., El Meray M. et Nejmeddine A. Impact du drainage minier acide sur les écosystèmes aquatiques superficiels dans la région de Marrakech, Maroc. *Environ. Technol.*, **25**,1431-1442 (2004).
- [6] Gray N.F. Acid mine drainage composition and the implications for its impact on lotic systems. *Water Res.*, **32**, 2122-2134 (1998).
- [7] Nordstrom D.K., Alpers C.N., Ptacek C.J. et Blowes D.W., Negative waters from iron mountain, California. *Environ. Sci. Technol.*, **34**, 254-258 (2000).
- [8] Stromberg B. et Banwart S., Weathering of waste rock from the Aitik copper mine, Sweden: scale dependent rate factors and pH controls in large column experiments. *J. Contam. Hydrol.*, **39**, 59-8 (1999).
- [9] Dinelli E., Lucchini F., Fabbri M. and Cortecci G., Metal distribution and environmental problems related to sulphide oxidation in the Libiola copper mine area (Ligurian Apennines, Italy). *J. Geochim. Explo.*, **74**, 141-152 (2001).
- [10] Lee C.H., Lee H.K. et Lee J.C. Hydrogeochemistry of mine, surface and groundwaters from the Sanggok mine creek in the upper Chungju Lake, Republic of Korea. *Environ. Geol.*, **40**, 482-494 (2001).
- [11] Heikkinen P.M., Korkka-Niemi K., Lahti M. et Salonen V.P. Groundwater and surface water contamination in the area of the Hitura nickel mine, Western Finland. *Environ. Geol.*, **42**, 313-329 (2002).
- [12] Bruneau J.C., 1983. « Cartographie de l'environnement et aménagement urbain à Lubumbashi » dans Revue internationale d'écologie et de géographie tropicales 1(4): 19-47.
- [13] Van Wanbeke, 1991. Soil of the tropic: properties and appraisal sal Mac graw-hill, Inc. 343pp.
- [14] Chapman, D., 1992, Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring, Londres, UK, Chapman & Hall Ltd, 584 p.
- [15] APHA, AWWA et WPC, 1999, Standard methods for the examination of water and wastewater, Washington DC, USA, APHA , 20^eéd., 1368 p.
- [16] W.H.O. 1998. Guideline for drinking water quality, 2nd ed., vol. 2, health criteria and other supporting information. World Health Organisation, Geneva.
- [17] Assani L. M., Mwangalalo A., Ekondo O. A., Mutomb M.M., and Kanyenga L.A., 2014. La combinaison d'engrais minéraux et de l'herbicide sur un Ferralsol est-elle une alternative pour accroître le rendement du haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) par une gestion des mauvaises herbes à Lubumbashi R.D. Congo. ISSN 2028-9324 Vol. 9 No. 4 Dec. 2014, pp. 1765-1772.
- [18] BREMOND R., PERRODON C. (1979). Paramètres de la qualité des eaux. Ministère de l'environnement et cadre de vie. Prévention des pollutions. 2ème éd: 259 p.
- [19] SHENGO, L., MANSOJ, M., *The Pollution of the Surface Waters and Its Impact on the Quality of the Vegetables Cultivated and Consumed in the City of Lubumbashi*, in *Environmental Health*, Vol. 8, n°2, 2008, pp. 50-67.
- [20] Dudley, L.M. ; McLean, J.E. ; Sims, R.C. ; Jurinak J.J. (1988). Sorption of copper and cadmium from the watersoluble fraction of an acid mine waste by two calcareous soils. *Soil Sci.*, 145, 207- 214.
- [21] El Gharmali A., Rada A., El Adnani M., Tahlil N., El Meray M. et Nejmeddine A. Impact du drainage minier acide sur les écosystèmes aquatiques superficiels dans la région de Marrakech, Maroc. *Environ. Technol.*, **25**,1431-1442 (2004).
- [22] AFNOR, (1997). Qualité de l'eau. Recueil des Normes Françaises Environnement. Tomes 1, 2, 3 et 4. 1372 p. [23] DUCHAUFOUR, P., 1983. Pédologie I : Pédogénèse et classification. 2eme édition. Masson. Paris, 491 pp.
- [24] Nordberg G. F., Fowler B. A., Nordberg M. , Friberg L. T. **Handbook on the toxicology of metals**. Third édition; Elsevier; 2007;
- [25] Perrono, 1999. Les micropolluants métalliques des boues des stations d'épuration urbaine et l'épandage agricole. Thèse de doctorat, Université de Picardie
- [26] Semlali R.M., Denaix L. et van Oort F., 2002, *Estimation des stocks et des flux dans un Andosol jeune* In BAIZE et TERCE coord. *Sci. Les éléments traces métalliques dans les sols. Approches fonctionnelles et spatiales*. INRA, 565p.

- [27] Yu J.Y. et Heo B. Dilution and removal of dissolved metals from acid mine drainage along Imgok Creek, Korea. *Appl. Geochem.* **16**, 1041-1053 (2001).
- [28] DE VILLERS J., SQUILBIN M., YOURASSOWSKY C., 2005. Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface: cadre général Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement / Observatoire des Données de l'Environnement, 16p.
- [29] LEYNAUD G. (1968). Les pollutions thermiques, influence de la température sur la vie aquatique. B.T.I. Ministère de l'agriculture, 224-881.
- [30] Yoon J, CaoX, Zhou Q, Ma LQ. 2006. Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site. *Sci. Total Environ.* **368**(2-3): 456-464.
- [31] FLEISCHER. M., 1974. Iodine. *Geochemistry and the Environment*. Vol. 1. The relationship of Selected Trace Elements to Health and disease. NAS. Washington. USA, 26 pp.
- [32] Godin et al 1984, Vangravel et al. Modeling of soil contamination by air borne Lead and cadmium around several Emission, 98p.
- [33] Kabata-Pendias A. et Pendias H., 2001. *Trace elements in soils and plants*. Boca Raton, CRC Press Inc. 3^{ème} Ed. 315 p.
- [34] Sterckeman, T., Douay, F., Proix, N. & Fourier, H. (2002) Contamination des sols vers la profondeur à Noyelles-Godault et Aubry. In: *Un point sur....les éléments traces métalliques dans les sols approches fonctionnelles et spatiales*. INRA. Editions. Paris 565p.
- [35] Chassin P., Baize D., Cambier Ph. et Sterckeman T., 1997, *Les éléments traces métalliques et la qualité des sols : impact à moyen et à long termes*, Chambres d'Agriculture, Supplément au n° 856, pp. 35-39.
- [36] Atibu, K.E., Devarajan, N., Thevenon, F., Mwanamoki, P.M., Tshibanda, J.B., Mpiana, T.P., Prabakar, K., Mubedi, I.J., Wildi, W., Poté, J., 2013. Concentration of metals in surface water and sediment of Luilu and Musonoie Rivers, Kolwezi-Katanga, Democratic Republic of Congo. *Art.* **26**, 1-7.

Effects of Lack of Political Will on Economic Integration in East African Community

Christina Kamili¹ and Gregory Simiyu Namusonge²

¹Executive Director, Tanzania Network of Legal Aid Providers, Tanzania

²Department of Entrepreneurship and Procurement, Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology, Kenya

Copyright © 2015 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study was conducted to examine factors affecting economic integration in the East African Community (EAC) with a special focus on the effects of lack of political will on the economic integration of EAC. Other specific objectives included assessing the effect of leadership on economic integration, evaluating the effect of coalition of the willing on economic integration and assessing the effect of sensitization on economic integration in East Africa Community. The study was conducted in Arusha Region, the headquarters of EAC in Tanzania. The units of analysis were EAC secretariat and others stakeholders from EAC partner states attending different meetings and forums at the EAC headquarters during the study period. Data were collected using a structured questionnaire covering respondents from all five EAC. A total of 89 respondents were obtained through stratification based on country of origin and departments, and later randomly selected from each stratum for interviews. Data was analyzed using SPSS. Descriptive statistics and cross tabulations were employed in the analysis. It was established that the economic integration in EAC is mainly impinged by factors resulting from political will of EAC leaders. Most agreements and establishments agreed at secretariat level were found not to be effectively implemented by political leaders of EAC partner states. It was realized that most articles in the Treaty established EAC are not effectively being adhered to. There is no free movement of people, goods and services in EAC. Poor progress as revealed in relation to free of people, goods and services implies lack of political support of the whole integration process. This also implies that political leaders in the EAC member states are not performing as required and the secretariat lacks strict means to enforce the implementation agreements by political leaders. Lack of trust among EAC people, different economic setups and fear of losing sovereignty in respective states was found to politically affect the integration process. The creation of the 'coalition of the willing' was found to have resulted from the notion that some EAC partner states lack political will in implementation of the agreements towards economic integration of EAC, while on the other hand, it was found to have negative impact on the economic integration. Lack of political will among EAC partner states was found to affect fund remittance of EAC. The main challenges in remitting were established that some countries were not remitting funds as required and that some member states do not have enough funds to support own budget. It is recommended EAC leadership at state level and secretariat show revise, monitor and evaluate the implementation of agreements geared towards economic integrations at all levels. Likewise, EAC leadership in each member state need strengthen internal sources of funds so as to fully support EAC with own budget. There is also great need to harmonize the country policies and strategies and legal framework in line with EAC strategies.

KEYWORDS: Lack, Political Will, Economic Integration, East African Community.

Research Project Submitted to Ms Training Centre For Development Cooperation In Partial Fulfillment of the Requirement For The Award of The Degree Of Master of Science In Governance And Leadership Of Jomo Kenyatta University of Agriculture And Technology

1 INTRODUCTION

1.1 BACKGROUND

The East Africa Community (EAC) was first established in 1967 comprising of Kenya, Tanzania and Uganda. It collapsed in 1977 as a result of several factors including political differences, but was re-established formerly in 2000. This happened after the treaty for establishment of the East African Community was signed on 30th November 1999 and entered into force on 7th July 2000 following its ratification by the Original 3 Partner States – Kenya, Uganda and Tanzania. The Republic of Rwanda and the Republic of Burundi acceded to the EAC Treaty on 18th June 2007 and became full Members of the Community with effect from 1st July 2007. The South Sudan announced its intention to join in mid-2011 but was given time, first, to sought out its internal challenges before being admitted.

The member states have agreed to establish closer economic links through a Free Trade Area (established in 2001), a Customs Union (established in 2005), a Common Market (established in 2010), a Monetary Union (by 2012), and ultimately a Political Federation. The EAC members are also collectively negotiating an Economic Partnership Agreement (EPA) with the European Union (EU), where supporting regional integration is an overarching objective. This effort in regional integration offers significant opportunities for promoting economic and social development in the EAC region. However, a wide range of challenges, many of which proved to be stumbling blocks in the previous effort to establish the EAC, still remain.

There are obvious moves by some member countries to proceed without Tanzania, and probably Burundi, in planning some regional economic activities, which under normal circumstances would ideally be part of the EAC plans. Recently, the Presidents of Rwanda Paul Kagame, Uganda Yoweri Museveni and Kenya Uhuru Kenyatta agreed to move ahead and fast track East Africa integration activities geared at creating the East African Federation in the shortest possible time. Regarding “slow moving” partners, Kenya, Rwanda and Uganda suggest that they will have to apply to join them (“coalition of the willing,”) if they find it appropriate to do so.

Economic integration requires political will and commitment of the leaders of the EAC member states to relinquish parts of their sovereign decision making powers to a regional authority with a view to achieve the broader benefit from the economies of scale that come with larger production centres and markets. Creation of a single economic space requires them to harmonize national economic and social policies, create infrastructure and facilitate trade keeping regional development in view and bring down administrative and transaction costs. When neighboring countries benefit from each other, peer pressure from the beneficiary citizens creates soft policy coordination. More substantive policy coordination and implementation comes with regional institution building, better coordination among adjudicatory, regulatory and administrative agencies of the countries and the eventual creation of regional agencies to enforce policies. Such collective action usually requires a champion, a leader among the participating nations to drive and even subsidize the regional integration efforts of weaker partners. Harmonization of, and coordination for aligning the national development plans of member states in the medium to long term should go hand in hand with developing research based policy options that emphasize the benefits of the integration process to EAC households and individuals in each of the member states. This study therefore sought to establish the effects of political will among EAC partner states on the economic integration process of EAC.

1.2 STATEMENT OF THE PROBLEM

The Treaty on the Establishment of the East African Community envisages integration among the countries of East Africa to progress from a Customs Union to a Common Market, then a Monetary Union and ultimately to a Political Federation (Article 5(2)). According to East African Community Gazette (2007), the Council directed the Secretariat in April 2006 to initiate negotiations for the Common Market, to be concluded and become effective in 2010, when the Customs Union takes full effect. In doing so, the Council invoked Article 5(2) and Article 76(1) of the Treaty. The latter Article recognizes the free movement of labour, goods, services, capital and the right of establishment as the pillars of the Common Market.

However, The East African Community seems to be strong on paper, but weak in the implementation of its decisions. For example monetary union has been postponed, the protocol for the common market has been in force since 1 July 2010, but its national implementation is still faltering. Further some member states are ahead in implementing the decisions while others are still slow in implementing the decisions (Feet-dragging and fast-tracking). Kenya, Uganda and Rwanda has established a “coalition of the willing” to push ahead with political, economic and infrastructure projects, while Tanzania and Burundi remaining unwilling to rush on the implementation decisions.

EAC member states lack political willingness and commitment to share their sovereignty rather they uphold their full independent sovereign. This issue, among many others, was one of the causes of collapse of the first East Africa Community in 1977. Further to that member states continue to be challenged by the tension between the need to increase spending on poverty-reducing areas and to preserve macroeconomic stability within the context of their limited domestic resources. On another hand citizen of member state lack awareness on EAC activities, media and civil society have been involved to some extent in EAC activities but still ordinary citizens are not fully aware of the importance of EAC and its activities. This thus drives the need to assess the effects of lack of political will on the EAC economic integration process.

1.3 OBJECTIVES OF THE STUDY

1.3.1 GENERAL OBJECTIVE

The general objective is to assess factors affecting economic integration in East Africa Community

1.3.2 SPECIFIC OBJECTIVES

1. To assess the effect of leadership on economic integration in EAC
2. To determine the effect of lack of political will on economic integration in EAC
3. To evaluate the effect of coalition of the willing and what could result to on economic integration in EAC

1.4 RESEARCH QUESTIONS

1. What is the effect of leadership on economic integration in East African Community?
2. What is the effect of political will on economic integration in East Africa Community?
3. What is the effect of coalition of the willing on economic integration in East Africa Community?

1.5 JUSTIFICATION OF THE STUDY

The credibility of regional integration institutions depends on their ability to deliver what they have established to achieve. In developing countries and Africa in particular they are expected to play a vital role in social economic transformation of the African economies as well as practical realities on the ground indicate that there is a striking contradictions between what these institutions are meant to achieve and what they have actually achieved (Foroutan and Pritchett 1993; Ogunkola, 1994; Elbadawi, 1997; and Lyakurwa et al 1997). EAC like other regional integration has failed or unsatisfactorily achieved their intended objectives on the stated time and plan. This study will try to shed light on how political will affects the integration process and hence provide recommendations on how EAC member states can foster economic integration by addressing critical areas of political interest to economic integration of EAC. This will be done by discussing the political will that seem to affect economic integration in EAC and thereafter provide recommendation on the same.

1.6 SCOPE OF THE STUDY

This study interviewed respondents from all five EAC partner states namely Tanzania, Kenya, Uganda, Rwanda and Burundi. Due to time limit and geographical coverage of EAC, the study limited itself to staff at the EAC secretariat representing their respective countries and other stakeholders from the five EAC partners presenting civil societies, private companies, business people and researchers who were present at the EAC headquarters during the time of the study. To ensure equal representation of primary data collection, data collection were limited from representative of the five (5) EAC member states.

1.7 LIMITATION OF THE STUDY

This research was based in an organization where the respondents are working; they were not very much willing to disclose all relevant information without bias. On the other hand, respondents were very mobile travelling across EAC partner states and were not readily available during the time of study. Some were skeptical to respond to sensitive questions on EAC leadership. On the other hand, this study required a lot time to plan, review literature, collect from all five EAC

partner states and analyse data. There was not enough time to review sufficient number of literatures, collect and analyse data from all EAC partner states. Therefore, for the purpose of this study was obtained from EAC headquarters, this sample is too small to generalize results at EAC level but shades light on the major factors affecting economic integration in EAC.

2 LITERATURE REVIEW

2.1 INTRODUCTION

This part of the study provides the synopsis of literature review, which includes theoretical framework, conceptual framework and review of variables also known as empirical review. This is discussed in the parts or sections which follow.

2.2 THEORETICAL FRAMEWORK

There has been quite a significant increase in the literature on economic integration over the past decades and several theories have been used to explain economic integration. In order to provide a better understanding of the economic integration concept, this study examines some of these fundamental theories.

2.2.1 VINER'S CUSTOM UNION THEORY

Lipsey (1987) argues that in relation to economic integration the customs union theory has always been historically concerned with the welfare gains and losses which succeed the establishment of customs union. These gains and losses could occur because of specialization, the economies of scale, changing the terms of trade, changes in efficiency through an increase in competition and on account of changes in the rate of economic growth. Using Viner's work as a fundamental framework, traditional economic theory greatly focuses, but is not limited to the concepts of trade creation and trade diversion due to the fact that gains achieved from customs union is significantly influenced by achieving a balance in trade creating and trade diverting. Trade creation is used to explain the "possible expansion of a country's total imports on entering into a bilateral or other preferential trade arrangement, leading to an improvement in economic welfare as high-cost domestic output is replaced by lower-cost output produced abroad" (DeRosa and Gilbert, 2004: 384). In essence therefore, trade creation can be said to occur when trade between the customs union members increases.

According to Dalimov (2009), trade creation and trade diversion occur as a result of "economic unification of states changing direction of the goods from one to the other state supplying the goods to a third country". He further argues that although these two concepts provide better prices and facilitate the cancellation of tariffs, they differ significantly. This difference is explained in the sense that while trade creation provides real net improvement of the price, trade diversion comes at the moment when trade from the cheapest supplier state is diverted to the state inside the union which became cheaper as a result of a decrease in tariffs. Further explaining these theories, economists rely on the assumption that existing variables such as competition in markets, employment of all resources, unrestricted movements within local and across national boundaries and prices which are highly regulated by costs and the prices of supplies from external sources are elastic.

Viner therefore reaches a conclusion that although the aim of customs unions is to enhance political and socio-economic development this is not always the achieved outcome because this would only occur when trade creation is promoted through the abolishment of obstructions to free trade between member states. On the contrary if trade flow is diverted from efficient non-member states to less efficient member states in a bid to promote more cooperation between member states, there would be a decrease in welfare and because states are presumed to be in search of ways to maximize returns and increase welfare, more trade creating customs unions should be encouraged.

2.2.2 OPTIMAL CURRENCY AREA THEORY

The Optimal Currency Area (OCA) is used to refer to "an area in which exchange rates are immutably fixed or in which a common currency exists". This theory which was originally presented by Robert Mundell (1961) cautions against the use of a floating exchange rate system and is aimed at answering the question of the adoption of a single currency by two currencies as opposed to separate currencies. It further provides an in-depth understanding of monetary integration and the approximate costs and benefits of implementing a common currency. The OCA approach analyzes the conditions "an independent currency and an independent monetary policy are potentially useful stabilization tools, especially when other stabilization instruments are lacking or inadequate". The OCA is aimed at finding ways in which minimum costs can be used to obtain both internal and external balances without compromising monetary and fiscal policies.

This theory has two main arguments which are presented by its advocates as the best way to obtain both internal and external balance. While the first set of advocates argue for the implementation of “flexible exchange rates to maintain both internal and external balance” as this would give member states the freedom to follow up on national macroeconomic policy objectives, the second set of OCA theory advocates argue that this internal / external equilibrium can only be achieved through the implementation of fixed exchange rates as this will in turn reduce the volatility of the currency. Mundell (1961) however states that none of the arguments presented by the two groups (either fixed or flexible exchange rates) will neither guarantee the fulfilment of the OCA theory benefits such as full employment and low inflation, or lead to the successful implementation of a single currency in a given area as this is highly dependent on a number of factors. Other benefits include the stability of the macro-economy, and an increase in trade and savings on regional exchange reserves. Furthermore, in order for a group of countries to fully benefit from the implementation of a single currency, three conditions need to be met: firstly, the region should not experience an asymmetric shock whereby one country’s economy is significantly worse off in comparison to the rest of the region; secondly, there must be a high level of mobility of factors of productions (labour and / or wages); and lastly, the region’s fiscal and monetary policies must be harmonized.

2.2.3 POLITICAL WILL

Political will is a term that often used but rarely defined. Hornby (1995; 1365) defines ‘will’ as: trying to make something happen or strong desire or determination. Hornby (1995:893) further defines ‘political’ as pertaining to the state or government. When we combine the two words to form the term ‘political will’, it can be deemed to mean a strong desire or determination on the part of government or state to make something happen. Partner states are required under article 6 (a) of the Treaty established EAC to abide to the principle of mutual trust, political will and sovereign equality so as to achieve the objectives of community. Political will in context of this study would therefore refer to a strong desire or determination on the part of the government to advance economic integration. It implies the government moving beyond concepts on talk about economic integration to taking action that actually advances integration. For example lack of political wills ones of results were the establishment of “Coalition of the willing” in EAC. The **“Coalition of the willing”** was created due to the lack of political will among member states in EAC, state forming the coalition of the willing are Kenya, Uganda and Rwanda basing on variable geometry which is a principle in Article 7 of the EAC Treaty, which allows for progression in co-operation among a sub-group of members in a larger integration scheme in a variety of areas and at different speeds. However, under the article, member states that wish to progress faster are still required to notify the other members. Therefore the coalition is thought to be another challenge in fostering economic integration in EAC and establishing bilateral cooperation in the EAC such as cooperation between Kenya and Uganda seem to be fluctuating the EAC economic integration.

2.2.4 MEASUREMENT OF ECONOMIC INTEGRATION

Economic integration is process in which two or more states in a broadly defined geographic area reduce a range of trade barriers to advance or protect a set of economic goals. The extent to which a region will deepen its economic integration and adopt the characteristics of a supranational state is influenced by the political will, level of participation, awareness creation among others. There is a need also of member states forming economic integration to build trust and reduce tensions among themselves and enhance cooperation for a successful economic integration.

A) LEVEL OF PARTICIPATION

Member states forming Economic integration in EAC, if they will build trust among themselves and stop politicking for their personal gain then the level of participation in economic integration will increase leading to high level performance of economic integration. Further if member states participate in all meeting and abide to the decision they make in those meeting the economic integration will move forward. For example recently, some member countries have not been participating in the meetings while important decision has been made without them participating.

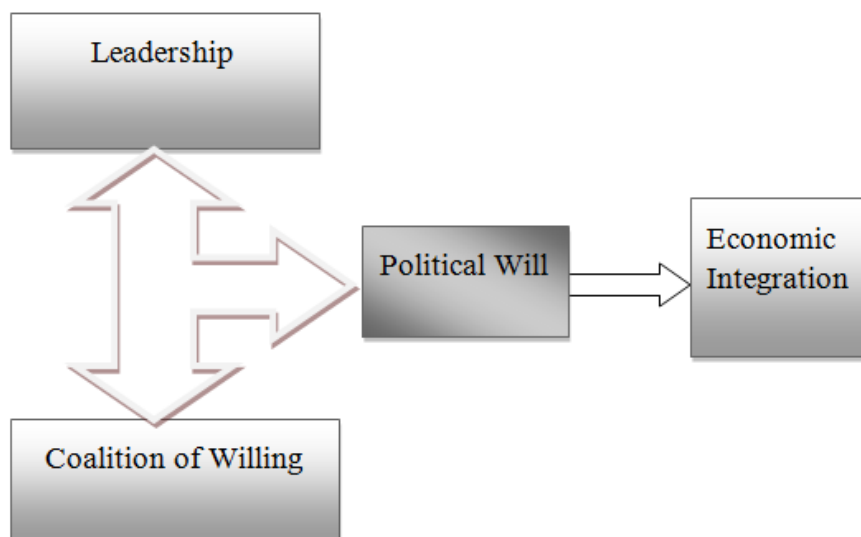
Moreover article 132(4) stipulates three sources of funds to run EAC, equal contributions by partner states, funds from development partners and any other sources as may be approved by the council. Despite this proviso member still delay in remittances their contribution, which slow down implementations of projects and programmes thus affecting the economic integration.

Again if ordinary citizens will be informed and involved in policy planning and formulation, their needs will be taken, participation makes citizens accountable and responsible. Thus there is a need for creating rooms for citizens’ participation in economic integration.

B) CROSS BORDER ACTIVITIES

The number of people moving from one country to another, movement of goods and services will determine if the economic integration is moving forward or not, thus this study is going to find out if there is a free movement of people, goods and services within the EAC.

2.3 CONCEPTUAL FRAMEWORK



2.4 RESEARCH GAP

Studies have been carried with regards to Political and economic integration; however more researches are needed to specifically establish factors that underpins economic integration in EAC. Again there is a need of conducting analysis of EU's framework in order to establish the best practices that can be replicated in EAC.

SID (2013) has conducted a research on *"The state of East Africa"*. The State of East Africa Report 2013 discusses the issues of inclusiveness and equity, the East African Economy, Economic and Social Drivers of Inequality, quality of East Africa's Institutions and Agenda for active Policy Engagement among others. Thus the report suggests that, the supply of both will and skill is as limitless as the Region's potential. The report also has pointed out the challenge of effective implementation, that, East Africa is replete with well articulated policies of every description. However, achieving their goals must overcome two obstacles; political will and weak capacity for effective policy execution as the two are vital to the success of any effort to transform the region. This report however has not discussed on how better leaders in East African community can remain committed to objectives of establishing the Integration. This suggests that more often than not, government failed to implement the treaties they signed, which in turn suggests problems of agitation in initial condition, compensation issues, real political commitment, overlapping membership, policy harmonization and poor private sector participation. Therefore this sought to reveal the effects of lack of political will in the EAC economic integration process.

2.5 SUMMARY

This chapter listed the key theories that guide the search for answers to the research questions. Theoretically speaking, regional economic integration has been proved to contribute to enhancing economic growth in member states, and is thus good for development. Theory further indicates that regional integration happens in stages, which include free trade areas, customs unions, common markets, economic unions and complete economic unions. Further this chapter has provided the conceptual framework and review of variable also known as empirical review on how better economic integration in East African Community can move forward. Also has provided research gaps that the study will deal with.

3 RESEARCH METHODOLOGIES

3.1 INTRODUCTION

This chapter is on the overall research design, sample size, data collection methods and procedures that were observed in finding answers to the research questions.

3.2 RESEARCH DESIGN

Research design refers to the conceptual structure within which the research will be conducted; it constitutes the blueprint for the collection, measurement and analysis of data in a manner that aims to combine relevance to the research objectives with economy in procedure (Kothari 2004, 31). The study adopted the cross sectional research design in which data was collected at a single point within the study area, and which is suitable for determining relationships between and among variables. The descriptive design was applied to analyze how lack of political will affects the economic integration in EAC.

3.3 TARGET POPULATION

Population refers to the entire group of individuals of interest that the researcher wishes to investigate from which a sample is taken (Marczyk et al. 2005, 18). For the purpose of this research, study population was members of staff of the EAC encompassing employees and other stakeholders from all five East African State; head office located in Arusha. The list of names from which the sample was selected was obtained from human resource department. The units of analysis were heads of departments, respective staff within each department and other people from five countries attending difference forums at the EAC headquarters during the time of survey.

3.4 SAMPLE SIZE

The sample size of 95 respondents was interviewed. This was determined based on the number of employees available of around 250 people. The table of the sample size for a given population size at 5% margin of error provided by Sekarani and Bougie has been referred to. As per this table, the minimum sample size for a population of 250 is 152 (Sekaran and Bougie 2010, 295). However where the population is less than 10,000, a smaller sample size can be used without affecting the accuracy of the results, this is called adjusted minimum sample size (Saunders et al 2012, 660). Sanders et al provided the following formula for calculating adjusted minimum sample size:

$$N' = n / (1 + (n/N))$$

Where

N' is the adjusted minimum sample size, n is the minimum sample size and N is the total population.

$$N' = 152 / (1 + (152/250)) = 94.53 \text{ rounded to } 95.$$

3.5 SAMPLING TECHNIQUE AND PROCEDURE

Purposive sampling was used to select the area under study. Decision to select Arusha was based on the location of the EAC headquarters where respondents are found. Stratified sampling was employed in categorizing respondents according to their country of origin and departments. Each department and country was treated as separate stratum to ensure efficient representation from each country and department. From each stratum, respondents were randomly selected in proportional to the number of people.

3.6 DATA COLLECTION PROCEDURE AND TOOLS

Data were collected from both primary and secondary sources. Primary data was collected using interview guides from the employees and staff of EAC. Further, secondary data was collected from documentations such as policy documents, EAC website, annual reports, publications and other relevant documents. Primary data was collected through face to face interviews. Selected staffs from each department were identified and data collected using structured interview guides. Secondary data was collected using researchers notebook and summarized using computer.

3.7 DATA ANALYSIS AND PRESENTATION

Data collected fall under two main categories, namely nominal and ordinal which called for both qualitative and quantitative data analysis techniques. The process involved analyzing frequencies and percentages, all of which were cross tabulated using the statistical package for social sciences (SPSS) 20.0 version. Data was disaggregated by strata and comparisons made across different variables. Data is presented in charts, graphs and tables.

4 RESULTS AND DISCUSSION

4.1 INTRODUCTION

This chapter presents the findings from the study. It contains findings that are presented logically with respect to the objectives of the study. Results are presented in graphs, charts and tables. Discussion is made accordingly supported by literature explaining where the findings agrees or not with existing literature

4.2 RESPONSE RETURN RATE

The response rate of the study was 94%. This was due to difficulties in getting the respondents during the time of the study. Most staffs at the EAC were very busy and very mobile moving across EAC to attend various EAC secretariat meetings. Likewise, stallholders in difference EAC meetings and forums had limited time to participate in the interviews and responding to questions.

4.3 DEMOGRAPHIC CHARACTERISTICS

4.3.1 COUNTRY OF ORIGIN

The study shows that 25.8% of all respondents interviewed were from Tanzania, 24.7% Kenya, 21.3% Uganda, 14.6% Rwanda and 13.5% were from Burundi. This implies that the study had covered the EAC block and the results give a reflection of EAC member states.

4.3.2 GENDER

It was also realized that 58.4% were male and 41.6% female. This shows that EAC is an equal employment institution and also the stakeholders attending the EAC meetings and forums represent both gender and hence the findings are not biased by gender.

4.3.3 AGE CATEGORY

The predominant age category was found to be 30-39 years (68.5%) while 18.0% fall in the age category of 40-49 years. This also shows that the respondents are matured enough to understand the operations of the EAC in relation to the influence of political will on economic integration process of EAC.

4.3.4 WORK PERIOD

The study found out that 42.0% of all respondents had worked in the organization in the period of less than one year while 26.1% had been in the organization for the last 10 years (Table 4.1). This working experience indicates that respondents understand the EAC and thus provide information that gives the snapshot of the economic integration in the EAC.

Table 4.1 Demographic Characteristics

Variable		Frequency	Percentage
Country of origin	Tanzania	23	25.8
	Kenya	22	24.7
	Uganda	19	21.3
	Rwanda	13	14.6
	Burundi	12	13.5
Total		89	100.0
Sex of respondent	Male	52	58.4
	Female	37	41.6
Total		89	100.0
Age category of respondent	Between 30-39 years	61	68.5
	Between 40-49 years	16	18.0
	Below 30 years	12	13.5
Total		89	100.0
long have you worked in this Organization	Below 1 year	37	42.0
	10 years and above	23	26.1
	5 -9 years	15	17.0
	Between 1-4 years	13	14.8
Total		88	100.0

4.4 EFFECT OF LACK OF POLITICAL WILL ON ECONOMIC INTEGRATION IN EAC

4.4.1 MECHANISMS TO ENCOURAGE MEMBER STATE ACTIVE PARTICIPATION IN EAC MATTERS

The results from the study show that 81.8% of all respondents interviewed for all EAC member states agreed that there are specific mechanisms that have been put in place to encourage member state active participation in EAC. These mechanisms were mentioned to be compliance protocols signed by all member states (51.3%), having ministries responsible of EAC in each country (28.3%) and 20.4% said there are sanctions for failure to participate in EAC matters as agreed (Tables 4.2). These results show that the secretariat has put forward means to effectively participate in all matters as agreed. Poor progress as revealed in relation to free of people, goods and services implies lack of political support of the whole integration process. This also implies that political leaders in the EAC member states are not performing as required and the secretariat lacks strict means to enforce the implementation agreements by political leaders.

Table 4.2 Mechanisms to encourage active participation in EAC matters

Variable		Frequency	Percentage
There specific mechanisms that have been put in place to encourage member state active participation in EAC?	Yes	63	81.8
	No	14	18.2
Total		77	100.0
Mechanisms to ensure active participation in integration	Compliance protocols signed by all member states	58	51.3
	Having ministries responsible of EAC in each country	32	28.3
	Sanctions for failure to participate	23	20.4
Total		63	100.0

4.4.2 LEVEL OF TRUST AMONG EAC MEMBER STATES

The study shows high level of mistrust among EAC member states. It was revealed that 30.7% strongly agree and 28.4% agreed that some EAC member states do benefit more from the economic integration than others. Likewise, it was noted that 40.9% of all respondents interviewed in all EAC member states agreed that Some EAC member have personal interests in the economic integration than others. Variations in opinions were also realized across EAC member states. The findings revealed that 100.0 % of Rwandans and 75.0% of Burundians strongly agreed that some EAC member states do benefit more from the economic integration than others as opposed to only none in Kenya, 5.3% Ugandans and 21.7% Tanzanians interviewed (Table 4.3). This is contrary to the article 6 (a) of the Treaty established EAC. Partner states are required under article 6 (a) of the Treaty established EAC to abide to the principle of mutual trust, political will and sovereign equality so as to achieve the objectives of community. This implies that EAC member states are not at par as far as the objectives of EAC are concerned. Despite signing of different protocols targeting strengthening the integration of EAC, there is no common understanding on the commonage of the benefits accrued from the integration process. This results in member states not fully giving up for the common good. Lack of trust slows down the implementation of the agreements as they are perceived to favour other states in the EAC as opposed to be beneficial to the whole EAC block.

Table 4.3 Level of trust among EAC member states

Variable		Country of origin											
		Tanzania		Kenya		Uganda		Rwanda		Burundi		Overall total	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Some EAC member states do benefit more from the economic integration than others	Strongly agree	5	21.7			1	5.3	12	100.0	9	75.0	27	30.7
	Agree	2	8.7	10	45.5	10	52.6			3	25.0	25	28.4
	Disagree	4	17.4	11	50.0	8	42.1					23	26.1
	Neutral	12	52.2	1	4.5							13	14.8
Total		23	100.0	22	100.0	19	100.0	12	100.0	12	100.0	88	100.0
Some EAC member have personal interests in the economic integration than others	Agree	2	8.7	22	100.0					12	100.0	36	40.9
	Neutral	12	52.2					12	100.0			24	27.3
	Disagree					18	94.7					18	20.5
	Strongly agree	9	39.1			1	5.3					10	11.4
Total		23	100.0	22	100.0	19	100.0	12	100.0	12	100.0	88	100.0

4.4.3 MEMBER STATES REMITTANCE OF FUND AS CONTRIBUTIONS TO EAC

The study revealed that EAC budget facilitates economic integration among the member states (81.6%). On the other hand, 75.3% of all respondents interviewed agreed that there are challenges in member states in remittance of their fund as contributions to EAC (Table 4.4).

Table 4.4 Member states remittance of fund as contributions to EAC

Variable		n	%
EAC budget facilitate economic integration among the member states?	Yes	71	81.6
	No	16	18.4
Total		87	100.0
There any challenges in member states in remittance of their fund as contributions to EAC?	Yes	58	75.3
	No	19	24.7
Total		77	100.0

The main challenges in remitting were found to be some countries not remitting funds as required (57%), some member states not have enough funds to support own budget (26%) and 17% said late collection of taxes. This implies that EAC as a block has limited financial capacity to support the integration with own resources. Dependence of donors to support respective country budget means that the member state is not well placed financially in moving the integrations as donor funds are mainly attached with conditions which might not favor the integrations process. Moreover article 132(4) stipulates three sources of funds to run EAC, equal contributions by partner states, funds from development partners and any other sources as may be approved by the council. Despite this proviso member still delay in remittances their contribution, which slow down implementations of projects and programmes thus affecting the economic integration.

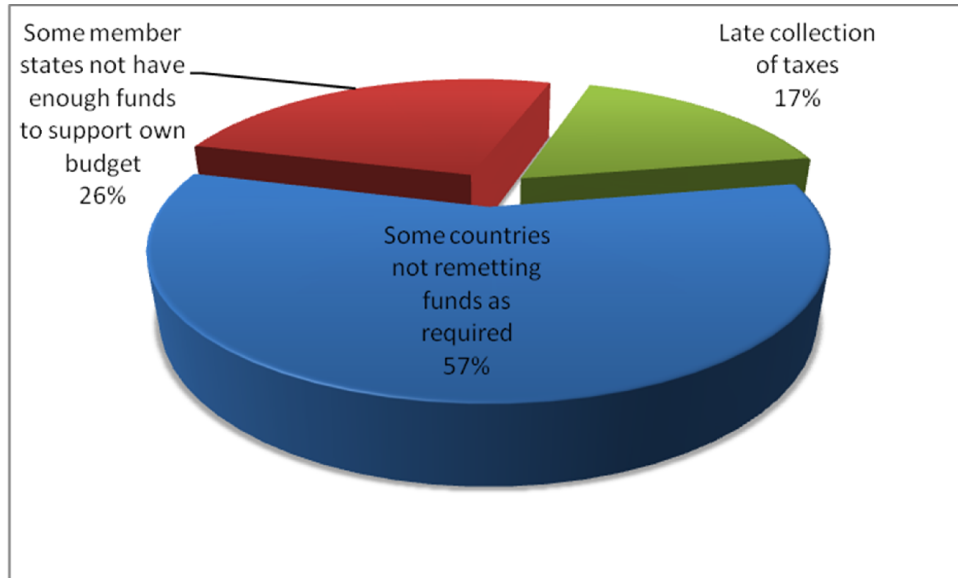


Figure 4.1 Member states remittance of fund as contributions to EAC

4.4.4 MAIN CHALLENGES IN ECONOMIC INTEGRATION

The main challenges in economic integration were identified by respondents to be un harmonized policies (26.6%), Lack of trust among EAC people (17.3%), Political instability among member states (15.0%), fear of losing sovereignty and different economic setups (12.1%) respectively. Others were pointed out to be un harmonized legal framework, poor infrastructure and poor implementation of council directives by partner states (Figure 4.2). This implies that the economic integration of EAC is hampered by both leadership at state level in implementation of the agreements and individual interests of member state in maintaining political dominance of their state. Likewise, lack trust among nations result in losing confidence in the integration process and hence poor progress of the EAC integration process.

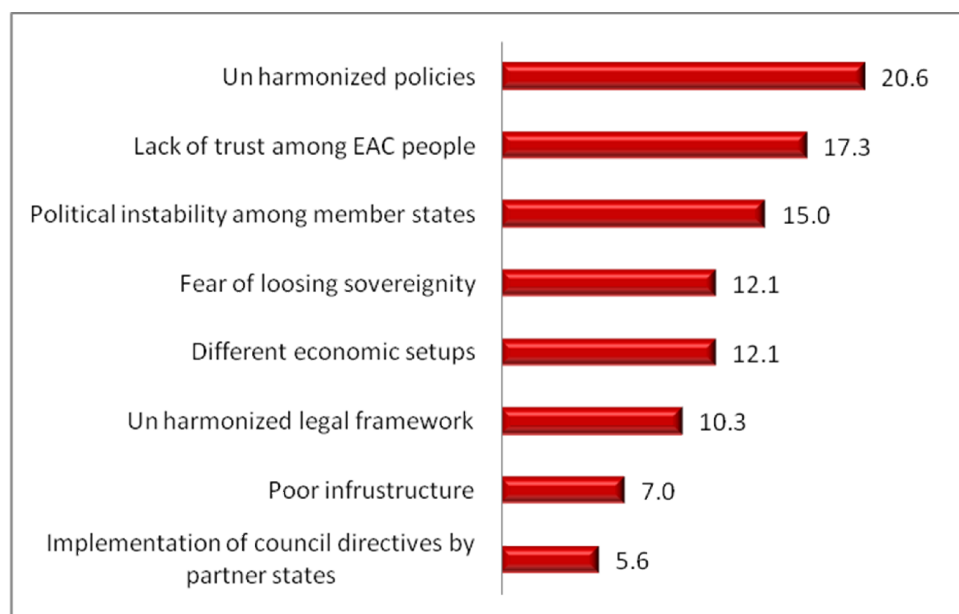


Figure 4.2 Main challenges in economic integration

4.4.5 REASONS FOR CREATION OF COALITION OF THE WILLING

The main reasons for the creation of coalition of the willing were reported to be feeling that some countries are not moving (23.4%), desire for faster integration process (22.8%), Coalition of willing is media speculation (20.0%), and some EAC member states have same social economic principles (15.9%). Other reasons were reported to be there is nothing like coalition of the willing in the EAC and others don't know the reasons (Figure 4.3). This implies that EAC member states are not resonating at the same wave length in the economic integration. This also explains the mistrust among leaders and citizen in the EAC region and the notion that some EAC member states have special interest in the integration. These finding are in line with current reports that the Presidents of Rwanda (Paul Kagame), Uganda (Yoweri Museveni) and Kenya (Uhuru Kenyatta) agreed to move ahead and fast track East Africa integration activities geared at creating the East African Federation in the shortest possible time. Regarding "slow moving" partners, Kenya, Rwanda and Uganda suggest that they will have to apply to join them ("coalition of the willing,") if they find it appropriate to do so.

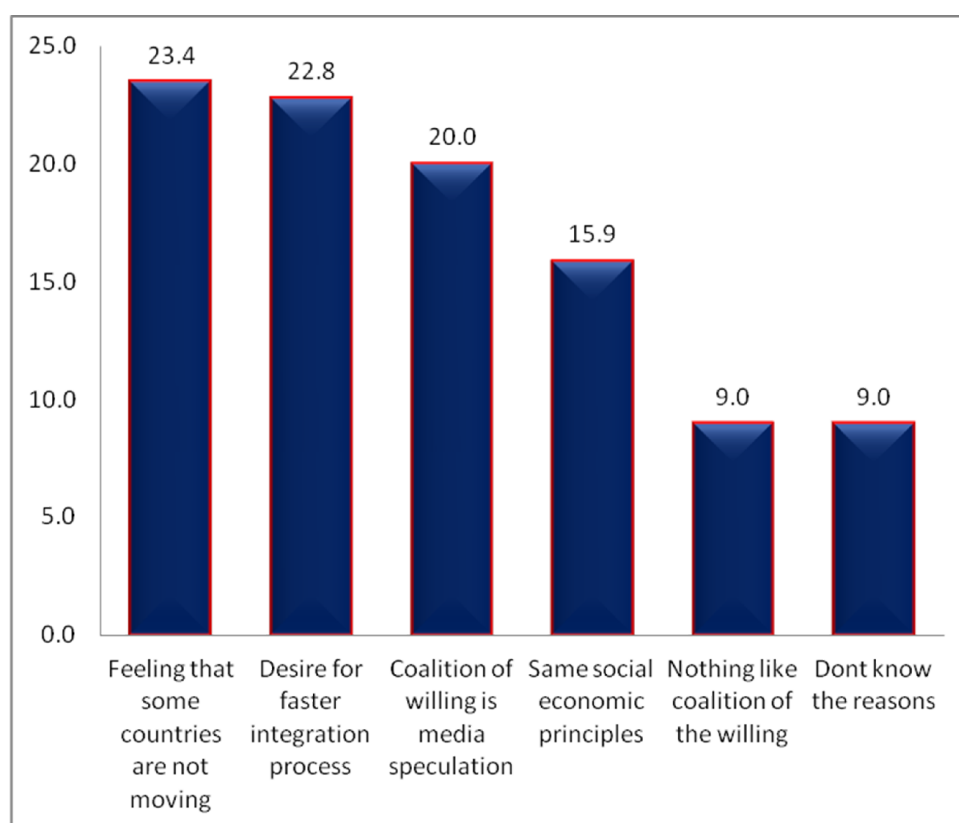


Figure 4.3 Reasons for creation of coalition of the willing

4.4.6 IMPORTANCE OF COALITION OF THE WILLING TO ECONOMIC INTEGRATION

The coalition of the willing was rated less important (54.6%), somehow important (21.4 %), and important (12.2%) in the integration process. On the other hand, 85.7% of all respondents interviewed agreed that coalition of the willing is a challenge of the integration process (Table 4.5). This implies that the coalition of the willing to has no benefit to the economic integration of EAC. On the other hand, it is perceived as an obstacle in the integration process.

Table 4.5 Importance of coalition of the willing to economic integration

Variable			Country of origin											
			Tanzania		Kenya		Uganda		Rwanda		Burundi		Overall total	
			n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Rate of coalition of the willing in the integration process	the	Less important	4	66.7	11	50.0	8	42.1			3	100.0	26	54.6
		Important							12	92.3			12	21.4
		Somehow important	2	33.3	11	50.0			1	7.7			14	12.2
		Not important at all					10	52.6					10	10.7
		Very important					1	5.3					1	1.1
Total			6	100.0	22	100.0	19	100.0	13	100.0	3	100.0	63	100.0
Coalition of the willing a challenge of the integration process?		Yes	6	100.0	22	100.0	10	52.6	13	100.0	3	100.0	54	85.7
		No					9	47.4					9	14.3
		Total	6	100.0	22	100.0	19	100.0	13	100.0	3	100.0	63	100.0

4.4.7 THREATS OF COALITION OF THE WILLING TO ECONOMIC INTEGRATION

The main threats posed by coalition of the willing to economic integration were identified to be creating mistrust among member states and jeopardizing sustainability of already existing EAC infrastructures (44.4%) and that excluding other countries limits their commitment (12%). This further implies that the coalition of willing has more harm than good to the economic integration as it fosters disunity among EAC member states and mistrust hence affecting the commitment of individual EAC member state to common agreements.

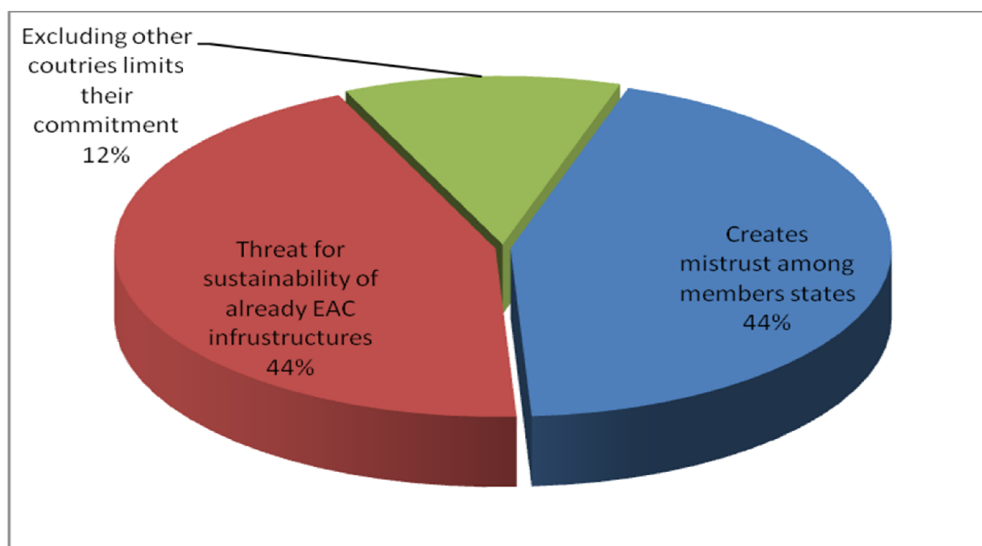


Figure 4.4 Threats posed by coalition of the willing to economic integration

4.5 DISCUSSION

The study established that there is political influence in economic decisions and limited democratic space in respective EAC countries that affect the pace in the integration process. This implies that the state leadership in the EAC has not effectively invested concentrated efforts in pushing out the economic integration despite the protocol being signed. This shows that the EAC leaders much concentrating their efforts to address local matters. This adversely affects country leaders' priorities in resource allocation with respect to economic integration process. This also shows that citizens have their priorities in the economic integration process that, even though been addressed in the protocols have not impacted the people in the EAC member states.

The study revealed that EAC secretariat has put forward means to effectively participate in all matters as agreed. Poor progress as revealed in relation to free of people, goods and services implies lack of political support of the whole integration process. This also implies that political leaders in the EAC member states are not performing as required and the secretariat lacks strict means to enforce the implementation agreements by political leaders.

The findings are contrary to the article 6 (a) of the Treaty established EAC, in which, partner states are required to abide to the principle of mutual trust, political will and sovereign equality so as to achieve the objectives of community. This implies that EAC member states are not at par as far as the objectives of EAC are concerned. Despite signing of different protocols targeting strengthening the integration of EAC, there is no common understanding on the commonage of the benefits accrued from the integration process. This results in member states not fully giving up for the common good. Lack of trust slows down the implementation of the agreements as they are perceived to favor other states in the EAC as opposed to be beneficial to the whole EAC block.

The EAC as a block has limited financial capacity to support the integration with own resources. Dependence of donors to support respective country budget means that the member state is not well placed financially in moving the integrations as donor funds are mainly attached with conditions which might not favor the integrations process. Moreover article 132(4) stipulates three sources of funds to run EAC, equal contributions by partner states, funds from development partners and any other sources as may be approved by the council. Despite this provision member still delay in remittances their contribution, which slow down implementations of projects and programmes thus affecting the economic integration. This indicates that the economic integration of EAC is hampered by lack of political will among EAC leadership, both leadership at

state level in implementation of the agreements and individual interests of member state in maintaining political dominance of their state. Likewise, lack trust among nations result in losing confidence in the integration process and hence poor progress of the EAC integration process.

On the other hand, the creation of the willing was based on the notions that other partner states are moving at low pace in the integration process, however, it was found to be perpetuated by media and was found not to be beneficial to the EAC. This further implies that the coalition of willing has more harm than good to the economic integration as it fosters disunity among EAC member states and mistrust hence affecting the commitment of individual EAC member state to common agreements.

5 SUMMARY, CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

5.1 INTRODUCTIONS

This chapter presents the summery of the key findings from the study. It also provides conclusions based on the findings and recommendations with respect to the objectives of the study.

5.2 SUMMARY

The study found out that the process of economic integrations had been renders inefficient as a result of low efforts on the part of leadership to effectively put in practice and monitor the process at grass root level. The implementation of protocols agreed by head of states and business environment in the EAC regions does not favour the economic integration in EAC. Poor progress in relation to free of people, goods and services implies lack of political support of the whole integration process was also found to affect economic integration. The creation of the coalition of the willing resulted from the notions that some EAC partner states lack political will to foster economic integration. This was found to be affecting negatively the progress in the integration process. Majority of the people in respective member state are seeing no challenge on the pace of Tanzania and Burundi towards economic integration.

5.3 CONCLUSIONS

The study shows that the economic integration of EAC is hampered by leadership performance both at state level in implementation of the agreements and individual interests of member state in maintaining political dominance of their state. These results show that the secretariat has put forward means to effectively participate in all matters as agreed. Poor progress as revealed in relation to free of people, goods and services implies lack of political support of the whole integration process. This also implies that political leaders in the EAC member states are not performing as required and the secretariat lucks strict means to enforce the implementation agreements by political leaders.

Despite signing of different protocols targeting strengthening the integration of EAC, there is no common understanding on the commonage of the benefits accrued from the integration process. Lack of trust slows down the implementation of the agreements as they are perceived to favour other states in the EAC as opposed to be beneficial to the whole EAC block. The EAC as a block has limited financial capacity to support the integration with own resources. Dependence of donors to support respective country budget means that the member state are not well placed financially in moving the integrations as donor funds are mainly attached with conditions which might not favor the integrations process.

The coalition of the willing was found not to be beneficial to the economic integration of EAC. On the other hand, it is perceived as an obstacle in the integration process. It was established that coalition of the willing fosters disunity among EAC member states and mistrust hence affecting the commitment of individual EAC member state to common agreements. The creation of the coalition of the willing was found to be pro state leadership in respective countries as the majority of the people in respective member state are seeing no challenge on the pace of Tanzania and Burundi towards economic integration.

5.4 RECOMMENDATIONS

EAC partner state leaders should effectively follow up the implementations of agreements and protocols with respect to timeline allocated for the implementation of the agreements. The secretariat and state leadership should work hand in hand in monitoring and evaluating the process in the implementations of the agreements. Government agencies and other bodies

responsible for implementations of the EAC agreements and directives need to be facilitated and monitored closely in their progress at country level.

The EAC partners should reviewed the strategies and techniques laid down to remove none tariff barrier across the region in enhancing trade and movement of goods and services across the borders. Customs and immigrations at every border entry need to be reviewed and operations improved to allow free movement of people, goods, and services. The secretariat also needs to review periodically the EAC policies and strategies and align them with changes in the needs of the people and the economy at large.

5.5 AREAS FOR FURTHER RESEARCH

More studies need to be undertaken to assess the extent of adherence to EAC protocols and efficiency of respective governments and their implementing agencies of protocols and agreements as recommended by the EAC secretariat.

Assessment of the effectiveness of sensitization methods used in awareness creations and the coverage is paramount and comparative study on the effectiveness mode of operation of integrations process between EAC and other regional blocks

REFERENCES

- [1] Balassa, B. (1961). *The theory of economic integration*. London. George Allen and Unwin.
- [2] Balassa, B. Trade Creation and Trade Diversion in the European Common Market. *The Economic Journal*, vol. 77, 1967, pp. 1–21.
- [3] Biswaro, J.M. (2003). *Perspectives on Africa's integration and cooperation from OAU to AU: an old wine in a new bottle*. Washington: WIU.
- [4] Carbaugh, R.J. (2004). *International Economics*, 9th edition. Australia. Thomson South-Western.
- [5] East African Community Gazette; Published by the East African Community. (Registered as a Newspaper at the G.P.O.) Volume AT 1 – No. 004 Arusha 30th December 2007
- [6] Foroutan, F. & Pritchett, L. 1993. Intra- sub Saharan African Trade: Is it too little? *Journal of African Economies*, 2(1).
- [7] Hodgson, J.S. and Herander, M.G. (1983). *International Economic Relations*. New Jersey: Prentice Hall International Inc.
- [8] Hosny, A.S. (1997). *Theories of Economic Integration: A Survey of the Economic and Political Literature*. Department of Economics, University of Wisconsin-Milwaukee, Northwest Quadrant Building B, Room 4428, Milwaukee, WI 53201, USA.
- [9] Kothari C.R (2004), *Research Methodology, Methods and Techniques*. New Age International (P) Ltd., Publishers, Second edition
- [10] Lipsey, R.G. The Theory of Customs Union: Trade Diversion and Welfare. *Economica*, 1957, vol. 24, pp.40-46.
- [11] Lyakurwa, W; McKay ;Ng'eno, N & Kennes, W. (1997). Regional Integration in Sub-Saharan Africa: A Review of experiences and Issues, in *Regional Integration and Trade Liberalization in Sub – Saharan Africa: Framework, issues and methodological perspectives* edited by Oyejide, A. Elbadawi, L& Collier, P. Vol.1:159-209.
- [12] Madyo, M.R. (2008). *The importance of Regional Economic Integration in Africa*: University of South Africa.
- [13] Marczyk, G; DeMatteo, D and Festinger D. (2005). *Essentials of Research Design and Methodology*. John Wiley & Sons, New Jersey
- [14] Mutharika, B.W.T. (1972). *Towards Multinational Economic Cooperation in Africa*. New York.
- [15] Omoro. M.P. (2008). *Organizational Effectiveness of Regional Integration institutions: A case study of East African Community*: University of South Africa Praeger Publishers.
- [16] Reith S and Boltz M. (2011). The East African Community Regional integration between aspiration and reality.
- [17] Saunders, M., Lewis, P. and Thornhill, A. (2012). *Research Methods for Business Students*, Pearson Education Limited. 6th Edition.
- [18] Sekaran, U and Bougie, R. (2010). *Research Methods for Business, A skill Building Approach*. John Wiley & Sons, Ltd. Fifth edition
- [19] Society for International Development (2013). The State of East Africa. Regional office for Eastern Africa.
- [20] Viner, J. (1950). *The Customs Union Issues*, New York: Carnegie Endowment for international Peace.
- [21] Wilson, R. Feet-Dragging, Fast-Tracking and Freedom of Movement: *Where Now for the EAC*. 26 november 2013.

THE GREEKS AND THE TRADE OF COCOA IN THE NYONG AND SANAGA REGION IN FRENCH COLONIAL CAMEROON (1920-1959)

[LES GRECS ET LE COMMERCE DU CACAO DANS LA REGION DU NYONG ET SANAGA AU CAMEROUN COLONIAL FRANÇAIS (1920 - 1959)]

Michel Fabrice AKONO ABINA¹ and Emmanuel ASSOLA²

¹Chargé de Recherche au Ministère de la Recherche Scientifique et de l'Innovation,
Yaoundé, Cameroun

²Attaché de Recherche au Ministère de la Recherche Scientifique et de l'Innovation,
Yaoundé, Cameroun

Copyright © 2015 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 Greeks were the main cocoa traders in South-Cameroon during the colonial period. They arrived in small groups to be employed as prospectors, then commercial agents on behalf of the major treaty trade companies as the Paterson Zochonis (PZ), the Company of Haut Ogooué (SHO), the French West Africa company, R.W. King or John Holt, the small colony of Greek commercial agents of Cameroon has embarked on building a commercial destiny which the main beam remained the marketing of annuity products including cocoa. This article examines the role of the Greeks in the development of trade in agricultural products for export in Cameroon and more specifically in the chocolate products rich region of Nyong and Sanaga, located in the centre of the territory of Cameroon. The Greeks have, thanks to their proximity to the major colonial corporations, taken the measure of the opportunities offered by the market of the agricultural products for export in colonial Cameroon and more specifically in Yaoundé, administrative capital and main town of the region of Nyong and Sanaga. Then, they launched their commercial assault in the surrounding communities of: Sa' a, Akonolinga, Mbalmayo, Obala, etc. Among the most active traders, there were for example, Kritikos, Mikes, Demetropoulos, Gaetanos, Triafilides, Pollakis, Papadopoulos and Mavrommatis. Thus, in less than half a century, Greek traders have, from the cocoa trade, transformed many bush markets in the region in real centres of trade in the territory.

KEYWORDS: Hellenic, Commercial, Administration, Colonial, Economy.

RÉSUMÉ: Les Grecs ont été les principaux commerçants de cacao au Sud-Cameroun durant la période coloniale. Arrivés par petits groupes pour être employés comme prospecteurs, puis agents commerciaux pour le compte des grandes compagnies de commerce de traite comme la Paterson-Zochonis (PZ), la Société du Haut Ogooué (SHO), la Compagnie Française d'Afrique Occidentale (CFAO), la R.W. King ou la John Holt. La petite colonie d'agents commerciaux helléniques du Cameroun s'est attelée à construire un destin commercial dont la poutre principale demeurerait la commercialisation des produits de rente et notamment le cacao. Le présent article analyse le rôle des Grecs dans le développement du commerce des produits agricoles d'exportation au Cameroun et plus précisément dans la riche région en produits cacaotés du Nyong et Sanaga, située au centre du territoire camerounais. Les Grecs ont, grâce à leur proximité avec les grands trusts coloniaux, pris la mesure des opportunités qu'offrait le marché des produits agricoles d'exportation au Cameroun coloniale et plus précisément à Yaoundé, capitale administrative et principale ville de la région du Nyong et Sanaga. Puis, ils ont lancé leur assaut commercial dans les localités environnantes de Sa'a, Akonolinga, Mbalmayo, Obala, etc. Parmi les commerçants les plus actifs, on comptait par exemple, Kritikos, Mikes, Démétropoulos, Gaetanos, Triafilides, Pollakis, Papadopoulos et Mavrommatis. Ainsi,

en moins d'un demi-siècle, les commerçants grecs ont, à partir du commerce du cacao, transformé de nombreux marchés de brousse de la région en de véritables pôles d'échanges du territoire.

MOTS-CLEFS: Hellénique, Commercial, Administration, Colonial, Economie.

1 INTRODUCTION

Jamais, l'étiquette d'"acheteur de cacao" n'a aussi bien assuré la réputation d'un commerçant blanc au Cameroun comme ce fut le cas du Grec. Rompu aux techniques de commerce moderne de l'époque, le destin du citoyen grec au Cameroun s'est bâti autour de la commercialisation d'une culture étrangère au sol méditerranéen : le cacao. Introduit au Cameroun par le colon allemand dès l'aube du 20^{ème} siècle, c'est au Cameroun sous administration française que la culture et le commerce du cacao est la plus importante. Principal produit agricole d'exportation du Sud du territoire, la culture puis le commerce des fèves de cacao ont souvent représenté le principal "gagne-pain" de nombreuses familles camerounaises. Si la production du cacao a permis aux populations autochtones de s'émanciper économiquement, les principaux bénéficiaires étaient les commerçants européens et notamment les Grecs qui ont longtemps tenu cette filière d'une main de maître. Durant toute la période coloniale française, les villes et villages de la région du Nyong et Sanaga, véritable grenier à cacao du territoire, ont vu défiler les commerçants grecs venus certes d'horizons divers, mais animés par une ambition commune : celle de contrôler le commerce du cacao au Sud-Cameroun. Comment se développe le commerce du cacao par les Grecs au Sud Cameroun ? Que rapporte ce type de commerce aux Grecs ? Quel en est l'impact dans le développement du système commercial et socio-économique pour les populations de la région du Nyong et Sanaga au Cameroun colonial ?

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

La méthodologie appliquée pour l'élaboration de ce travail est à la fois chronologique thématique et explicative. Optant pour une approche multidisciplinaire incluant à la fois des données historiques, socio-économiques et géographiques, les analyses apportées au cours de cette étude reposent sur l'examen de la typologie des sources utilisées. L'approche développementaliste et constructiviste a permis de mieux appréhender la structuration des activités économiques et commerciales helléniques au Cameroun dès leurs installation sur le territoire camerounais ce, à travers la métamorphose et l'évolution des activités entrepreneuriales grecques depuis leur arrivée jusqu'au lendemain de la Seconde Guerre mondiale. La commercialisation des cultures agricoles d'exportation reste d'actualité au point de vue de l'histoire des mentalités en Afrique et notamment au Cameroun.

Pour arriver à nos résultats, trois principales techniques de collecte des données nous ont permis de rassembler les informations exploitées dans le présent travail: il s'agit des entretiens sélectifs avec certains témoins de la période coloniale et notamment les acteurs vivants du commerce hellénique au Cameroun colonial français. Puis l'exploitation des fonds documentaires des Archives Nationales de Yaoundé (ANY) celles du Ministère de l'Administration Territoriale et de la Décentralisation du Cameroun (ARMINATD), ainsi que des archives administratives des villes de Sa'a, Akonolinga, Mbalmayo et Obala. Enfin, la collecte des sources documentaires de seconde main, notamment des ouvrages généraux et des publications scientifiques et académiques a permis de compléter nos informations.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

3.1 LA PRESENCE GRECQUE AU CAMEROUN SOUS ADMINISTRATION FRANÇAISE

Le statut de territoire international attribué au Cameroun par la SDN au lendemain de la Première Guerre mondiale impose aux puissances mandataires, la France et l'Angleterre, le droit d'administrer et de promouvoir le développement économique, social, politique et culturel de ce territoire en compagnie des citoyens des Etats membres de la SDN présents au Cameroun [1]. C'est fort de ces dispositions que le Cameroun accueille dès le courant des années "20", plusieurs immigrants issus des pays membres de la SDN dont les immigrants originaires de la Grèce. En plus des ressortissants helléniques, ce territoire a hébergé des originaires de la Hollande, des Etats-Unis d'Amérique, du Portugal, de l'Espagne, de la Suisse, du Liban, de la Syrie, d'Italie, etc. [2].

Consciente de ces obligations, l'autorité coloniale française du Cameroun reconnaît que le territoire du Cameroun, demeure une terre d'accueil pour toute nationalité occidentale ou étrangère. Elle explique alors que :

De par son statut, le Territoire du Cameroun tient une place à part dans les territoires d'Outre-mer français. L'attention toute spéciale dont il est l'objet de la part des instances internationales fait un devoir à la métropole en se bornant au plan purement économique, de laisser subsister le régime de la porte ouverte vis-à-vis du reste du monde. Pour certains Territoires, cette obligation aurait pu constituer une entrave sérieuse au développement économique ; il n'en a pas été ainsi pour le Cameroun qui depuis quelques années a subi avec succès les confrontations diverses avec la conjoncture mondiale [3].

Dans ce cas, quelles sont les motivations de l'immigration hellénique au Cameroun ?

La raison principale qui conduit les citoyens helléniques à migrer vers l'Afrique en général et particulièrement au Cameroun colonial repose sur des préoccupations économiques et commerciales [4]. En d'autres termes, la migration grecque au Cameroun coloniale était essentiellement économique. A preuve, le Grec qui arrive sur le territoire camerounais durant la période coloniale est, à tout le moins, un homme capable de gérer une activité commerciale à cause de la réputation d'ancien commerçant qui précède souvent son installation sur le territoire du Cameroun. Cette thèse est défendue par un immigré grec arrivé au Cameroun depuis de nombreuses décennies :

Que ce soient Manidakis, Mandilaris, Despotakis ou Cocotasadis et les autres, ils étaient tous au Cameroun à la recherche d'un bien-être économique et financier. La preuve en est qu'ils se sont principalement orientés vers la pratique des activités rentables et onéreuses : le commerce. Le grec est -conclut-il- arrivé en Afrique et singulièrement au Cameroun pour des raisons économiques [5].

En dehors de ces arguments économiques, l'immigration grecque repose aussi sur des fondements culturels. En un mot, la fibre familiale a, elle aussi, concouru à nourrir l'immigration hellénique au Cameroun. C'est en substance ce qu'on retient du témoignage suivant :

Mon père est allé en 1920 aux Etats-Unis avec sa famille où il a travaillé dans des restaurants et où il faisait du commerce. Il est revenu en Grèce en 1936. Il s'est marié et a été muté à Aden (Yémen) jusqu'en 1945 en tant que directeur de la société Bata qui fabriquait des chaussures. Nous sommes retournés à Chypre en 1945 c'est-à-dire à la fin de la Deuxième Guerre mondiale. Après cette période, je suis allé en Angleterre pour poursuivre mes études. Mais, à cause du conflit entre les Anglais et les Turcs en 1963, je n'ai pas pu les terminer. En 1974, suite à l'occupation par la Turquie du tiers septentrional de l'île et à la partition de Chypre j'ai décidé de venir au Cameroun. J'ai écrit à mon oncle, le frère de ma mère, et je suis venu en 1975. Lui aussi était venu au Cameroun en 1939 pour retrouver son oncle [6].

En plus de ces raisons, il convient de noter que l'immigration hellénique au Cameroun colonial français s'est aussi nourrie du lien familial tissé entre les immigrés et leurs progénitures. C'est ce qui ressort du témoignage suivant :

Mon père, M. Antoniadès était un Grec originaire de Chypre. Le père de mon père c'est-à-dire mon grand-père était un milliardaire chypriote basé depuis plusieurs années au Caire en Egypte. Ce dernier était l'un des plus importants opérateurs économiques qui composaient la diaspora grecque en Afrique du Nord. Il était en effet propriétaire de deux grandes usines de production de beurre. Après l'obtention de son diplôme d'ingénieur chimiste, mon père fut (naturellement) employé dans les usines de son père en Egypte. Cependant, le frère de mon père -mon oncle-, M. Christos, qui était marié à une fille hellène faisant partie de la famille Koulaxidis, avait, une fois conscient des risques et des conséquences de la politique de nationalisation économique égyptienne, convaincu mon père, de s'installer au Cameroun. C'est finalement comme cela que nous nous sommes retrouvés au Cameroun dès 1951 [7].

A côté de cette immigration grecque au fort relent économique et familial, on relève aussi des réalités politico-sociales en Grèce qui ont encouragé la venue des Grecs au Cameroun durant le 20^{ème} siècle. En effet, dès le début de la Deuxième Guerre mondiale, la Grèce vécut une période d'instabilité politique favorisée par les ingérences de la France, l'Angleterre et la Russie ainsi que par les difficultés de reconstruction d'après guerre [8]. Cette instabilité politique va avoir des répercussions sur le plan social notamment avec la floraison des conflits et des affrontements entre les différentes forces politiques du pays, l'instauration et la succession des systèmes politiques dictatoriaux, la précarité et le surpeuplement [9]. Par conséquent, le climat socio-politique qui prévalait en Grèce en ce moment allait constituer un facteur décisif dans le processus d'expansion des diasporas grecques à travers le monde et l'Afrique en l'occurrence.

Ainsi, les documents d'archives exploitées nous informent que les pionniers immigrés grecs répertoriés lors des différents recensements des décennies 1920 et 1930 au Cameroun colonial étaient principalement composés de: Homéridès, Koulaxides, Mavrommatis, Evergelides, Maraveglias, Foundotos, Périclès Cromyopoulos, Tsékenis, Kalafatas, etc. [10].

Aussi, en quelques années, l'immigration grecque au Cameroun connaît-elle une évolution croissante. C'est ce qui ressort des données suivantes :

Tableau n°1 : Evolution de l'immigration hellénique au Cameroun avant la fin de la Deuxième Guerre mondiale

Années	1926	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1943
Migrants grecs	25	75	78	77	82	103	86	162	207	338

Source : Les auteurs, grâce à la compilation des informations recueillies dans les Rapports Annuels du Cameroun des années 1927, 1936, 1938, 1947.

Sur ces 17 années d'observation, on note que l'immigration grecque au Cameroun colonial est allée en s'amplifiant. En moins de 20 ans, celle-ci a évolué de manière arithmétique passant du simple au quintuple. La courbe ci-dessous en donne une illustration graphique :

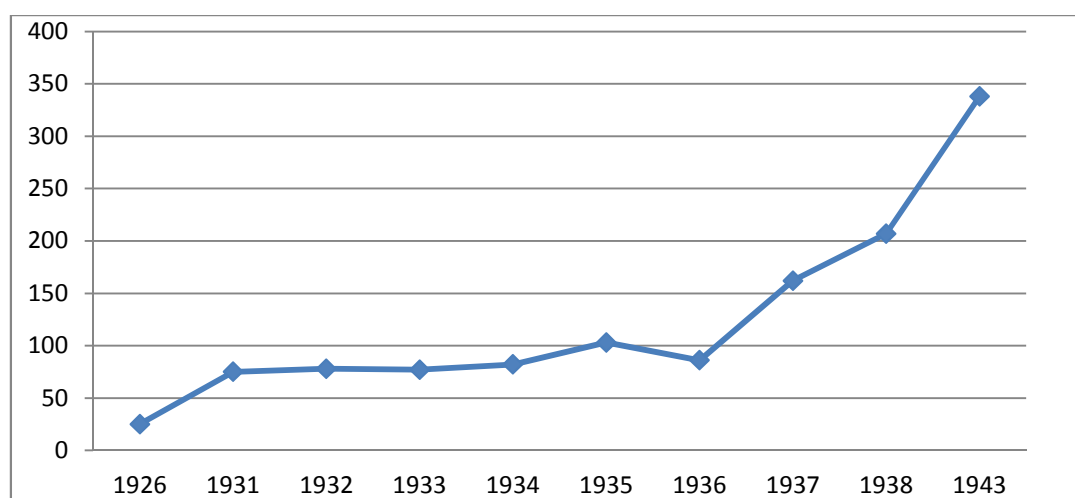


Figure n°1 : Immigration grecque au Cameroun entre 1926 et 1943

A partir de ces chiffres, la question relative aux activités commerciales des membres de la communauté grecque au Cameroun colonial devient impérative.

3.2 LES PREMIERS PAS DU COMMERCE GREC AU CAMEROUN COLONIAL

Les premiers grecs qui sont arrivés au Cameroun étaient employés comme agents de commerce pour le compte des compagnies commerciales d'import/export, au premier rang desquels on trouvait les sociétés françaises comme la Soudanaise, la SHO, la CFAO, les trusts anglais R.W King et John Holt et la compagnie gréco-britannique dénommée PZ. Ces différentes sociétés commerciales étaient basées dans les deux principales agglomérations du territoire à savoir la ville portuaire de Douala et Yaoundé, la capitale administrative [11]. Ces agents de commerce grecs jouaient ainsi le rôle de commerçants intermédiaires entre les producteurs camerounais de cacao, de café ou de palmiste et leurs employeurs.

Etant données les difficultés liées au manque des voies de communication, aux problèmes de transport et de portage des produits agricoles en provenance de l'intérieur du territoire et à destination de la côte ou des grandes villes, les maisons de commerce qui avaient opté pour l'exportation des cultures de rente avaient décidé de promouvoir le système des commerçants intermédiaires comme c'est le cas des employés grecs. Ceux-ci représentent alors une sorte de commerçants du milieu dont le rôle, au vu de leur engagement dans la maîtrise des réalités du terrain, consistait à acheter, à stocker puis à acheminer à partir des marchés de brousse, les produits de l'hinterland, vers leurs employeurs basés à Douala et à Yaoundé [12]. Certes, ce système de commerce intermédiaire pratiqué par les factoreries européennes au Cameroun n'était pas une nouveauté en Afrique ; mais, était nouveau, l'emploi des intermédiaires d'origines non africaines. En plus des Grecs, on retrouvait aussi d'autres Européens et assimilés tels les Portugais, les Français, les Italiens et les commerçants d'origine syro-libanaise [13].

De ce fait, le contrat entre ces commerçants intermédiaires et les factoreries était celui-ci : les semi grossistes recevaient pour leurs activités commerciales sur le terrain, une sorte de prêts financiers de ces grandes maisons commerciales. Ces

intermédiaires avaient, en retour, le devoir de réserver une grande partie de leurs marchandises à ces factoreries qui jouaient désormais le rôle d'employeurs saisonniers vis-à-vis de ces "commerçants du milieu".

C'est ainsi que les Grecs vont mettre sur pied un important réseau de commerce des produits cacaotés au Cameroun colonial et notamment dans le Nyong et Sanaga, l'un des principaux foyers de production des fèves de cacao au Cameroun.

4 L'ACTIVISME GREC DANS LE COMMERCE DU CACAO DANS LA REGION DU NYONG ET SANAGA

D'une superficie de plus de 29.000 kilomètres carrés (km²), la région du Nyong et Sanaga fait partie des principales zones de production de cacao au Sud-Cameroun. située au centre du territoire camerounais, elle bénéficie, à l'instar des localités situées sur le littoral, à l'Est ou dans le Sud forestier, des conditions climatiques, hydrométriques et pluviométriques de type équatorial, favorables à un développement des cultures riches, destinées à l'exportation, principalement le cacao, le café et le palmiste. C'est une région administrative qui s'étend du Nord au sud sur 140 km environ et de l'Est à l'Ouest sur 180 km. Elle est limitée au Nord par la région du Mbam, à l'Est par les régions du Lom et Kadeï et du Haut- Nyong, au Sud par le Ntem, au Sud-ouest par les régions de Kribi et de la Sanaga Maritime [14]. Au milieu des années 1940, cette région comprenait cinq principales subdivisions dont : Yaoundé la capitale régionale, Mbalmayo, Akonolinga, Nanga-Eboko et Sa'a.

L'économie de toutes ces différentes unités administratives reposait sur la culture du cacao [15]. La production et la commercialisation du cacao ont longtemps représenté la principale source de revenu des populations des villages et villes du Nyong et Sanaga. Les données ci- après renseignent sur le tonnage de cacao dans les principales localités de cette région après la Seconde Guerre mondiale.

Tableau n°2: Tonnage de cacao par subdivision du Nyong et par traite entre 1953-1955 (en tonnes)

Subdivisions	Années agricoles (1 ^{er} Avril-30 mai)	
	1953-1954	1954-1955
Akonolinga	2 003 418	3 204 254
Djoungolo	1 915	1 799
Esse	798 264	656 860
Mbalmayo	7 460	7 283
Mfou	1 136 315	1 086 327
Nanga-Eboko	802 941	772 027
Okola	1 968	2 279
Sa'a	5 117	5 422
Total	21 201 138	22 502 468

Source : ANY, 1 AC, 9320, *Rapports annuels des subdivisions du Nyong et Sanaga, 1954-1955.*

On observe que la région du Nyong et Sanaga produisait entre 1953 et 1955, un volume de cacao de plus de 43 000 tonnes, soit une moyenne annuelle de près de 21 500. On note ainsi que les localités d'Akonolinga, Mfou et Nanga-Eboko figurent en tête durant l'année agricole 1954-1955 avec respectivement un tonnage de 3 204 254, 1 086 327 et 772 027.

Le calendrier des producteurs de cacao mentionnait deux périodes de récoltes : une période d'activités intenses appelée période de grande récolte ou de traite qui s'étendait d'octobre-novembre à avril-mai, et une période secondaire ou la période de petite récolte qui couvrant le mois de juillet [16].

Ainsi, dès le lendemain de la Seconde Guerre mondiale, la communauté grecque du Nyong et Sanaga est majoritairement composée de commerçants. En 1955 par exemple, celle-ci est composée de 69 âmes [17]. Parmi ces derniers, des figures émergent. Mavrommatis, Despotakis, Kritikos ou Gaetanos prennent vite conscience des avantages à tirer de la vente de cacao dans les villes et hameaux de la région du Nyong et Sanaga et principalement dans la subdivision de Yaoundé.

4.1 YAOUNDE : LA BASE DE LANCEMENT DE LA CONQUETE COMMERCIALE HELLENIQUE DANS LA REGION DU NYONG ET SANAGA

Durant la période coloniale, Yaoundé est une ville qui s'étend sur 7.045 kilomètres carrés (km²) [18]. Couverte de forêt, sa production cacaoyère était relativement faible comparée aux localités périphériques. A mi-distance entre les fleuves Nyong et Sanaga, Yaoundé est située au centre des collines à plus 700 mètres d'altitude [19]. La distance qui la sépare du littoral est de 250 kilomètres environs. Cette ville bénéficie d'un climat doux et d'une population renommée pour son activisme dans la

production et la commercialisation des produits cacaoyers. Ville-siège des institutions coloniales et capitale régionale du Nyong et Sanaga, Yaoundé était, de par ses fonctions administratives, une agglomération importante dans l'organisation économique du territoire. Très peuplée, cette ville représentait la tête de ligne du chemin de fer. Yaoundé était aussi une ville-carrefour située à la convergence des routes Sud, Est, Ouest et Nord du territoire camerounais. C'était le point d'attraction vers lequel convergeaient les nombreuses marchandises qui drainaient vers la voie ferrée une grande partie de la production agricole du territoire.

De par sa situation stratégique, Yaoundé est, sans surprise, très tôt devenue le lieu d'activités par excellence des commerçants intermédiaires grecs qui étaient propriétaires de magasins de stockage de cacao, de produits du cru en provenance des centres de groupement des villages et localités de la région du Nyong et Sanaga [20]. Mais, l'important des récoltes de cacao stocké à Yaoundé était produit dans villes et villages environnants comme Mfou, Djoungolo, Akonolinga, Mbalmayo, Okola, Esse, Sa'a, Ayos, Obala, Akono, Ekali, Oveng, etc.

Tableau n°3 : Quantité de produits exportés à partir de la gare de Yaoundé en 1945 et 1946 (en tonnes)

Produits	1945	1946
Cacao	11.587	15.351
Café	482	433
Palmiste	4.145	11.071

Source : ANY, APA, 11819/C, Région Nyong et Sanaga, statistiques, 1946.

D'après ces données, on remarque qu'entre 1945 et 1946, l'activité des transports des produits agricoles d'exportation à la gare routière de Yaoundé était relativement dense. Cette gare était principalement chargée de faciliter le transit des produits agricoles en partance pour la ville portuaire de Douala. Elle exportait des milliers de tonnes de cacao par an notamment 11 351 tonnes en 1945 et 15 351 tonnes en 1946 contre une centaine de tonnes de café évaluées à 482 et 433 tonnes en 1945 et 1946.

Mais, au-delà de la production du cacao dans le Nyong et Sanaga, il convient de reconnaître que le taux des fèves de cacao commercialisés dans cette région restait aussi important. Durant la saison 1956/1957 par exemple, la commercialisation totale de cacao dans le Nyong et Sanaga affichait le chiffre de 26 636 107 kilogrammes ; elle augmenta très vite pour atteindre 28 711 390 kilogrammes entre le mois de juillet 1957 et celui de mars 1958. Le tableau suivant résume le taux de production de cacao dans cette région par subdivisions administratives :

Tableau n°4 : Quantité de cacao commercialisé dans la région du Nyong et Sanaga de juillet 1957 au 15 mars 1958 (en kilogrammes)

Subdivision	Quantités
Sa'a/Obala	7 339 709
Mbalmayo	7 500 000
Djoungolo	2 850 000
Akonolinga	2 733 501
Okola	2 567 743
Mfou	1 115 943
Esse	2 100 000
Nanga Eboko	884 449
Yaoundé-ville	1 700 000
Total	28 711 390

Source : ANY, 2AC, 7115 (2), Région de Yaoundé, rapport annuel, 1957.

La région du Nyong et Sanaga mérite donc d'être présentée comme l'un des "greniers à cacao" du Cameroun. Ainsi, on remarque qu'en moins d'une année, la production totale des différentes subdivisions de cette région, à l'exception de Yaoundé, dépassait le chiffre de 28 000 000 de kilogrammes. Parmi les plus grandes localités productrices de cacao durant cette période, Mbalmayo arrive en tête avec 7 500 000 kilogrammes de cacao produit, suivie d'Obala et de Sa'a avec 7 339 709 kilogrammes puis de Djoungolo, Akonolinga et Okola qui produisaient respectivement 2 850 000, 2 733 501 et 2 567 743.

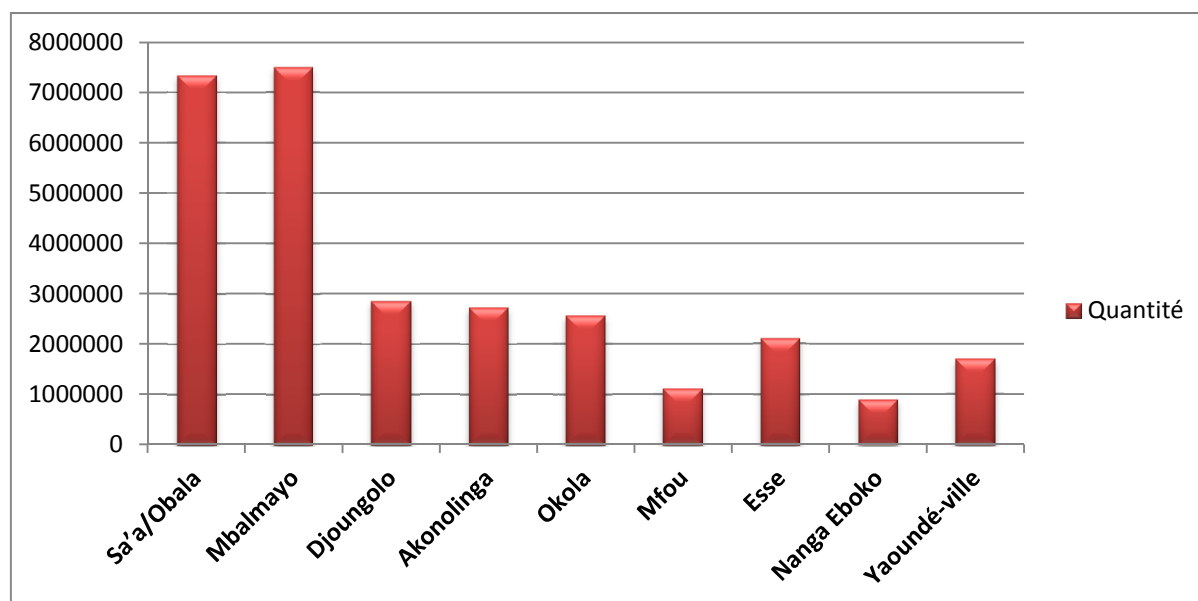


Figure n°2 : Taux de cacao commercialisés dans le Nyong et Sanaga 1956-1957 (en milliers de kilogrammes)

Ces données confirment la place privilégiée de la région du Nyong et Sanaga dans la production du cacao au Cameroun. Foyer par excellence de la culture du cacao, aucune subdivision de la région du Nyong et Sanaga ne produit moins de 800 000 tonnes de fèves de cacao par an entre 1956 et 1957.

Cela amène à se pencher sur le cas spécifique de la commercialisation du cacao par les commerçants grecs dans la subdivision d'Akonolinga.

4.2 LE GREC : ANIMATEUR DU RESEAU DE COMMERCE DE CACAO DANS LA SUBDIVISION D'AKONOLINGA

La subdivision d'Akonolinga avait la réputation de compter parmi les principaux centres de culture et de production de cacao dans la région du Nyong et Sanaga [21]. D'une superficie de 6.080 km², cette petite ville représentait un centre commercial incontournable pour les populations riveraines des axes routiers Yaoundé-Abong-Mbang et Yaoundé-Ayos menant vers la partie est du territoire [22]. Trois représentations des factoreries spécialisées dans l'achat du cacao et du café étaient installées dans le centre commercial d'Akonolinga-ville au lendemain de la Seconde Guerre mondiale. Il s'agit de la R.W King, la Hollando et la SHO. Parallèlement, les commerçants intermédiaires grecs tenaient des commerces secondaires dont les plus célèbres étaient Gaetanos, Antipas et Daskalakis [23]. C'est à ces derniers que revenait la tâche de sillonner les centres commerciaux secondaires et périodiques d'Ayos, Kobdombo ou Mengueme [24]. Le cacao issu de ces marchés était porté par automobiles, vers le centre principal d'Akonolinga. Les Grecs achetaient ainsi le cacao à un prix variant entre 80 et 110 francs CFA pour le cacao courant et le cacao dit limite était évalué entre 105 et 122 francs CFA durant la saison de 1958-1959 [25].

S'agissant du cours du cacao dans les centres de commercialisation au Cameroun colonial, il variait généralement d'une localité à une autre. A Douala le kilogramme de cacao oscillait entre 70.5 F CFA et 165 F CFA entre les mois d'octobre 1953 et mars 1954. Pour le cas de la ville de Yaoundé, ce prix était compris entre 67 F et 140 F durant cette même période, tandis que les prix pratiqués dans les autres localités productrices de cacao à Sangmelima, Ebolowa et Bafia variaient entre 60, 140 et 155 F entre la fin de l'année 1953 et le premier trimestre de l'année 1954 [26]. Les détails sur ces prix fixés par les autorités coloniales entre 1953 et 1954 sont disposés de la manière suivante :

Tableau n°5: Prix de commercialisation du cacao pratiqués au Cameroun entre 1953 et 1954(en franc CFA)

Centres	Octobre (1953)	Novembre (1953)	Décembre (1953)	Janvier (1954)	Février (1954)	Mars (1954)
Douala	70.5	93.5	109.2	144	138.8	165
Yaoundé	67	86	97	124.3	127	140
Sangmelima	60	88	111.5	128.3	134.8	155
Doumé	55	74	85.8	110.8	/	/
Ebolowa	62	88	100.5	128	130.3	140
Kribi	67	80	96.5	107.5	/	/
Bafia	69	81	97	128	133	140

Source : ANY, 2 AC, 9866, Cacao, commercialisation, prix pratiqués dans les principales régions, 1953-1954.

Les prix de commercialisation du cacao proposés dans le tableau ci-dessus permettent de comprendre qu'il n'existait pas toujours une stabilité dans la fixation d'achat des fèves de cacao durant la période coloniale. Le kilogramme de cacao était par exemple nettement moins coûteux dans une localité reculée comme Doumé par rapport à celui pratiqué à Kribi. On constate aussi que les coûts les plus importants étaient pratiqués dans les deux principaux centres urbains de Douala et de Yaoundé. Ils oscillaient ainsi entre 60 et 145 francs CFA entre les mois d'octobre 1953 et mars 1954.

C'est dans cet esprit que l'action commerciale grecque va se poursuivre dans les marchés de la subdivision voisine de Mbalmayo.

4.3 L'ACHETEUR DE CACAO GREC A L'ASSAUT DES MARCHES DE LA SUBDIVISION DE MBALMAYO

A l'instar d'Akonolinga, Mbalmayo représentait aussi un centre de production du cacao dans la région du Nyong et Sanaga. En dehors de sa proximité avec la ville-capitale de Yaoundé qui la sépare d'à peine 50 kilomètres, Mbalmayo apparaît d'abord comme un point de convergence propice pour toute activité économique [27]. Durant la période coloniale, cette ville a souvent représenté une sorte de base arrière pour de nombreux commerçants locaux et étrangers. En plus du passage du fleuve Nyong qui arrose les plantations de cacao de la ville et ses environs, cette subdivision était dotée d'une ligne de chemin de fer par laquelle transitaient d'importantes quantités de cacao, de café et de palmistes en provenance des localités du Sud du territoire comme Sangmelima, Ambam et Ebolowa à destination de Douala, la ville portuaire [28].

Le symbole le plus marquant parmi la trentaine de commerçants intermédiaires helléniques permanents comme saisonniers de Mbalmayo est représenté par la société d'import-export dénommée Kritikos & Compagnie [29]. Elle fait partie des principales concurrentes des représentations commerciales françaises, anglaises ou hollandaises dans la région à cette époque. La ville de Mbalmayo représente d'ailleurs le siège-social de la compagnie Kritikos dans la région du Nyong et Sanaga. A ses côtés, on note la présence d'une succursale de la PZ installée à Mbalmayo depuis les années "40". Les autres commerçants indépendants d'origine hellénique à Mbalmayo se nommaient Jean Ionnides, Démétropoulos, Staurides Stavros, Triafilides, Pollakis, Michaelides, Sisamotos, Galantomos, Kourtis, Charitou et Jean Anastakis [30]. La saison 1957-1958 requiert une attention particulière du fait de l'importance de la production et de la commercialisation du cacao durant cette décennie qui précède celle des indépendances.

Tableau n°6 : Tonnage et commercialisation du cacao à Mbalmayo entre octobre 1957 et février 1958 (en kilogrammes)

Période	Cacao commercialisé	Cacao groupé en tonne
Octobre (1957)	347 236	800
Novembre(1957)	1 612 921	
Décembre (1957)	1 304 657	
Janvier (1958)	1 486 213	/
Février (1958)	140 670	/

Source: ANY, 488/2, Mbalmayo, Rapport annuel, 1958.

On observe que la subdivision administrative de Mbalmayo a commercialisé plus de 4 tonnes de cacao en l'espace de cinq mois soit entre octobre 1957 et février 1958. Le mois de novembre a été le plus prolifique avec une réalisation de vente de 1 612 921 kilogrammes. Ce qui n'est guère surprenant car cette période marque la haute saison de campagne cacaoyère dans cette région du Cameroun.

Très vite, le rôle du commerçant grec dans l'édification des centres commerciaux des villes comme Mbalmayo et Akonolinga est reconnu par de nombreux Camerounais. C'est en tout cas ce qui pense Paul Ebozoa lorsqu'il déclare que :

En ma qualité de transporteur dans le Nyong et Sanaga durant les années 1950 et 1960, j'ai personnellement assisté à la construction des centres commerciaux et des boutiques commerciales modernes par les Grecs dans ma région natale et notamment dans les petits villages de brousses près de Yaoundé, Mbalmayo et Akonolinga [31].

Ce dynamisme manifesté par les commerçants helléniques a aussi, sans le moindre doute influencé la commercialisation du cacao parmi le groupe des ressortissants grecs dans la subdivision de Sa'a et à Obala.

4.4 LA PRESENCE DU COMMERÇANT GREC A SA'A ET A OBALA

La subdivision de Sa'a est une zone de grande forêt qui a, elle aussi vu naître et éclore un petit réseau de commerçants grecs, acheteurs des fèves de cacao. Cette activité s'est principalement développée dès le lendemain de la Deuxième Guerre mondiale. Durant les années 1950, les ressortissants d'origine hellénique à Sa'a se comptaient par dizaines [32]. En majorité constituée de commerçants saisonniers, la communauté des Grecs recensés à Sa'a durant les années 1950 est essentiellement chargée de l'achat des fèves de cacao. Les principales maisons grecques sont : la PZ, Mikes, Palogakis, Zodiatis, Despotakis et Papadopoulos [33]. Durant l'année 1957, le prix du kilogramme de cacao oscillait entre 8 et 20 francs CFA. En dehors du centre commercial de la Sa'a, une grande partie des produits cacaotés prisés par les commerçants grecs provenait des centres d'Edinding, Nkometou, Kokodo et Nkolo grâce à une production totale de plus de 2.000 tonnes par an [34].

Dans le petit poste administratif d'Obala, rattaché à la subdivision de Sa'a, le commerçant hellénique a, là aussitôt fait de se construire un nid commercial. Obala représente une sorte de repère pour plusieurs Grecs dans la région du Nyong et Sanaga. Contrairement à Sa'a, la petite diaspora grecque d'Obala était essentiellement composée de commerçants permanents collecteurs et revendeurs des fèves de cacao. Les sources d'archives auxquelles s'ajoutent les témoins de cette période ont gardé en mémoire que les commerçants grecs les plus en vue dans le commerce de cacao à Obala étaient : Xenophontos, Pallogakis, Skouloukos, Hambos Zodiatis, Despotakis ou encore Patichis [35]. C'est eux, qui ont été à l'origine de la construction des centres commerciaux de plusieurs localités de la région du Nyong et Sanaga tel que l'indique un témoin et collaborateur des Grecs d'origine camerounaise de cette période :

On devrait commencer par rendre hommage aux commerçants grecs qui ont largement participé à la construction des villes du Nyong et Sanaga. C'est en partie grâce à ces derniers que nous avons vu nos villages s'ériger en de vrais centres urbains. Tout jeune, je voyais déjà les Grecs s'activer dans la construction des boutiques et des magasins de commerce moderne à Mbalmayo, Yaoundé, Obala ou Sa'a. Leur amour pour le commerce en général et leur succès dans la commercialisation du cacao en particulier les a amenés à bâtir de grandes maisons de commerce, à employer de nombreux camerounais et à entretenir nos routes, ce qui a, qu'on le veuille ou non, participé à développer cette région et même notre pays [36].

Avant de laisser le soin à un commerçant hellénique, Georges Vassiliou, d'admettre que c'est grâce au travail mené en amont par des compatriotes comme Kritikos ou Mavrommatis dans la commercialisation du cacao que l'on peut aujourd'hui, parler officiellement de filière de cacao-café au Cameroun contemporain :

Malgré le fait qu'ils n'aient pas été des producteurs directs, on doit tout de même reconnaître que ce sont les Grecs qui ont permis aux uns et aux autres de porter un certain crédit à ce que l'on appelle de nos jours la filière cacao-café. Mavrommatis ou Despotakis, grâce à leurs achats ont encouragé les cultivateurs d'une part, et d'autre part les vendeurs du cacao et du café dans plusieurs localités situées au Sud-Cameroun. C'est l'argent issu de la commercialisation de ces produits d'exportation qui a permis aux producteurs camerounais de se construire, de se soigner, de se nourrir et d'envoyer leurs enfants à l'école [37].

5 CONCLUSION

Le commerce des produits agricoles d'exportation dans la région du Nyong et Sanaga était donc aux mains des commerçants européens et notamment des collecteurs d'origine hellénique. Lieu d'échanges et capitale administrative, la ville de Yaoundé représentait la tête de proue de cette activité. Commerçant déterminé à la recherche d'un bien être social

et d'une intégration économique, le Grec a lancé une vaste campagne commerciale au Cameroun qui est d'abord passée par les villes et les marchés de brousse environnants de la ville-capitale avant de s'étendre dans d'autres régions du territoire. Mais, l'activisme des Grecs dans ce domaine a dépassé les frontières temporelles du 21^{ème} siècle car, aujourd'hui encore, l'histoire reconnaît la place de choix du commerçant grec dans le développement du réseau de commerce de cacao au Cameroun contemporain.

REFERENCES

- [1] J. Ph., Guiffo, *Le statut international du Cameroun 1921-1961*, Yaoundé, Editions de l'Essoah, 2007, p. 29.
- [2] ANY, APA, 1116/A, Dossiers de naturalisation des européens et assimilés, 1916-1939 et Archives Nationales de Yaoundé, 2AC, 9159, Européens : immigration et émigration européennes au Cameroun, 1940.
- [3] ANY, 1AC, 161, Cameroun, économies régionales, 1951, p. 2.
- [4] G. Simon, *Géodynamique des migrations internationales dans le monde*, Paris, PUF, 1995.
- [5] Entretien accordé par Kyriakides Georges, 83 ans, ancien consul de la République grecque au Cameroun, doyen de la communauté hellénique au Cameroun, Yaoundé, le 02 mai 2009.
- [6] Entretien avec Antoniadès Constantin, 62 ans, fils d'un opérateur économique grec au Cameroun, actuel consul honoraire de la République de Chypre au Cameroun, Yaoundé le 04 juillet 2009.
- [7] M. F., Akono Abina, "Présence et activité des Grecs au Cameroun : le cas de la ville de Yaoundé : 1920-1981", Mémoire de Master en Histoire, Université de Yaoundé I, 2008-2009, pp.25-26.
- [8] M., Mourre, *Dictionnaire encyclopédique d'histoire*, Paris, Bordas, 1978, pp 2025-2027.
- [9] Entretien accordé par Antoniadès Constantin, 62 ans, fils d'un opérateur économique grec au Cameroun, actuel consul honoraire de la République de Chypre au Cameroun, Yaoundé le 04 juillet 2009.
- [10] M., Mourre, *Dictionnaire encyclopédique d'histoire*, Paris, Bordas, 1978, pp. 2025-2089.
- [11] ANY, 1AC, 161, Cameroun, économies régionales, 1951, pp. 23-24
- [12] Ibidem.
- [13] J. Suret-Canale, *Afrique noire : L'ère coloniale : 1900-1945*, Paris, Terrains / Editions sociales, 1962, p. 247.
- [14] ANY, 1AC, 161, Cameroun, Economies régionales, 1951, p. 32.
- [15] Lire : J., Assoumou, *L'économie du cacao. Agriculture d'exportation et batail de développement en Afrique tropicale*, Paris, Delarge, 1977.
- [16] ARMINATD, Rapports annuels des subdivisions du Nyong et Sanaga, 1954-1955.
- [17] ANY, 3AC, 701, calendrier de vente cacao et café dans la région du Nyong et Sanaga, 1956.
- [18] ARMINATD, Rapports annuels des subdivisions du Nyong et Sanaga, 1954-1955.
- [19] ANY, 1AC, 912, Rapport annuel de la subdivision urbaine de Yaoundé, 1956.
- [20] Ibidem.
- [21] ARMINADT, Rapports annuels des subdivisions du Nyong et Sanaga, 1954-1955.
- [22] Ibidem.
- [23] Ibidem.
- [24] ANY, 2 AC, 486, Akonolinga, 1958.
- [25] Ibidem.
- [26] ANY, 161, Cameroun, Economies régionales, 1951, p. 36.
- [27] Ibidem.
- [28] Ibidem.
- [29] ANY, 2AC, 488 (2), Mbalmayo, rapport annuel, 1958.
- [30] Ibidem.
- [31] Entretien avec Ebozoa Paul, 80 ans, ancien transporteur dans le Nyong et Sanaga, réalisée à Yaoundé le 07 février 2010.
- [32] ANY, 2AC, 7114 (2), Sa'a, rapport annuel, 1957.
- [33] Ibidem.
- [34] Ibidem.
- [35] ANY, 2AC, 484, Obala, rapport annuel, 1958.
- [36] Interview menée avec Ondua Simplicie, 77 ans, ancien collaborateur des Grecs et ancien fonctionnaire camerounais, Yaoundé, le 11 novembre 2009.
- [37] Entretien avec Vassilious Georges, 65 ans, ancien vice-président de la communauté hellénique de Yaoundé, Yaoundé, le 15 janvier, 2010.

THREATS COMPARISON, STUDENT-T DISTRIBUTION APPROACH: A CASE STUDY OF IBRAHIM BABANGIDA LIBRARY (IBL) OF MODIBBO ADAMA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, YOLA

Daniel Ezra Dzarma and Mohammed Mijinyawa

Department of Statistics and Operations Research,
Modibbo Adama University of Technology, Yola, Nigeria

Copyright © 2015 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 paper threats comparison, student-t distribution approach: A case study of Ibrahim Babangida library of Modibbo Adama University of Technology, Yola, We identified three threats; human threats, Technological threats and Natural threats. Data on threats were obtained using questionnaire and personal interview; the data obtained were analyzed using Analytic hierarchy Process (AHP) and student-t distribution. The results obtained revealed that human threats effect is greater than technological threats and technological threats effect is greater than natural threats effect associated with IBL activities at 5% level of significance. We recommended that the management should invest more resources to mitigate human threats than other threat.

KEYWORDS: Library, threats comparison, Students-t distribution, Analytic Hierarchy Process (AHP) and Modibbo Adama University.

1 INTRODUCTION

An adapted definition of threat, from National Institute of Standard and Technology (NIST) SP 800-30, is "the potential for a person or thing to exercise (accidentally trigger or intentionally exploit) a specific vulnerability."

There are several types of threats that may occur within an information system or operating environment. Threats may be grouped into general categories such as natural, human, and environmental. Examples of common threats in each of these general categories include:

Natural threats may include floods, earthquakes, tornadoes, and landslides. Human threats are enabled or caused by humans and may include intentional (e.g., network and computer based attacks, malicious software upload, and unauthorized access to Electronic Protected Health Information (EPHI)) or unintentional (e.g., inadvertent data entry or deletion and inaccurate data entry) actions. Environmental threats may include power failures, pollution, chemicals, and liquid leakage.

There are many Threats to the information stored in the library. These threats emanates from users and other sources. Premarathne (2013), states that, the abuse of library materials by marking, underlining, removing pages/parts of the pages, binding, barcodes, call number labels and damaging or defacing library materials is a threat to library collection.

GFI White Paper (2014) gives the clear posture of some information security threats in academic library. Security attacks were classified into; attacks on physical systems, authentication and privilege attacks, denial of service and malicious internet content.

It is obvious that different materials in library are confronted with different varieties of threats. Some of these threats are: theft, mutilations, power surge and virus infections.

Bailey, et al., (1987) gives some few Library threats as follows:

- Any electrical sparking (appliance, wall outlet, etc.)
- Smoldering trash Smoke from an undetermined source
- Visible flame
- Smell of smoke or burning
- Any type of uncontrolled chemical related explosion or reaction
- Uncontrolled or unapproved grass fire, and
- Any other event with potential for property damage or personal injury

Ibrahim Babangida library of Modibbo Adama University of Technology Yola in particular, is facing security challenges just like other libraries, there are some cases whereby students gets into the library and steal some vital materials or documents either in form of a book or paper. In some situations whereby some students got into the library and tear some pages of books or damage some materials. The study carried out to analyse the risk associated with this kind of problems is known as security risk analysis.

In academic library like Ibrahim Babangida library for instance materials like, books, computers and disks, committee report and recommendations are among several pieces of information that require safety. The question is what can be done to enhance the safety of such important and highly sensitive information? depth study of every system is one of the best ways to propose a security policy for the system (Dzarma *et al.*, 2015).

Anyaobi and Akpoma (2012) assert that the abuse of library materials through theft, mutilation and other forms of abuse has posed tremendous challenge to the library profession. According to Jackson (1991) incidents of theft, non-return of materials and mutilation of library stock are on the increase. Sornam and Shyla (1997) reported that theft and mutilation of library materials was common in many libraries and only the magnitude of the crime differed from place to place. Ajegbomogun (2004) states that theft and mutilation of books and non-books is a common phenomenon in Nigerian university libraries and if not checked will create a serious threat to Nigerian libraries' collection and preservations., Senyah (2004) identifies the scarcity of needed books (90.9%) and selfishness (81.81%) as being the main cause of book theft and mutilation. His study was however not conclusive on the perpetrators of the abuse. He concluded that the absence of regular stock-taking or inventory has made it practically impossible for the libraries to quantify the extent of losses. Various writers have expressed their views on what contributes to the causes of different forms of abuse in the library. However, many researchers base their argument on economic depression and security as the main causes of abuse of library materials. These include Ajegbomogun (2004), Agboola (2001), Afolabi (1993), Akinfolarin (1992) among others.

Threats to critical infrastructures can be classified into 3 categories, natural threats, human-caused, and accidental or technical. Natural threats include weather problems in both hot and cold climates and also geological hazards like earthquakes, tsunamis, land shifting and volcanic eruption. Natural threats like this could greatly affect Critical Infrastructure (CI) specially the transportation sector. For example, in 1995 an earthquake in japan destroys many Japanese critical Infrastructures. The highway was damaged, the port of Kobe which is Japan's largest container shipping port. It also damaged chemical manufacturers and steel manufacturers. Human-caused threats are sometimes referred to as terrorism. This may include cyber-attacks, rioting, product tampering, explosions and bombing. Accidental and technological threats include such issues as transportation accidents and failures, infrastructure failures and hazardous material accidents (Robles *et al.*, 2014).

Although Abdulkadir and Dzarma (2015) identified three categories of threats in Ibrahim Babangida Library (IBL) however, no any special technique was employ to compare them, the focus of this paper is to go beyond identifying the threats but also moving further to compare them using special techniques.

2 METHODOLOGY

ANALYTICAL HIERARCHICAL PROCESS AHP

The threats in Ibrahim Babangida Library were categorized into three, namely Human threats, Natural threat, and Technological threat with the aid of questionnaire and personal interview. The Analytic Hierarchy Process (AHP) Method used by Dzarma and Abdulkadir (2015) were adopted in this paper. The threats in Ibrahim Babangida Library were rated using Saaty (1980) rating scale as illustrated in table 1.

Table1: Saaty's Rating Scale

Interpretation		Scale
(a)	Equally important	1
(b)	Moderately more important	3
(c)	Essentially more important	5
(d)	Strongly more important	7
(e)	Extremely more important	9
(f)	Intermediate values between two adjacent judgments are	2,4,6,8

Source (Sa'aty 1980)

The comparison made between three threats are as follows:

1. Human threat is equally to moderately more important than technological threat
2. Human threat is moderately more important than natural threat
3. Technological threat is equally moderately important than natural threat

Figure 1 illustrates different kinds of threats in IBL

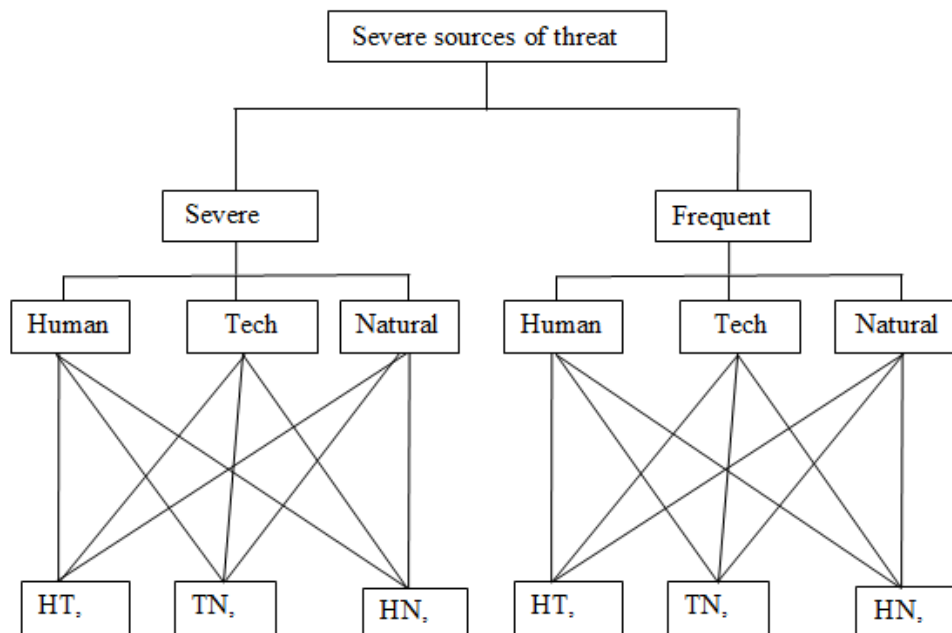


Figure 1. Threat Diagram of Different types of threats

Hence pair wise comparison matrix of threats in Ibrahim Babangida library was obtained from the diagram as :

$$\begin{matrix} & \begin{matrix} H & T & N \end{matrix} \\ \begin{matrix} H \\ T \\ N \end{matrix} & \begin{pmatrix} HH & HT & HN \\ TH & TT & TN \\ NH & NT & NN \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (1)$$

Where

HH, HT and HN = the rating of human threat

TT, TN and TH = the rating of Technological threat

NN, NT and NH =the rating of Natural threat

The weight of Human source of threat (W_H), Technological threat (W_T) and natural threat (W_N) were computed by normalizing and taking the row averages of threat matrix .

The consistency Ratio (CR) of Matrix A were computed as follows

$$CR = \frac{\text{Consistency Index (CI)}}{\text{Ratio Index (RI)}} \quad (2)$$

Where

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n} \quad (3)$$

$\lambda_{\max}$ = the product of Weights of all threats and threat matrix A that is

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n AW_i \quad (4)$$

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} H & T & N \end{matrix} \\ \begin{matrix} H \\ T \\ N \end{matrix} & \begin{bmatrix} HH & HT & HN \\ TH & TT & TN \\ NH & NT & NN \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (5)$$

$$W = \begin{bmatrix} W_H \\ W_T \\ W_N \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$RI = \frac{1.98(n-2)}{n} \quad (7)$$

TEST OF HYPOTHESIS

The following hypotheses were tested using student-t distribution.

- (a) $H_0: \pi_1 = \pi_2$, (there is no significant diff. between human and technological threat)
 $H_1: \pi_1 \neq \pi_2$ (there is significant diff. between human and tech. threat)
- (b) $H_0: \pi_1 = \pi_3$, (there is no significant diff. between human and natural threat)
 $H_1: \pi_1 \neq \pi_3$ (there is significant diff. between human and natural threat)
- (c) $H_0: \pi_2 = \pi_3$, (there is no significant diff. between technological and natural threat)
 $H_1: \pi_2 \neq \pi_3$ (there is significant diff. between technological and natural threat)

Where π_1 = the proportion (weight) for human threat
 π_2 = the proportion (weight) for technological threat
 π_3 = the proportion (weight) for natural threat

The estimate of π_1, π_2 , and π_3 are $\hat{\pi}_1, \hat{\pi}_2$, and $\hat{\pi}_3$

$$t_1 = \frac{\hat{\pi}_1 - \hat{\pi}_2}{\sqrt{\frac{\hat{\pi}_1(1-\hat{\pi}_1) - \hat{\pi}_2(1-\hat{\pi}_2)}{n}}} \quad (8)$$

$$t_2 = \frac{\hat{\pi}_1 - \hat{\pi}_3}{\sqrt{\frac{\hat{\pi}_1(1-\hat{\pi}_1) - \hat{\pi}_3(1-\hat{\pi}_3)}{n}}} \quad (9)$$

$$t_3 = \frac{\hat{\pi}_2 - \hat{\pi}_3}{\sqrt{\frac{\hat{\pi}_2(1-\hat{\pi}_2) - \hat{\pi}_3(1-\hat{\pi}_3)}{n}}} \quad (10)$$

$\hat{\pi}_1$ = the weight of Human Threats, $\hat{\pi}_2$ = the weight of Technological Threats

$\hat{\pi}_3$ = the weight of Natural Threats, this weight were obtained using AHP.

the value of t_1, t_2, t_3 calculated were compared with the value of T obtained from the table at 0.05 level of significant

3 RESULTS AND THE DISCUSSION

The weight for Human threat, Technological threat and Natural threat were obtained as explained above are as follows:

$\hat{\pi}_1 = 0.65, \hat{\pi}_2 = 0.25$ and $\hat{\pi}_3 = 0.10$

t_1, t_2 and t_3 were also obtained as explained ealier

$t_1 = 4.54, t_2 = 3.08$ and $t_3 = 2.205$

The value of $t_{\alpha/2}$ at 5% level of significant was obtained from the table as 2.08

TEST OF SIGNIFICANT DIFFERENCE

According to the result in section 3, the calculated t_1 is 4.54 and the tabulated T is 2.08 at 5% level of significant. Since $4.54 > 2.08$ there is no evidence to accept the null hypothesis. Therefore the human threats effect is greater than technological threats. Similarly $t_2 = 3.08$ which is greater than T (2.08) obtained from the table. We reject the null hypothesis and conclude that human threats effects are greater than natural threats associated with IBL activities; this in line with Stephen (1999) which states that if the observed result differs from the expected results, hence null hypothesis is rejected on the basis of evidence obtained. If we fail to reject the hypothesis of no difference, then we must reject the alternative hypothesis-again, no exceptions. There are absolutely no circumstances in which we could either fail to reject both or accept both (Bohnenblust and Kumza, 2001). $t_3 = 2.205$ and t tabulated at 5% level of significance is 2.08. Since 2.205 is greater than 2.08 we can conclude that there is no evidence to accept the null hypothesis, therefore the technological threat effect is greater than natural threat associated with IBL activities. In general, based on the tests carried out human threats has greater effects on IBL activities, followed by technological threats and natural threats.

4 CONCLUSION

In this Research we used questionnaire and personal interview to obtained data from readers' department of IBL. Analytic Hierarchy Process (AHP) were used to analysed the data and the results of the analysis shows the human threats effect is greater than technological threats and human threats effects are greater than natural threats associated with IBL activities.

The management is recommended to do the following so as to mitigate threats in invest more resources to mitigate Human threats so as to secure library materials from destruction.

REFERENCES

- [1] Abdulkadir S.S. and Dzarma, E.D (2015).Security Threats Analysis of Ibrahim Babangida Library,
- [2] Modibbo Adama University of Technology, Yola. International Journal of Innovation and Scientific Research ISSN 2351-8014 Vol. 13 No. 2 Feb. 2015, pp. 591-597.
- [3] Afolabi, M. (1993), Factors Influencing Theft and Mutilation Among Users and Staff in Nigeria. *Journal of Leading Libraries and Information centres*, 1 (3/4), 2-8.
- [4] Ajegbomogun, F.O. (2004). Users' assessment of library security: A Nigerian university case study. *Library Management* 25 (8/9):386-390.
- [5] Akinfolarin, W.A. (1992). Toward Improve Security Measures in Nigeria University Libraries. *Africa Journal of Library, Archives and Information Science*, 2(1), pp.37-56.
- [6] Agboola, A.T. (2001).Penetration of Stock Security in a Nigeria University Library. *Lagos Librarian*, 22(1/2), 45-50.
- [7] Anyaobi, G. and Akpoma, O. (2012). Abuse Of Library Materials In Academic Libraries: A Case Study Of Delta State Polytechnic Library,Ogwashe-Uku, Nigeria. *Journal of Research in Education and Society*; Volume 3, Number 1, April 2012
- [8] Bailey, E., Dunman, S., Harvey, Y. and Hein, K. (1987). Library security, library security and emergency procedure manual. Murray state University, Pogue library, pp1-29.
- [9] Dzarma, D. E., Abdulkadir, S. S. and Danjuma, J. (2015). Threat Analysis of Readers' Unit in Ibrahim Babangida Library of Modibbo Adama University of Technology, Yola, Analytic Hierarchy Process (AHP) Approach. *International Journal of Science and Research (IJSR)* ISSN (Online): Volume 4 Issue 2, Feb. 2015, 2319-7064
- [10] GFI White Paper (2014). Security Threats: A Guide To Small and Medium Enterprise, pp 1-10 Retrieved 24th September, 2014 www.gfi.com.
- [11] Jackson, M. (1991). Library Security: Facts and Figures. *Library Association Record*, 93, 380- 384.
- [12] Kuzma, J. W and Bohnenblust, S. E. (2000). Basic statistics for health science, 4th edition. McGraw-Hill USA. pg. 136-143.
- [13] Premaratne, B.N.G.S. (2013). Abuse of library materials in main library university of peradeniya srilanka: perceptions of the final year, *Social Sciences and Humanities Proceedings of the Peradeniya Univ. International Research Sessions*, Sri Lanka, Vol. 18, Abstract.
- [14] Robles R. J.1., Cho, M. and Choi, K. (2014), Common Threats and Vulnerabilities of Critical Infrastructures, *International Journal of Control and Automation*, pp 17-22.
- [15] Six Basics of Risk Analysis and Risk Management Security, www.cms.hhs.gov/SecurityStandard/
- [16] Senyah, Y.(2004). Library Security, Book Theft and Mutilation: A Case Study of the University Library System of Kwame Nkrumah University of Science and Technology. *Ghana Library*, 16, 9-27.
- [17] Sornam, S.A. and Shyla, A. (1997), Students Attitudes Towards the Theft and of Library Reading Materials. *Library Science with a Slant to Documentation and Information Studies*, 34 (4), 203-207.
- [18] Stephen' L. J and Spiegel, M. R. (1999). Schaum's outline of theory and problems of statistics, 3rd edition, McGraw-Hill companies U.S.A, pp 216-217.

Vulnérabilité des chaînes d'approvisionnement : cadrage du concept et identification des antécédents

[The concept of Supply Chain Vulnerability: its theoretical background and drivers]

Lhoussaine Ouabouch¹ and Mostapha Amri²

¹Equipe de Recherche en Economie du Transport, Technologie de l'Information et Logistique (ERRETTLOG),
Ecole Nationale de Commerce et de Gestion, Université Ibnou Zohr,
Agadir, Maroc

²Ecole Nationale de Commerce et de Gestion, Université Hassan II,
Casablanca, Maroc

Copyright © 2015 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 purpose of this article is to analyze the concept and the drivers of the vulnerability of a supply chain through a review of the main theoretical and empirical studies dealing with these notions. In order to formalize the analysis of supply chain vulnerability, we develop propositions based on theories and prior literature. Especially, Normal Accident Theory and Resource-Based Theory provide the theoretical foundations for the analysis of supply chain vulnerability drivers. We have particularly drawn on these two theories and on prior literature to develop a number of propositions.

KEYWORDS: Supply Chain; Risk Management; Supply Chain Vulnerability; inter-organizational governance; Purchasing strategy; Supply chain design.

RÉSUMÉ: L'objectif de cet article est d'étudier le concept et les facteurs de vulnérabilité de la chaîne logistique à travers une synthèse des principaux travaux de recherche traitant de cette notion. Dans cette visée, une fois ce concept discuté et défini, nous avons exposé le cadre théorique dans lequel il s'inscrit. Plus précisément, nous avons élucidé les apports de la théorie de l'Accident Normal (pour l'étude de la complexité de la chaîne logistique) et de la théorie de la dépendance des ressources pour l'étude et l'appréhension de la vulnérabilité due à la dépendance envers les partenaires de la SC. De nature particulièrement conceptuelle et théorique, cet article aboutit à la formulation de trois propositions de recherche.

MOTS-CLEFS: Chaîne logistique ; Gestion des risques ; Vulnérabilité de la supply chain ; Gouvernance inter-organisationnelle ; Stratégie achat ; Structuration de la supply chain.

1 INTRODUCTION

Le Supply Chain Risk Management (ou *management des risques liés à la chaîne logistique*) est désormais un champ de recherche important en logistique et en Supply Chain Management. L'analyse de récents travaux sur le Supply Chain Risk Management (SCRM) permet d'affirmer l'influence des risques sur le fonctionnement et l'efficacité de la chaîne logistique (voir par exemple : [1], [2], [3]). Certaines recherches empiriques, notamment celles de Wagner et Bode [4] et Ouabouch et Paché [5] révèlent que l'influence des défaillances opérationnelles, des défaillances relatives à l'amont de la supply chain (SC) ainsi que des risques juridiques est indéniable.

Dans cette optique, on note que la chaîne logistique est plus affectée par les risques liés à son fonctionnement (en premier lieu ceux liés aux approvisionnements et en deuxième lieu ceux liés à la demande) puis par ceux liés à sa structure et notamment ses infrastructures [6].

Toutefois, le lien risque-performance peut -à notre sens- avoir d'autres configurations issues du SCRM. En effet, la **vulnérabilité** des chaînes logistiques aux perturbations n'est pas uniquement le fait d'événements extérieurs tels que les catastrophes naturelles, les grèves ou les attaques terroristes. Il s'agit également de l'impact des changements de stratégie des entreprises comme l'externalisation, la réduction du nombre de fournisseurs,... Ces changements vont avoir des répercussions en termes de risques pour les organisations.

La notion du risque au sein de la chaîne logistique est ainsi fortement liée à d'autres construits comme celui de la vulnérabilité (sensibilité) aux risques. Celle-ci est d'ailleurs définie selon [7] comme *la propension pour les facteurs de risque à prendre le pas sur les outils et pratiques de maîtrise des risques (SCRM), et causant ainsi des conséquences graves sur la chaîne logistique*. Ces conséquences mettent en danger la capacité pour la chaîne à servir le client final.

De ce fait, cette notion de vulnérabilité de la chaîne logistique doit être explicitée, d'autant plus qu'elle est liée à **l'exposition éventuelle des SC aux risques**.

Dans cette perspective, la première section de cet article décrit le positionnement du concept de vulnérabilité de la chaîne logistique dans le cadre des recherches sur le SCRM.

2 DÉFINITION DU CONCEPT DE VULNÉRABILITÉ DE LA SUPPLY CHAIN

D'après la norme ISO 31000, la notion de vulnérabilité, en général, se réfère à *«la propriété intrinsèque de quelque chose entraînant une **sensibilité** à une source de risque pouvant induire un événement avec une conséquence»* [8]. Dans cette optique, la vulnérabilité d'une chaîne logistique est définie comme **son état d'exposition à une perturbation** potentiellement grave, causée par des risques affectant sa capacité à servir efficacement les clients [9]. Pour sa part, l'auteur [10] affirme que *«la vulnérabilité caractérise, au sein d'une chaîne logistique, le manque de robustesse ou de résilience à l'égard des diverses menaces qui proviennent à la fois de l'intérieur et de l'extérieur des frontières de cette chaîne»* (p.13).

Ainsi, la vulnérabilité d'une SC peut caractériser son manque de robustesse et de résilience face à des risques internes et externes à celle-ci. La résilience peut se caractériser par la combinaison dynamique de trois processus : la préparation et l'anticipation d'événements préjudiciables, la réponse en cas de survenue de ces événements et la faculté à reconstruire et à poursuivre une activité normale [11], [12].

La compréhension des sources de facteurs de risques pouvant conduire à la vulnérabilité du système logistique est dès lors essentielle dans l'analyse de ladite vulnérabilité. En l'état, la vulnérabilité peut avoir plusieurs sources. La référence [13] définit les sources de la vulnérabilité d'une SC *«as characteristics of the supply chain or its environment that lead to the occurrence of unexpected events and as such, they are director in direct causes of disturbances»*. Dans le même enchaînement d'idées, Les auteurs [14] estiment que les caractéristiques de la SC sont les antécédents mêmes de sa vulnérabilité. Ces caractéristiques ont un effet aussi bien sur la probabilité d'occurrence des événements non souhaitables, que sur la sévérité de ces événements [6].

3 ANCRAGES THÉORIQUES

La première théorie qui nous semble adaptée à l'analyse de la vulnérabilité de la chaîne logistique aux incidents nuisibles est la théorie de l'Accident Normal.

3.1 THÉORIE DE L'ACCIDENT NORMAL

La Théorie de l'Accident Normal élaborée par Perrow apporte de nombreux éléments permettant de faire l'analyse des systèmes à hauts risques et de ce fait inspire encore de nombreuses recherches dans le domaine [15].

Pour fonder sa théorie, Perrow s'intéresse à la question des conséquences de la complexité des systèmes à hauts risques sur la sécurité. Les organisations à hauts risques technologiques se caractérisent par une forte complexité intrinsèque reposant, selon Perrow, sur deux aspects:

- **la complexité d'interaction** : interactions du système qui n'ont pas été prévues par les ingénieurs, qui ne sont pas connues par les opérateurs, inattendues et difficiles à comprendre;

- et le **couplage étroit**, avec de fortes interdépendances entre les éléments du système induisant une sensibilité du système aux facteurs de variation, une absence d'amortisseur ou d'élasticité entre deux éléments d'un système ; ce qui favorise la propagation rapide hors de tout contrôle et la récupération des dysfonctionnements.

Compte tenu de ces caractéristiques, les systèmes complexes sont, selon Perrow, voués aux accidents dits «normaux», c'est-à-dire aux accidents qui doivent fatalement arriver **en raison de la structure de ces systèmes** [16] comme en témoigne l'encadré suivant.

Encadré n° 1 : Le concept d'«accident normal» selon Perrow (1984)

Dans sa théorie, Perrow propose le terme «d'accident normal» qui renvoie à l'idée selon laquelle le degré de complexité des systèmes est tel qu'il augmente de façon considérable et presque inéluctable les probabilités de défaillance. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les systèmes sont constitués d'une multitude d'ensembles dont le taux individuel de défaillance est très faible mais les interactions qui résulteraient de leur mise en correspondance augmentent la probabilité globale de défaillance au niveau du système dans son ensemble. Dans cette approche, les «accidents normaux» seraient mécaniquement voués à augmenter **à mesure que les systèmes se complexifient**.

Source : [17, p. 11].

Dans le contexte du SCM, une chaîne logistique deviendra complexe quand le nombre d'acteurs est important et quand les relations entre ces acteurs sont fortes et interactives. Cette notion renvoie donc à une **diversité** et à une **hétérogénéité** des éléments composants un système [18].

En outre, l'utilisation du terme complexité fait référence au fait que les processus des entreprises sont tellement entrelacés (synonyme étymologique du terme complexité) les uns avec les autres qu'un petit incident dans l'un d'entre eux peut entraîner de graves conséquences pour l'ensemble de la chaîne logistique globale [19]. En fait, les SC ayant tendance à de plus en plus s'élargir, elles forment ce que nous pourrions appeler *un complexe d'entreprises* ou ce que l'auteur [20] qualifie de *complexe dynamique* d'entreprises.

De ce fait, avec la multiplication des interfaces et des interactions avec différents types de relations inter-organisationnelles, les chaînes logistiques deviennent donc des systèmes inter-organisationnels complexes composés de processus inter-organisationnels divers et variés.

Cette nouvelle configuration a bien évidemment de profondes conséquences quant à la maîtrise des risques survenant et à leurs effets [19]. Un petit incident dans un des processus peut entraîner de graves conséquences sur le fonctionnement des flux dans l'ensemble de la SC.

Pour conclure sur la Théorie de l'Accident Normal, il convient de signaler que, les reconfigurations de chaînes logistiques, lorsqu'ils se situent à une échelle inter-organisationnelle, conduisent également à de multiples interactions entre partenaires impliqués induisant de nouvelles sources de risques et d'incertitude pour les organisations impliquées [21].

Par ailleurs, l'analyse de l'évolution des relations clients-fournisseurs dans une perspective de chaîne logistique étendue, fait état de plusieurs typologies de relations. Parmi les variables explicatives des relations clients-fournisseurs, il y a la dépendance au sein de la SC et, dans une moindre mesure son corollaire le pouvoir.

La théorie de la dépendance des ressources qui appréhende les relations inter-organisationnelles¹ comme des relations de pouvoir et de dépendance aide à comprendre la création de valeur pour les entreprises qui évoluent dans des réseaux logistiques complexes et globaux [22], [23].

3.2 THÉORIE DE LA DÉPENDANCE DES RESSOURCES

La théorie de la dépendance des ressources se focalise sur l'importance des variables environnementales dans la compréhension du processus de décision des organisations. Elle postule que les entreprises, n'étant pas en situation d'autosuffisance pour répondre à leurs besoins, doivent acquérir des ressources auprès d'organisations extérieures. Il en

¹ Une relation inter-organisationnelle peut être définie comme «un processus dans lequel deux organisations au moins forment au cours du temps des liens puissants et étendus, de types social, économique, de service et technique, dans le but de réduire les coûts et/ou d'augmenter la valeur reçue et ainsi d'en tirer un bénéfice mutuel» (Anderson & Narus, 1991 ; cité par [37, p. 2]).

résulte **une dépendance plus ou moins déséquilibrée** envers les organisations qui détiennent ces ressources et une incertitude dans la prise de décision de l'entreprise. Pfeffer et Salancik déterminent trois facteurs d'évaluation de la dépendance d'une organisation [24] :

- l'importance de la ressource pour l'organisation dépendante ;
- le caractère exclusif ou non de l'organisation pouvant fournir la ressource ;
- l'étendue du pouvoir de cette dernière sur la ressource qu'elle possède.

La théorie de la dépendance des ressources est appelée également théorie du pouvoir et de la dépendance. En effet, la dépendance est, en outre, inversement corrélée au pouvoir. Ce dernier explique la position d'un acteur par rapport aux autres. Le pouvoir en action² devient une influence exercée sur les actions des autres.

Les auteurs [25] soulignent que le pouvoir en action est une manifestation de la position d'un acteur par rapport aux autres, voire même, il devient influence exercée sur les actions des autres. Ceci implique le concept d'interdépendance entre les acteurs **et ainsi entre leurs performances**. D'où, selon nous, lorsque l'entreprise est en situation de dépendance accrue (cas d'approvisionnement mono-source par exemple), une moindre performance du fournisseur implique une moindre performance de l'entreprise.

L'importance de la théorie de la dépendance des ressources réside donc dans le fait qu'elle aide à comprendre les enjeux posés par la vulnérabilité de dépendance au sein des chaînes logistiques ; elle éclaire ainsi un facteur explicatif de la vulnérabilité à savoir celui de la concentration des approvisionnements sur un nombre limité de fournisseurs.

De la sorte, la vulnérabilité est le résultat d'un certain nombre de facteurs (*supply chain vulnerability drivers*) que nous avons classés en deux groupes : des facteurs relatifs à la dépendance vis-à-vis des partenaires en amont, et d'autres liés à la structure de la SC.

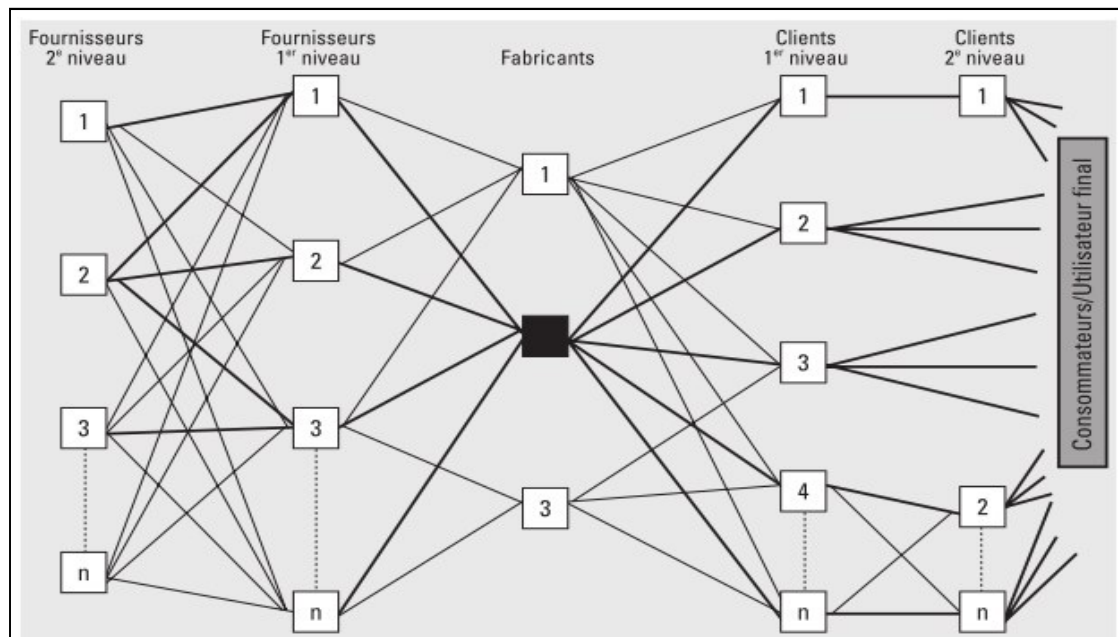
4 FACTEURS DE VULNÉRABILITÉ DES SUPPLY CHAINS

Pour caractériser la vulnérabilité de la chaîne logistique, nous avons retenu deux facteurs : la structure de la chaîne logistique et la dépendance à l'égard des sources d'approvisionnements.

4.1 VULNÉRABILITÉ STRUCTURELLE DE LA SUPPLY CHAIN

La structure de la chaîne logistique apparaît comme un facteur influençant sa vulnérabilité. En effet, une chaîne logistique peut prendre une forme simple lorsqu'elle se réduit à une relation entre un client et un fournisseur (chaîne logistique dyadique) ou plus complexe, lorsqu'il s'agit d'un réseau de multiples entreprises, avec un grand nombre de participants et des flux physiques et d'information complexes [18]. Ainsi, cette complexité peut accroître la fréquence d'apparition des risques [26].

² Le pouvoir d'un acteur se mesure par son poids économique, la technologie qu'il détient, l'expertise qu'il peut mobiliser, la confiance qu'il inspire, et la légitimité qu'on lui reconnaît [25, p. 471].



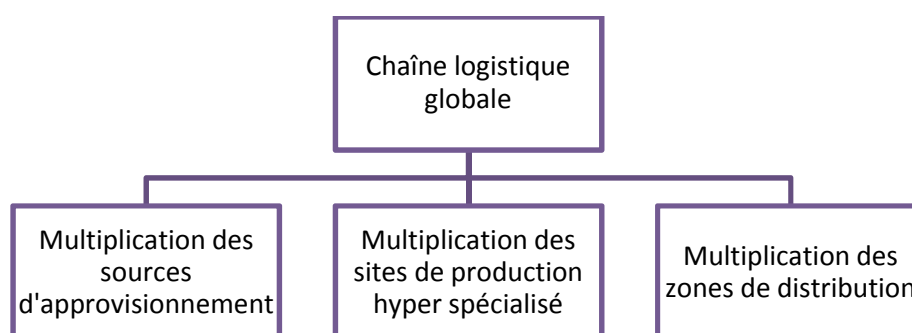
Source : [27, p. 11]

Fig. 1. Complexité structurelle de la chaîne logistique

De plus en plus, les réseaux d'approvisionnement sont constitués par un ensemble d'entreprises interconnectées (fournisseurs de niveau 1, de niveau 2, etc.) qui se situent en amont d'une seule entreprise [28]. Le management de ces réseaux d'approvisionnement devient de plus en plus complexe [29] en raison de la **multitude de relations entre partenaires hétérogènes, la variété et le volume des flux** (physiques et informationnels) et la **variété de l'offre de produits proposés**. L'augmentation des relations entre ces éléments renforce le caractère complexe du système. On parlera alors de complexité d'abondance [18].

Ceci peut engendrer des difficultés à gérer les risques intrinsèques à cette chaîne multi-acteurs [30] et remettre en cause l'atteinte des objectifs opérationnels et logistiques de l'entreprise [14].

A ces problèmes se rajoute la question de la mondialisation. En fait, l'internationalisation des entreprises transforme la chaîne logistique qui devient elle aussi internationale voire globale. La figure suivante permet de caractériser une chaîne logistique globale.



Source : [31, p. 60]

Fig. 2. Caractéristiques d'une chaîne logistique globale

Aujourd'hui, les entreprises cherchent des fournisseurs se situant dans des pays où la main d'œuvre est peu onéreuse, en vue de réaliser des gains considérables en termes de coûts [32]. Par contre, selon ce même auteur, les fournisseurs dans des pays lointains ne sont pas nécessairement organisés d'un point de vue logistique, ce qui entraîne une augmentation du

risque de rupture des flux amont. En conséquence, l'entreprise devient plus vulnérable aux incidents perturbateurs. A la lumière de ces conclusions, nous pouvons émettre la proposition de recherche suivante :

Proposition n°1 :

A mesure que la structure de SC se complexifie, la fréquence d'apparition d'incidents perturbateurs serait élevée.

4.2 VULNÉRABILITÉ DE DÉPENDANCE AU SEIN DE LA SUPPLY CHAIN

A la lumière de la théorie de la dépendance des ressources, la dépendance à l'égard des partenaires en amont peut constituer un facteur important influençant la vulnérabilité de la SC [14]. Cette dépendance peut être encore plus importante si l'entreprise n'a que peu de sources d'approvisionnements alternatives [6], [33].

Un fournisseur en situation de monopole détient ainsi un pouvoir important sur ses marchés mais constitue également une source de risque considérable. Dans de tels cas, lors d'une défaillance du fournisseur (retard de livraison, problème de quantité ou de qualité livrée, faillite, etc.), un client peut rencontrer de **graves difficultés à trouver des sources d'approvisionnement alternatives dans des délais rapides** [30], [34].

Dans cette même approche, les auteurs de la référence [23] rapportent que, peu d'auteurs ont mis réellement en exergue les problématiques de pouvoir et de dépendance entre les partenaires. Or, d'après cette référence, des études sur le contrôle dans les relations clients-fournisseurs ont montré la pertinence à traiter des conséquences de la dépendance des ressources. Même dans les relations de long terme, la dépendance accrue envers les sources d'approvisionnement influence fortement les risques inhérents aux relations inter-organisationnelles.

Enfin, à partir de l'analyse de l'état de l'art, nous pouvons avancer la proposition de recherche suivante en relation avec la vulnérabilité de dépendance au sein de la SC :

Proposition n°2 :

Plus une entreprise concentre ses sources d'approvisionnement, plus les risques SC lui serait critiques.

Autrement dit, selon que l'entreprise est plus/moins en situation concentration accrue des approvisionnements, l'impact des risques sur sa performance serait différent. Une autre formulation de la *proposition n°2* précédente serait donc :

Plus une entreprise concentre ses sources d'approvisionnement, plus l'impact des risques sur sa performance serait grand.

En outre, une troisième proposition de recherche peut formulée comme suit :

Proposition n°3 :

Plus une entreprise concentre ses sources d'approvisionnement, moins serait-elle performante en matière de réaction aux risques SC.

En d'autres termes, on peut donc soutenir que : plus l'entreprise concentre ses approvisionnements, plus une défaillance ou insolvabilité des fournisseurs lui serait dangereuse en matière du management opérationnel de ses chaînes logistiques [6].

Pour illustrer ces deux dernières propositions, la situation vécue par les deux géants électroniques Nokia et Ericsson montre bien les effets critiques des disparitions brutales des fournisseurs, pour les deux entreprises qui étaient jusque-là en situation d'approvisionnement concentré [35]. De ce fait, la vulnérabilité de dépendance au sein de la chaîne logistique est une variable de contexte à prendre en considération lors de l'étude de la relation risque-performance au sein de la SC.

5 CONCLUSION

En résumé, le pilotage des chaînes logistiques globales doit permettre de relever les défis particuliers qui sont la maîtrise de la complexité et du risque, l'hyper-compétition et la diversité des parties prenantes [31].

Par effet, la grande diversité des risques auxquels les organisations à supply chain complexes sont exposées doit conditionner l'attitude qu'elles vont adopter face aux risques. Cette attitude est fortement liée au degré d'incertitude et à la perception positive ou négative du risque [36]. En effet, à l'instar des principales publications sur le SCRM, nous avons mis en évidence que la prise en compte des risques liés à la chaîne logistique était indéniable et représentait une problématique récente pour la performance logistique des organisations.

Dans ce contexte, la gestion des risques de la SC aspire à identifier les sources potentielles de risque et les outils et pratiques appropriés pour réduire la vulnérabilité de la chaîne [6], [33].

Par ailleurs, la complexité industrielle générée par un grand nombre d'acteurs dans la chaîne logistique doit être appréhendée à la fois en interne avec les autres services (marketing, achats, vente) et en externe avec les différents partenaires (fournisseurs, prestataires logisticiens, distributeurs). Ces interactions multiples génèrent un besoin fort de coordination entre les acteurs mais aussi des relations collaboratives avec les partenaires externes de la SC.

Dans ce sens, nous estimons qu'il serait intéressant de ne plus analyser les systèmes à risques uniquement en termes des risques de défaillances, mais également les moyens mis à leur disposition pour atteindre la **fiabilité** de leurs chaînes logistiques.

Ainsi, malgré l'approche purement théorique de ce travail, ce dernier fait partie des rares travaux à s'intéresser au concept de *vulnérabilité* en management des chaînes logistiques. De ce fait, cet article consistait à élucider la portée théorique de cette notion de vulnérabilité de la chaîne logistique, d'autant plus qu'elle est liée à l'exposition éventuelle des SC aux risques. Nous avons également identifié les facteurs permettant de caractériser le concept de vulnérabilité de la chaîne logistique. Dans ce sens, cet article a permis de mobiliser des cadres théoriques peu utilisés dans le domaine tels que la théorie de l'accident normal.

RÉFÉRENCES

- [1] C. Bode, S. M. Wagner, K. J. Petersen, and L. M. Ellram, "Understanding Responses to Supply Chain Disruptions : Insights From Information Processing And Resource Dependence Perspectives," *Acad. Manag. J.*, vol. 54, no. 4, pp. 833–856, 2011.
- [2] O. Lavastre, B. Ageron, and L. Chaze-Magnan, "La performance des pratiques interorganisationnelles innovantes Proposition d'un modèle conceptuel," *Rev. française Gest.*, vol. 2, no. 139, pp. 75–89, 2014.
- [3] L. Ouabouch and M. Amri, "La performance des chaînes logistiques face aux multiples incidents perturbateurs en amont, en interne et en aval : Résultats d'une étude empirique dans le secteur industriel marocain," *Quest. Manag.*, vol. 3, no. 5, pp. 73–83, 2014.
- [4] S. M. Wagner and C. Bode, "An Empirical Examination Of Supply Chain Performance Along Several Dimensions of Risk," *J. Bus. Logist.*, vol. 29, no. 1, pp. 307–325, 2008.
- [5] L. Ouabouch and G. Paché, "Risk Management In The Supply Chain: Characterization And Empirical Analysis," *J. Appl. Bus. Res.*, vol. 30, no. 2, pp. 329–340, 2014.
- [6] L. Ouabouch and O. Lavastre, "Vulnérabilité, risque et performance en Supply Chain Management - Proposition et validation d'un modèle conceptuel -," *Logistique Manag.*, vol. InPress, 2015.
- [7] G. Svensson, "A Conceptual Framework of Vulnerability in Firms' Inbound and Outbound Logistics Flows," *Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag.*, vol. 23, no. 2, pp. 110–134, 2002.
- [8] ISO 31000, *Management du risque - Principes et lignes directrices*, vol. 2009. ISO/FDIS, 2009.
- [9] R. Mason-jones and D. R. Towill, "Coping with Uncertainty : Reducing " Bullwhip " Behaviour in Global Supply Chains," *Supply Chain Forum An Int. J.*, no. 1, 2000.
- [10] B. E. Asbjørnslett, "Assessing the Vulnerability of Supply Chains," in *Supply Chain Risk: A Handbook of Assessment, Management et Performance*, G. A. Zsidisin and B. Ritchie, Eds. New York: Springer, 2009, pp. 15–33.
- [11] S. Y. Ponomarev and M. C. Holcomb, "Understanding the concept of supply chain resilience," *Int. J. Logist. Manag.*, vol. 20, no. 1, pp. 124–143, 2009.
- [12] K. Evrard-samuel, "Concevoir des supply chains résilientes : simple évolution du management des risques ou mutation stratégique majeure ?," *Logistique Manag.*, vol. 21, no. 2, pp. 33–45, 2013.
- [13] J. V. Vlajic, J. G. a. J. van Der Vorst, and R. Haijema, "A Framework for Designing Robust Food Supply Chains," *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 137, no. 1, pp. 176–189, May 2012.
- [14] S. M. Wagner and N. Neshat, "A comparison of supply chain vulnerability indices for different categories of firms," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 50, no. 11, pp. 2877–2891, Jul. 2012.
- [15] Perrow, *Normal accident living with high risk technology*. New York: Princeton University Press, 1984.
- [16] M. Bourrier, "Constructing organizational reliability: The problem of embeddedness and duality," in *Nuclear safety: A human factors perspective.*, Philadelphia: Taylor & Francis, 1999.
- [17] I. Pastorelli, "Aide à la décision managériale : Les apports des systèmes à risque," *Mark. Manag.*, vol. 7, no. 3, pp. 116–128, 2007.
- [18] H.-C. Pfohl, H. Köhler, and D. Thomas, "State of the art in supply chain risk management research: empirical and conceptual findings and a roadmap for the implementation in practice," *Logist. Res.*, vol. 2, no. 1, pp. 33–44, 2010.

- [19] C. Lalouette, *Gestion des connaissances et fiabilité organisationnelle: état de l'art et illustration dans l'aéronautique*. Toulouse: Fondation pour une culture de sécurité industrielle, 2013.
- [20] N. Fabbe-Costes, "La gestion des chaînes logistiques multi-acteurs : les dimensions organisationnelles d'une gestion lean et agile," in *La Gestion des chaînes logistiques multi-acteurs : perspectives stratégiques*, G. Paché and A. Spalanzani, Eds. Grenoble: Presses universitaires de Grenoble, 2007, pp. 19–43.
- [21] R. Calvi, K. Evrard-samuel, N. Merminod, and H. Poissonnier, "La collaboration entre client et fournisseur : Comment créer de la valeur au-delà des frontières de l'entreprise ?," *Rev. française Gest.*, vol. 2, no. 239, pp. 67–74, 2014.
- [22] J. B. Heide, "Interorganizational Governance in Marketing Channels," *J. Mark.*, vol. 58, no. 1, pp. 71–85, 1994.
- [23] C. Donada, G. Nogatchewsky, and S. Nogatchewsky, "Gouvernance interorganisationnelle imbriquée et stratégie orientée client," *Comptabilité-Contrôle-Audit*, no. 2, pp. 7–32, 2012.
- [24] G. R. Salancik and J. Pfeffer, "A social information processing approach to job attitudes and task design," *Adm. Sci. Q.*, pp. 224–253, 1978.
- [25] T. Zéroual, C. Blanquart, and V. Carbone, "Supply Chain Management: portée et limites: l'apport des théories des réseaux," *Cah. Rech.*, no. 14, 2011.
- [26] G. A. Zsidisin, "Managerial Perceptions of Supply Risk," *J. Supply Chain Manag.*, vol. 39, no. 1, pp. 14–25, 2003.
- [27] D. M. Lambert and T. L. Pohlen, "Mesurer la performance globale de la chaîne logistique," *Logistique Manag.*, vol. 10, pp. 3–20, 2002.
- [28] I. Vanany, S. Zailani, and N. Pujawan, "Supply Chain Risk Management : Literature Review and Future Research," *Int'l J. Inf. Syst. Supply Chain Manag.*, vol. 2, no. 1, pp. 16–33, 2009.
- [29] C. M. Harland, R. Brenchley, and H. Walker, "Risk in Supply Networks," *J. Purch. Supply Manag.*, vol. 9, no. 2, pp. 51–62, Mar. 2003.
- [30] J. Hallikas, K. Puumalainen, T. Vesterinen, and V.-M. Virolainen, "Risk-Based Classification of Supplier Relationships," *J. Purch. Supply Manag.*, vol. 11, pp. 72–82, 2005.
- [31] C. Belin-Munier and B. Moncef, "Les chaînes logistiques multi-acteurs internationales dans le textile: le point de vue des achats," *Logistique Manag.*, vol. 21, no. 4, pp. 59–70, 2013.
- [32] F. Caniato, R. Golini, and M. Kalchschmidt, "The effect of global supply chain configuration on the relationship between supply chain improvement programs and performance," *Intern. J. Prod. Econ.*, vol. 143, no. 2, pp. 285–293, 2013.
- [33] U. Jüttner, "Supply Chain Risk Management: Understanding the Business Requirements from a Practitioner Perspective," *Int. J. Logist. Manag.*, vol. 16, no. 1, pp. 120–141, 2005.
- [34] H. Peck, "Drivers of Supply Chain Vulnerability : An Integrated Framework," *Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag.*, vol. 35, no. 4, pp. 210–232, 2005.
- [35] Y. Sheffi and J. B. J. Rice, "A Supply Chain View of the Resilient Enterprise," *MIT Sloan Manag. Rev.*, vol. 47, no. 1, pp. 41–48, 2005.
- [36] D. El Maguiri and N. Ibenrissoul, "Risk Perception and Risk Management approach: Case of Moroccan companies," *Int. J. Innov. Sci. Res.*, vol. 1, no. 2, pp. 83–93, 2014.
- [37] L. Hasrouri, "Réseaux Inter Organisationnels (RIO) en France : état des lieux et voies de recherche," in *Association Francophone de Comptabilité*, 2007, pp. 1–31.

Influence du prétraitement mécanique et biologique des feuilles mortes de neem (*azadirachta indica*) sur la production du biogaz

[Influence of mechanical and biological pretreatment of dead neem leaves (*azadirachta indica*) on biogas production]

Joël Koda TIZE¹, Darman Roger DJOULDE², and Albert NGAOU³

¹Département des Energies Renouvelables(ENREN), Université de Maroua BP.46, Maroua, Cameroun

²Département d'Agriculture, Elevage et Produits Dérivés (AGEPD) Université de Maroua, Maroua, Cameroun

³Département de Sciences Biologiques, Université de Ngaoundéré BP. 454, Ngaoundéré, Cameroun

Copyright © 2015 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 potentials of dead neem leaves for the production of the biogas was investigated as key measure to reduce the deforestation mainly caused by firewood cuttings in the Far-North Cameroon. Biomass collected was allowed to undergo biological pretreatment to facilitate its hydrolysis during anaerobic co-digestion with the cow dung. Samplings of dead neem leaves were taken after 0, 5, 10, 15, 20 and 30 days of pretreatment. Collected substrates from the pretreatment unit were used to feed 1.5L micro-bioreactors in three doses namely 5%, 15% and 25%. The gross volume and flammable gas produced was evaluated. The pH of the various treatments was measured. Data on production were analyzed using SPSS 20.0 software at 5% level of significance. It appears from this study that the pretreated leaves supplied biogas just as from 4 days after digestion, while those which did not undergo this pretreatment started producing biogas after more than 3 weeks. In terms of the amount of the generated biogas, the 15 days pretreated substrate produced 3158 ml which was 22%, 35% and 94% higher than those of non-pretreated leaves, mechanically pretreated leaves and cow dung respectively. With regard to the change in pH within the bioreactors, pH dropped to 4 during the co-digestion of non-biologically pretreated leaves. At the same time in bioreactors where the substrate was biologically pretreated, the pH was more stable and appropriate for the biogas production and varied around 6 and 7.

KEYWORDS: Biogas, biological pretreatment, mechanical treatment, anaerobic digestion, dead neem leaves.

RESUME: Cette étude cible la valorisation des feuilles mortes de neem pour la production du biogaz afin réduire la déforestation causée essentiellement par la coupe du bois de chauffage dans l'extrême nord du Cameroun. La biomasse des feuilles collectées a subi un prétraitement biologique pour faciliter son hydrolyse lors de la co-digestion anaérobie avec la bouse de vache. Les échantillons de feuilles mortes de neem ont été prélevés après 0, 5, 10, 15, 20 et 30 jours de prétraitement. Les substrats ainsi prélevés ont alimenté des micro-bioréacteurs de 1,5 litre suivant trois doses à savoir 5%, 15% et 25%. Le volume des productions brute et inflammable a été évalué. Le pH des différents traitements a été mesuré. Les données relatives à la production ont été analysées grâce au logiciel SPSS 20.0 au seuil de signification de 5%. Il ressort de cette étude que les feuilles prétraitées ont produit du biogaz dès le 4^e jour de digestion, alors que celles n'ayant pas subi ce type de prétraitement passaient plus de 3 semaines avant d'en fournir. En terme de quantité du biogaz généré, on constate que le substrat prétraité pendant 15 jours a une production de 3158ml soit 22%, 35% et 94% supérieure à celles des feuilles non prétraitées, mécaniquement prétraitées et du témoin bouse de vache respectivement. En ce qui concerne de l'évolution du pH dans les bioréacteurs, on constate qu'il chute jusque 4 pendant la co-digestion des feuilles non prétraitées

biologiquement. Dans les bioréacteurs où le substrat a subi un prétraitement biologique, le pH est plus stable et plus approprié pour la production du biogaz. Il fluctue autour de 6 et 7.

MOTS-CLEFS: Biogaz, digestion anaérobie, Prétraitement biologique, Prétraitement mécanique, Feuilles mortes de neem.

1 INTRODUCTION

L'utilisation des énergies modernes en Afrique représente 3% de la consommation mondiale d'énergie moderne[1]. Cette situation continue à retarder le développement industriel du continent noir. Elle contribue par ailleurs à l'épanouissement de la pauvreté surtout en zone rurale où le bois énergie représente 86% de la consommation énergétique [2], [3]. Au Cameroun, on estime à moins de 20% la population ayant accès au gaz domestique. Cette proportion apparaît plus critique dans la partie septentrionale du pays où on estime à moins de 2% de la population qui cuisine au gaz. Or l'inaccessibilité aux formes d'énergie de cuisson moderne rend plus difficile les conditions de vie des populations, surtout celles des femmes à qui incombe généralement la responsabilité de la collecte du bois de chauffage dans les pays sous développés. La collecte du bois de chauffe est par ailleurs l'une des principales causes de déforestation et par ricochet la dégradation des terres arables [4]. Ce qui accroît l'intérêt de faire recours au biogaz comme source d'énergie écologique pour la cuisson. Malheureusement, les substrats fréquemment utilisés pour sa production à l'échelle familiale sont les déjections animales disposant un faible potentiel biométhane. En outre, l'usage des denrées alimentaires pour en produire favorise l'insécurité alimentaire. Il est urgent et plus judicieux de faire recours aux substrats de production qui n'affectent pas négativement l'alimentation humaine. Dans la zone sahélienne et en particulier au Nord du Cameroun, l'utilisation de la biomasse des feuilles mortes de neem, la plante la plus répandue en milieu urbain en est un exemple [5]. Ces arbres perdent de grande quantité de biomasse constituée principalement des feuilles mortes durant la saison sèche qui dure plus de sept mois. Cette biomasse en zone urbaine est balayée comme déchets et déversée dans les décharges par les services d'hygiène et salubrité ou bien, elle est brûlée simplement à l'air libre tel que vécu dans la ville de Maroua au Cameroun. Cette étude cible sa valorisation pour la production du biogaz. Des études récemment réalisées ont classé de façon générale les feuilles mortes des arbres parmi les matières lignocellulosiques et donc le recours au prétraitement des feuilles mortes de neem pourrait améliorer sa productivité [6], [7], [8]. Deux techniques de prétraitement à savoir le prétraitement biologique et le prétraitement mécanique ont été choisies en fonction de leur accessibilité sur le plan technico-économique. Ce sont également des techniques très écologiques qui présentent une facilité de mise en œuvre à l'échelle familiale.

Le prétraitement biologique permet de réduire voire éliminer la résistance de la structure complexe de la lignocellulose à la biodégradation afin de faciliter l'action des enzymes surtout durant la phase de l'hydrolyse. Quant au prétraitement mécanique, il augmente la capacité d'attaque des microorganismes favorisant une hydrolyse plus rapide [7], [9]. A partir de ces techniques, il est donc question de circonscrire les principaux paramètres de production d'un substrat à base des feuilles mortes de neem générant la plus grande quantité du biogaz. De façon spécifique, il a consisté à évaluer la production du biogaz des feuilles mortes de neem en fonction du type de prétraitement qu'elles ont subi et d'estimer l'influence du prétraitement des feuilles mortes de neem sur le pH du substrat en digestion anaérobie.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 LES PRETRAITEMENTS BIOLOGIQUE ET MECANIQUE

Le prétraitement biologique adopté dans cette étude a été mis en œuvre lors de la biodégradation de la matière lignocellulosique pour la production du biocarburant [10]. Quant aux microorganismes, une source spécifique n'a pas été ciblée. En effet, il a relevé une bonne performance de la biodégradation du substrat lorsqu'on utilise diverses souches de microorganismes [9]. A cet effet, la bouse fraîche de vache a été utilisée comme source de microorganisme. Le prétraitement biologique a été conduit dans des seaux plastiques de 15 litres. Nous y avons mélangé 1kg de feuilles mortes sèches et 1 kg de bouse fraîche dans 1,5 litre d'eau. Le mélange a été fermé avec un couvercle perforé permettant d'alimenter l'enceinte en oxygène. Quant au prétraitement mécanique, les feuilles mortes de neem ont été émiettées manuellement. La masse obtenue a été tamisée à l'aide d'un tamis de 4mm de maille.



Fig. 1. Techniques de prétraitement montrant (a) le traitement biologique: feuilles de neem mélangées à la bouse fraîche de vache, (b) le traitement mécanique: feuilles de neem émiettées en particules de 4 mm.

2.2 DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Le test de biométhanisation a été réalisé en co-digestion avec la bouse de vache. Les substrats dans les unités de prétraitement ont été prélevés après un temps de séjour de 5, 10, 15, 20 et 30 jours. Chaque prélèvement a servi à alimenter en trois doses (5%, 15% et 25%) des micro-bioréacteurs de 1,5 litre de capacité. Les feuilles mécaniquement prétraitées et celles non prétraitées ont alimenté aussi les micro-bioréacteurs selon les doses ci-dessus. Les trois doses sont 15g, 45g et 75g de feuilles mortes et sèches de neem complétées à 300 g avec la bouse de vache fraîche, puis homogénéisés dans 1,2 litre d'eau. La bouse de vache a été utilisée comme témoin. Ainsi, le dispositif expérimental compte 24 traitements répétés chacun 4 fois.

2.3 EVALUATION DU BIOGAZ PRODUIT

Le biogaz généré par chaque traitement a été mesuré en utilisant les sachets polyéthylènes pour collecter le gaz produit par chaque bioréacteur. Le sachet contenant du gaz a été soigneusement attaché et mis dans un bécher de 1000 ml, puis maintenu au fond de celui-ci par un entonnoir. Le gaz du plastique occupe un certain volume du bécher. Le volume du bécher a été complété à 1000 ml (V1) avec de l'eau de robinet, pendant que le sachet contenant le gaz a été submergé. Après avoir retiré le sachet contenant du gaz et l'entonnoir, le niveau d'eau a baissé dans le bécher (V2). La différence de volume correspond à celui occupé par le gaz, le sachet contenant le gaz et l'entonnoir (V). Ainsi, un sachet vide de même nature et l'entonnoir sont à nouveau placés au fond du bécher et occupe un volume (V3). Avec une quantité d'eau connue dans une éprouvette, le volume est ajusté à nouveau à 1000 ml (V4). La quantité d'eau utilisée dans ce dernier cas constitue le volume du gaz (Vg) contenu dans le plastique [11]. Elle est traduite par l'équation suivante : $Vg = V4 - V3$

La production a été suivie et régulièrement quantifiée durant tout le cycle de la digestion anaérobie. Le test d'auto-inflammabilité du gaz produit a été effectué à chaque quantification de la production.

2.4 DETERMINATION DU PH DE DIGESTION DANS LES BIOREACTEURS

Deux fois par semaine, le pH a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre de marque *METTLER TOLEDO*. Nous introduisons la sonde dans la solution du bioréacteur à travers une conduite qui y est aménagée et la valeur du pH est affichée 2 minutes plus tard. Grâce au logiciel Excel 2013, les courbes de variation des pH dans les différents bioréacteurs combinées aux histogrammes illustrant la cinétique de production du biogaz ont été appréciées. Seule la courbe associée à l'histogramme du meilleur prétraitement biologique ont été illustrés.

2.5 ANALYSES STATISTIQUES

Les données collectées ont fait l'objet d'une analyse de la variance en utilisant le logiciel SPSS.20 au seuil de signification 5% [11]. Les moyennes de différents traitements ont été séparées par le test multiple de Duncan.

3 RESULTATS ET DISCUTIONS

3.1 ANALYSE DU BIOGAZ BRUTE

Au terme des cycles de production des différents traitements, les volumes de gaz brut produit sans tenir compte de leur état d'inflammabilité sont récapitulés dans le tableau 1.

Tableau 1. Productions de biogaz brute (ml) en fonction des traitements après digestion complète

Traitements	25%	15%	5%	Durée de la digestion (jours)
TB	1846±320 ^{aA}	1982±191 ^{aA}	2131±16 ^{bA}	71
FNB	3398±453 ^{dA}	3891±168 ^{cA}	2831±84 ^{cB}	71
FNEB	3378±164 ^{dA}	3603±535 ^{cA}	3109±257 ^{cA}	71
FNBp5	3520±331 ^{dA}	2853±22 ^{bB}	1083±241 ^{aC}	66
FNBp10	2469±318 ^{abcA}	2337±441 ^{aA}	2403±490 ^{bA}	57
FNBp15	3158±477 ^{cdA}	2968±344 ^{bA}	2210±30 ^{bB}	57
FNBp20	2272±556 ^{abA}	1807±247 ^{aAB}	1342±42 ^{aB}	45
FNBp30	2648±223 ^{bcA}	2421±234 ^{abA}	1376±166 ^{aB}	45
Moyenne	2835±647	2733±807	2060±661	60±13

Les lettres minuscules comparent les productions des traitements à une dose fixée. Les lettres majuscules comparent les différents traitements d'un type de substrat fixe. Les productions qui sont statistiquement homogènes portent la même lettre.

TB témoin bouse de vache, FNB feuilles de neem bouse de vache ; FNEB feuilles de neem émiettées bouse de vache, FNBp_i feuilles de neem bouse de vache prétraitées à i jours.

Le tableau 1 indique que les bioréacteurs témoins bouse de vache ont fourni moins de gaz brut comparés aux traitements principaux. La plus forte production de TB est de 69% et 83% inférieure à celles des substrats mécaniquement prétraités et non prétraités respectivement. Elle est de 65% plus faible que la meilleure production des substrats biologiquement prétraités (FNBp5). Ce qui atteste que les feuilles mortes de neem génèrent substantiellement du gaz brut. En outre, on constate que le recours aux prétraitements mécanique et biologique des feuilles n'a pas permis d'améliorer la production brute. Ces résultats confirment ceux stipulant que les feuilles mortes de neem n'ayant pas subi de prétraitement génèrent une plus forte production du gaz brute pendant la première semaine de la digestion. Malheureusement, cette production n'est pas inflammable [11]. Il a été également relevé que la production brute des feuilles de neem mortes et sèches à une dose de 10% est légèrement supérieure à celles des feuilles prétraitées (2110 ml contre 2086ml) [6]. Cependant, il ressort de cette étude que le prétraitement biologique raccourcit la durée du cycle de la digestion anaérobie. Dans ce cas, la codigestion avec la bouse de vache a fait réduire de 20% et 36% la durée de la digestion lorsque les substrats ont subi un prétraitement pendant 15 jours et 30 jours respectivement. Ces résultats attestent l'intérêt du prétraitement qui en déstructurant les polymères, réduit la durée de l'hydrolyse. Cette première étape de par sa durée, est généralement le facteur limitant de la méthanisation [12], [13].

En définitive, seule la qualité du gaz obtenue constitue la meilleure clé d'appréciation de chaque production enregistrée. Le test d'inflammabilité du gaz permettrait donc d'avoir une idée plus précise sur la nature du gaz, c'est-à-dire de reconnaître si le gaz obtenu est bel et bien du biogaz.

3.2 ANALYSE DU BIOGAZ INFLAMMABLE

A l'issu des différents tests d'inflammabilité, il en ressort que toute les productions ne brûlent pas. Une partie de la production brute est inerte. Cette proportion a été enregistrée pendant les premiers jours de production. Ce phénomène est quasi-total pour les traitements qui ne sont pas biologiquement prétraitées. Le tableau 2 récapitule les résultats d'analyse de toutes les productions inflammables ou biogaz.

Tableau 2. Productions Inflammables (ml) et leur proportion par rapport à la production brute des traitements feuilles mortes de neem enrichis aux bouses de vache

Traitements	25%	Proportion	15%	Proportion	5%	Proportion
TB	1433±273 ^{cAB}	78%	1630±241 ^{aB}	82%	1034±34 ^{aA}	48%
FNB	2596±389 ^{abA}	76%	2565±203 ^{bcA}	66%	1670±91 ^{bB}	59%
FNEB	2361±141 ^{aB}	69%	1762±136 ^{aA}	48%	2331±284 ^{cB}	76%
FNBPS	3050±325 ^{bA}	87%	2443±352 ^{bB}	86%	688±144 ^{aC}	63%
FNBPS10	2453±318 ^{aA}	99%	2322±449 ^{bA}	99%	2392±490 ^{cA}	99%
FNBPS15	3158±477 ^{bA}	100%	2968±344 ^{cA}	100%	2210±30 ^{cB}	100%
FNBPS20	2272±556 ^{aA}	100%	1807±247 ^{aAB}	100%	1342±42 ^{abB}	100%
FNBPS30	2648±223 ^{abA}	100%	2421±234 ^{bA}	100%	1376±166 ^{abB}	100%
Moyenne	2496±581	89%	2239±523	85%	1633±556	83%

Les lettres minuscules comparent les productions des traitements à une dose fixée. Les lettres majuscules comparent les différents traitements d'un type de substrat fixe. Les productions qui sont statistiquement homogènes portent la même lettre.

D'après le tableau 2 le substrat mécaniquement prétraité est le moins productif en dehors du témoin. Sa meilleure production qui est obtenue à la dose de 5% a généré la plus faible proportion de gaz inflammable. Tous les autres traitements à base des feuilles ont fourni leur plus forte production à la dose de 25%. Ce qui laisse prétendre que le taux de charge maximal de ces derniers n'a pas été atteint. De façon générale, les substrats prétraités biologiquement sont ceux qui fournissent les meilleures productions. Après 15 jours de prétraitement, le substrat a généré 3158 ml de biogaz soit une production qui est 22%, 35% et 94% supérieure à celles des traitements les plus productifs des feuilles non prétraitées, émietées et de bouse de vache pure respectivement. Plusieurs études attestent des améliorations similaires en faisant recours au prétraitement biologique. Ainsi, il a été noté une augmentation de 46% du biogaz à l'issue de la digestion anaérobie des résidus de la culture du riz préalablement prétraités à l'aide de *Phanerochaete chrysosporium* [14]. En prétraitant plutôt ceux du maïs à l'aide de la souche *Pleurotus florida* (champignon), il a été enregistré une augmentation de 120% et 151% après 30 jours et 60 jours de prétraitement respectivement [14]. Des augmentations de la production du biogaz de 43% et de 14% en utilisant les feuilles décomposées de *Ageratum sp* et *Euphorbia tirucalli*, respectivement et la bouse de vache ont aussi été enregistrées [15]. Des observations similaires ont été faites lors d'une digestion anaérobie des feuilles mortes de neem [6].

Environ 100% des productions brutes issues des substrats biologiquement prétraités sont inflammables tandis que cette proportion est inférieure à 80% pour ceux n'ayant pas subi un prétraitement. On constate par exemple que 30% de la meilleure production des feuilles émietées n'a pas brûlé. De ce fait, le prétraitement mécanique à 4mm des feuilles mortes de neem est moins efficace en codigestion avec la bouse de vache.

Une autre dimension d'appréciation de la production du biogaz est le dynamisme du processus dans le temps. C'est un facteur fondamental dans la conception des unités continues de production du biogaz à grande échelle. A cet effet, la cinétique de production du biogaz des feuilles mortes de neem en co-digestion avec la bouse de vache est illustrée par la figure 2. Il se dégage deux groupes de substrat en fonction du temps d'entrée en production du biogaz : substrat biologiquement prétraité et celui n'ayant pas subi ce type de prétraitement. Il convient de signaler que les feuilles mortes biologiquement prétraitées produisent du gaz inflammable à moins de quatre jours de rétention hydraulique.

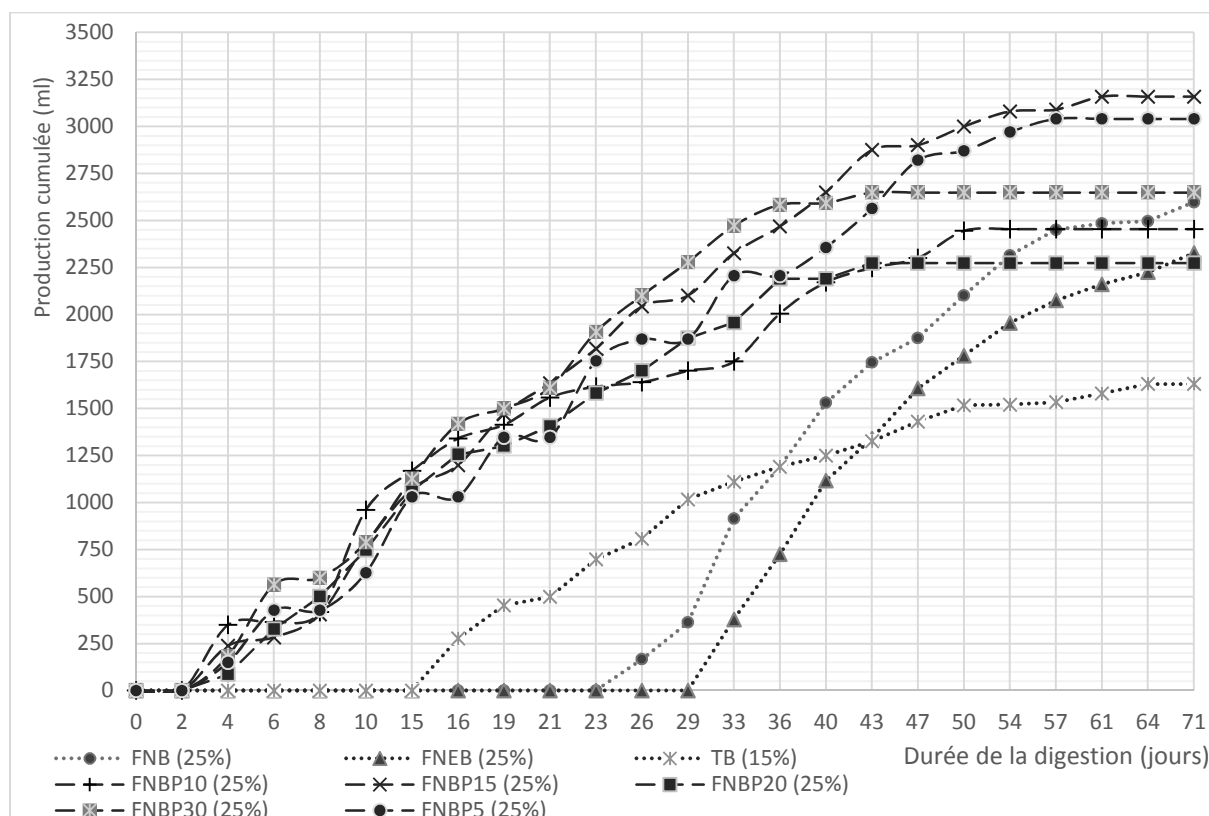


Fig. 2 Evolution des meilleures productions cumulées du biogaz en fonction des différents traitements des feuilles mortes de neem en co-digestion avec bouse de vache

Pendant les trois premières semaines, l'effet de la durée du prétraitement sur la date d'entrée en production du biogaz n'est pas perceptible. Sur cette base, il peut être recommandé un prétraitement de 05 jours des feuilles mortes de neem pour sa biométhanisation. Cependant, cet effet est substantiel quand il faut comparer les feuilles ayant subi le prétraitement biologique avec les traitements FNB, FNEB et les témoins. Ainsi, la phase de latence des substrats non biologiquement prétraités est plus longue, d'environ 23 et 29 jours pour les substrats FNB et FNEB respectivement. Cette variation de la durée des phases a également été observée lors de la digestion anaérobie des effluents d'une usine de transformation du manioc [16], avec une phase latente de 50 jours lorsque la digestion portait essentiellement sur les effluents enrichis à la bouse de vache. Par contre, lorsque les urines humaines ont été ajoutées dans certains bioréacteurs, le gaz inflammable a été enregistré dès le 4^e jour de la digestion, soit un temps de latence de 3 jours. Les urines dans les bioréacteurs participeraient au prétraitement chimique du substrat [13], [17]. En outre, pendant la digestion anaérobie des déchets ménagers verts, une phase de latence d'environ 60 jours a été obtenue. Lorsque du bicarbonate de sodium a été ajouté au substrat, cette phase a été réduite à 25 jours [18].

La variation de la phase latente s'explique d'une part par la présence de la lignine créant un obstacle aux microorganismes hydrolytiques qui sont à l'origine de la production des premiers produits de la biométhanisation. La destruction de la lignine dans des conditions anaérobies est par conséquent très lente [19], [20]. D'autre part, le faible rapport C/N du substrat peut favoriser la formation des substances créant un dysfonctionnement dans le bioréacteur et retardant l'émission du méthane [8], [21]. Ce dernier cas est peu probable dans cette étude car les feuilles sèches et la bouse de vache ont généralement un rapport C/N élevé [7].

3.3 INFLUENCE DU PRETRAITEMENT DES FEUILLES MORTES DE NEEM SUR LE PH DE DIGESTION

Pendant la digestion anaérobie des feuilles mortes de neem, il ressort que la fluctuation du pH varie selon le type de prétraitement qu'elles ont subi (figure 3).

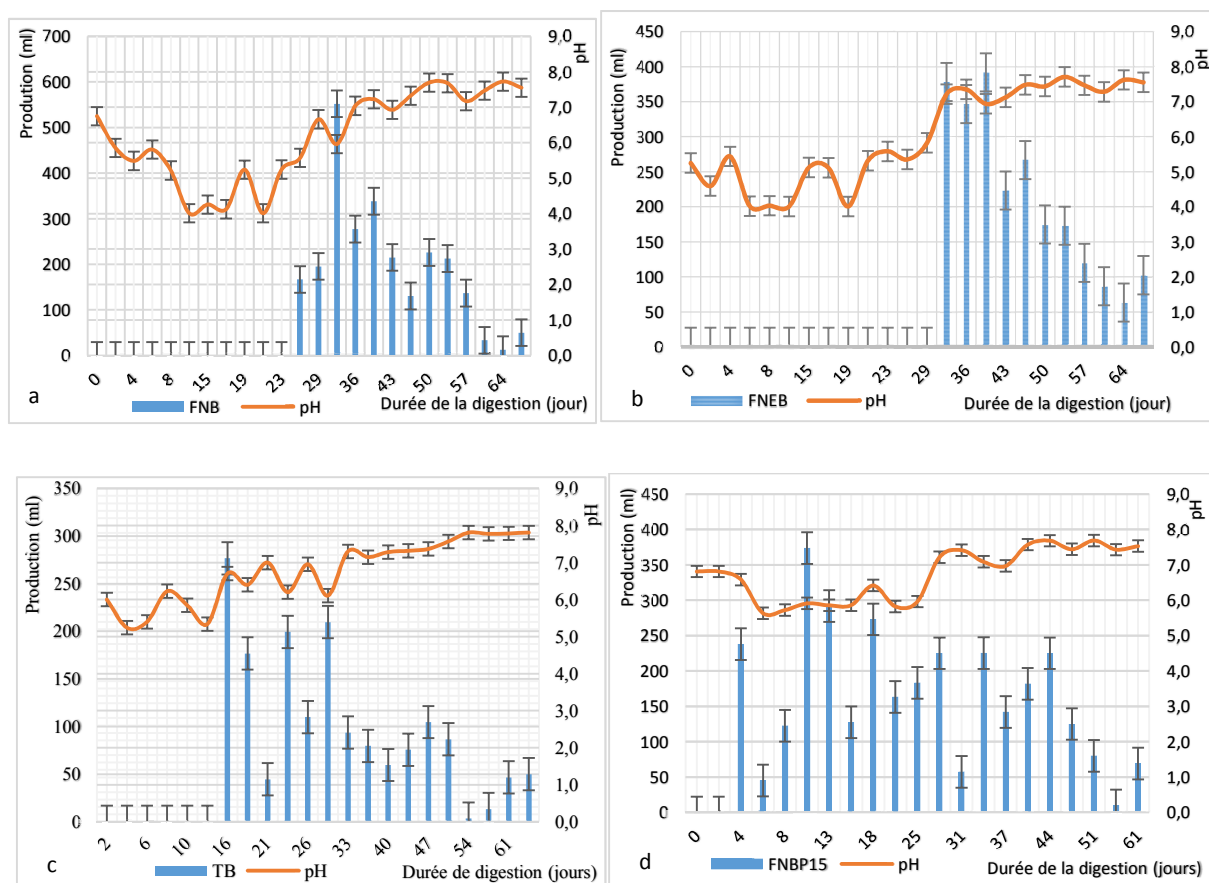


Fig. 3. Variation du pH et des histogrammes des différents traitements des feuilles mortes de neem : (a) feuilles mortes de neem sans prétraitement, (b) feuilles mortes de neem mécaniquement prétraitées, (c) bouse de vache et (d) feuilles mortes de neem biologiquement prétraitées pendant 15 jours.

Le pH dans des bioréacteurs est fortement influencé par la nature des feuilles sèches de neem. La tendance générale de toutes ces courbes se résume en quatre phases: la chute du pH pendant les premiers jours de la digestion, la stabilisation du pH au terme de sa chute, la remontée du pH suivie à nouveau d'une stabilisation. L'influence du type de prétraitement qu'a subi le substrat se manifeste au niveau de la durée de chaque phase et de l'amplitude des variations du pH. Lorsque les feuilles ne sont pas biologiquement prétraitées, on assiste à une forte chute du pH qui atteint la zone de 4 avant de se stabiliser. Ces deux phases durent environ trois semaines et sont caractérisées par une absence de production du biogaz. Au-delà de la troisième semaine, le pH croît progressivement pour se stabiliser dans la zone de 7 et 8 après un mois de digestion. La remontée du pH est suivie par l'entrée en production du biogaz des bioréacteurs. Les feuilles de neem non prétraitées peuvent fournir du biogaz à un pH d'environ 5,5, alors que celles mécaniquement prétraitées nécessitent un pH plus élevé (6.5 à 7). Dans le même temps, les traitements témoins et ceux des feuilles biologiquement prétraitées connaissent une baisse de pH, mais de faible amplitude et ce stabilisant dans la zone de pH 5 et 6. Ces phases durent deux semaines soit 50% plus courtes que celles correspondantes à celles de FNB et FNEB. De ces observations, il se dégage que le prétraitement biologique des feuilles mortes de neem limite la baisse du pH créant un milieu plus approprié pour leur digestion anaérobie. En outre, pH a tendance à se stabiliser dans la zone de 7 et 8 après un mois de digestion. Ce temps est substantiellement plus court lorsque les feuilles ont subi un prétraitement biologique de supérieur ou égal à 20 jours.

Des oscillations similaires du pH ont été observées lors de la digestion des effluents du manioc [16]. Dans les bioréacteurs où s'opère uniquement la digestion des déchets du manioc ou enrichie à la bouse de vache sans ajout d'urine, le pH a été très faible variant entre 3,71 et 4,68. Lors que ces bioréacteurs ont été enrichis aux urines humaines, le pH a été plus élevé et oscillé autour de la zone de 7 et 10. Les urines ont une action sur le pH similaire à celle du prétraitement biologique mise en évidence dans cette étude [16]. Ceci confirme également des fluctuations du pH enregistrées pendant la digestion des déchets ménagers verts. Il a été observé une chute du pH de 6,5 jusqu'à environ 3,5 pendant la première semaine de digestion. Après 20 jours de méthanisation, il a amorcé une remontée atteignant une zone de pH 5,5 au bout de 65 jours de digestion [18].

4 CONCLUSION

La méthanisation des feuilles mortes de neem peut constituer une alternative de production du biogaz. Cependant, le recours prétraitement biologique permet d'améliorer leur rendement. Les feuilles prétraitées pendant 15 jours fournissent 3158 ml de biogaz soit 22%, 35% et 94% supérieurs aux productions de feuilles non prétraitées, émiettées et de bouse de vache respectivement. Le prétraitement biologique écourte le cycle de la digestion anaérobie de 71 jours à 45 jours. Il favorise une rapide entrée en production du gaz inflammable. En outre, pendant la digestion des feuilles mortes biologiquement prétraitées, le pH est plus stable et se situe dans la zone de 6 et 8. Par contre, celui des feuilles n'ayant pas subi ce type de prétraitement chute à pH 4, inhibant ainsi la méthanogénèse.

REFERENCES

- [1] E. Uyigue and O.E. Archibong, "Scaling-up renewable energy technologies in Africa," *Journal of Engineering and Technology Research*, vol. 2, no. 8, pp. 130-138, 2010.
- [2] G. Jan, M. A. Khan, A. Khan, F. G. Jan, R. K., M. Ahmad, A. Rehman, M. Danish, M. Asif, s. khan, M. Zafar and M. Jan, "An Ethnobotanical Survey on Fuel Wood and Timber plant Species of Kaghan Valley, Khyber pakhtoonkhwa Province," *Pakistan African Journal of Biotechnology*, vol. 10, no. 82, pp. 19075-19083, 2011.
- [3] K. O. Oloruntegbe, A. M. Akinsete, E. O. Ayeni, M. O. Odutuyi and G. M. Alam, "Rethinking development and sustainability of African economy: The roles of science education," *African Journal of Business Management*, Vol. 4, no.6) pp. 811-819, 2010.
- [4] D. P. Folefack et S. Abou, "Commercialisation du bois de chauffe en zone sahélienne du Cameroun," *Sécheresse*, vol. 20, no. 3, pp. 312-318, 2009.
- [5] M. Faye, *Nouveau procédé de fractionnement de la graine de neem (Azadirachta indica A Juss.) Sénégalais: production d'un bio-pesticide d'huile de tourteau*, Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique, Université de Toulouse, 2010.
- [6] K. Tizé, D. Djouldé et A. Ngakou, "Valorization of neem dead leaves (*Azadirachta indica*) by the production of biogas," *American Open Renewable & Sustainable Energy Journal*, vol. 1, no. 2, pp. 15-22, 2013.
- [7] J. Lacour, *Valorisation des résidus agricoles et autres déchets organiques par digestion anaérobie en Haïti*, Thèse de Doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon et Université de Quisqueya –Haïti, 2012.
- [8] W. Mussoline, *Enhancing the methane production from untreated rice straw using an anaerobic co-digestion approach with piggery wastewater and pulp and paper mill sludge to optimize energy conversion in farm-scale biogas plants*, Thèse de Doctorat, Science et Technique de l'Environnement, Université de Paris-Est, 2013.
- [9] A. Mshandete, L. Björnsson, K. Kivaisi, T. Rubindamayugi and B. Mattiasson, "Two-stage anaerobic digestion of aerobic pre-treated sisal leaf decortication residues: hydrolases activities and biogas production profile", *African Journal of Biochemistry Research*, vol. 2, no. 11, pp. 211-218, 2008.
- [10] D. Kpogbemabou, *Procédé de fabrication de biocarburants à partir de biomasse lignocellulosique biologiquement déstructurée*, Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences Fondamentales et Appliquées, Université du Poitiers, 2011.
- [11] K. Tizé, *Valorisation des feuilles mortes de neem (Azadirachta indica) par la production du biogaz*, mémoire de master, Ecole Normale Supérieure, Université de Maroua, Cameroun, 2012.
- [12] J. J. Godon, *Aspects biochimiques et microbiologiques de la méthanisation*, In : La méthanisation, Éd. Tec & doc Lavoisier, 2011.
- [13] G. Brodeur, E. Yau, K. Badal, J. Collier, K. B. Ramachandran et S. Ramakrishnan, "Chemical and Physicochemical Pretreatment of Lignocellulosic Biomass" *Research Enzyme Research*, 17 pages, 2011.
- [14] K. Stamatelatou, G. Antonopoulou, I. Ntaikou and G. Lyberatos, *The Effect of Physical, Chemical, and Biological Pretreatments of Biomass on its Anaerobic Digestibility and Biogas Production* In: *Biogas Production Pretreatment Methods in Anaerobic Digestion*, 313 pages, 2012.
- [15] Yadvika, Santosh, T. R. Sreekrishnan., S.K. and V. Rana, "Enhancement of biogas production from solid substrates using different techniques," *Bioresource Technology*, 10 pages 2004.
- [16] N. E. Kpata-Konan, K. F. Konan, M. Kouame Kouame, Y. F. Kouame, T. Gnagne et K. Tano, "Optimisation de la biométhanisation des effluents de manioc issus de la filière de fabrication de l'attiéké (semoule de manioc)" *International Journal of Biological Chemical Sciences*, vol.5, no.6, pp. 2330-2342, 2011.
- [17] I. Angelidaki, M. Alves, D. Bolzonella, L. Borzacconi, J. L. Campos, A. J. Guwy, S. Kalyuzhnyi, P. Jenicek and J. B., Van Lier, "Defining the biomethane potential (BMP) of solid organic wastes and energy crops: a proposed protocol for batch assays," *Water Science & Technology—WST*, pp.924-934, 2009.

- [18] S. Kalloum, M. Khelafi, M. Djaafri, A. Tahri et A., *"Touz, Etude de l'influence du pH sur la production du biogaz à partir des déchets ménagers," Revue des Energies Renouvelables*, vol. 10, no. 4, pp. 539 – 543, 2007.
- [19] M.Taherzadeh, J. and K. Keikhosr, *"Pretreatment of Lignocellulosic Wastes to Improve Ethanol and Biogas Production," International Journal of Molecular Sciences*, vol. 9, no. 9, pp.1621-1651, 2008.
- [20] B. Yang, Z. Dai, S. Ding and C. Wyman, *"Enzymatic hydrolysis of cellulosic biomass," Biofuels*, vol. 2, no.4, pp.421-450, 2011.
- [21] V. Nordmann, *Caractérisation et impact des différentes fractions d'une biomasse lignocellulosique pour améliorer les prétraitements favorisant sa méthanisation*, Thèse de doctorat, Chimie organique, Université Bordeaux 1, 2013.

Effects of perceived interactivity on commercial web sites' experiential value

Nesrine Akkari Chniti¹ and Néji Bouslama²

¹Assistant professor, University of Monastir, FSEG Mahdia, Tunisia

²Professor, University of Tunis El Manar, FSEG Tunis, Tunisia

Copyright © 2015 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: Little is known about perceived interactivity's effects on commercial web sites' experiential value. The present investigation considers this ambiguous relationship. S-O-R model and flow theory illuminate many facets of it. A quantitative research within 385 subjects consolidate the theoretical dissertation. Results demonstrate that perceived interactivity composed of reciprocity; receptivity, perceived speed and non verbal information play a considerable role in predicting cognitive and affective web user's responses. Accordingly, some managerial implications are proposed. Companies have to improve the interactive qualities of their commercial web sites in order to favor utilitarian and hedonic gratifications. Ensuring more control, convenience, less effort and a high level of efficiency seems to be a priority. They should also put consumers at the heart of managerial decisions to build effective e-marketing strategy and achieve profitability goals.

KEYWORDS: Perceived interactivity, reflective measurement model/ Formative measurement model, Telepresence, Control, validating formative constructs, web site experiential value.

1 INTRODUCTION

In 1995, [1] discuss for the first time the concept of perceived interactivity. Since, perceived interactivity has been conceptualized and operationalized in different ways [2]. Most researchers recognize the complex and multidimensional nature of perceived interactivity. The consensus is far from being general about what the perceived interactivity exactly represents.

Some conceptualizations of perceived interactivity are incomplete, others include aspects that have nothing to do with the concept. This is precisely the case of perceived control considered as a principal facet of perceived interactivity [3],[4],[5],[6] whereas it represents an emotional aspect.

The relationship of perceived interactivity with its indicators is often considered in terms of the reflexive model, while it is more appropriate to consider it in light of the formative one. Identifying the exact nature of the relationship between the latent construct and its indicators is of crucial importance [7]. Without this identification, it is quite possible to obtain erroneous and contradictory results.

This research aims to develop a general framework for the conceptualization of perceived interactivity. This framework takes into account the measurement problems inherent to this concept and aims to identify the exact relationship between perceived interactivity, his antecedents and his consequences. It tries to answer the question: to what extent the perceived interactivity, formed by reciprocity, responsiveness, speed and nonverbal information influences the experiential value of a commercial web site?

Initially, we attempt to clarify the concept. Secondly, the formative nature of perceived interactivity will be demonstrated. Then the theoretical link between perceived interactivity and its consequences will be developed. The validation process of structural links will be described later. Finally, managerial implications, limitations and future avenues of research will be enumerated.

2 BACKGROUND

2.1 DEFINITION OF PERCEIVED INTERACTIVITY

Ref. [8] proposes a conceptualization that best describe the perceived interactivity. According to this conceptualization, perceived interactivity is the "extent to which an operator engaged in a communication perceives it as reciprocal, responsive, fast and characterized by the use of non-verbal information".

The exchange of roles characterizes *reciprocity* [9],[10]. The interaction between the individual and the new communication systems is a process that can be initiated, continued and completed by either of these two operators.

Receptivity is mainly related to the way in which the consumer perceives an interactive system meets his inputs [11],[12],[1],[4]. The system able to provide adequate and contingent feedback will be perceived as interactive.

The immediacy of the response refers to the ability of the media to allow immediate feedback, or its ability to facilitate the rapid convergence between input and response [13].

In the particular context of the Internet, *non-verbal communication* refers to the use of graphics, animations, images, videos, music and paralinguistic codes to present information [8]. The use of either of these methods should allow understanding the message communicated.

2.2 WHAT IS THE RELATIONSHIP BETWEEN PERCEIVED INTERACTIVITY AND ITS FACETS?

2.2.1 TWO DIFFERENT APPROACHES TO MEASURE THE PERCEIVED INTERACTIVITY

The relationship between perceived interactivity and its facets is ambiguous. Many researchers [3],[4],[5],[14],[15] consider this relationship in terms of the reflective measurement model, [16] [8] study it in the light of the formative model.

The choice of the measurement model relies more on the researcher's beliefs than on the construct's characteristics. Nevertheless, some constructs are basically formed by their indicators and it is inappropriate to consider them in terms of the reflective model [17]. Adopting reflective indicators when formative ones are more appropriate leads necessarily to errors in the model specifications measurement [18].

A measurement model specifies the relationship between latent constructs and their observable measures [19] Reflexive and formative measurement models differ in terms of the relationship' direction between the latent variable and its manifest indicators. Under the rules of reflexive models, indicators reflect the latent variable while they contribute to its formation, according to formative models [7], [20], [21].

When considering a multidimensional construct, it is necessary to distinguish between (at least) two levels of analysis, a level that connects the manifest indicators to first order dimensions and a second level that connects these dimensions to the second order latent construct [20], [22].

2.2.2 INTERACTIVITY IS A REFLEXIVE FIRST ORDER, FORMATIVE SECOND ORDER CONSTRUCT

Ref. [23] enumerates a set of criteria, to distinguish formative measures from reflexive ones, appropriate for the first and the second order levels. These criteria consists of three main points (1) The nature of the construct (2) the direction of causality between indicators and the latent construct and (3) the characteristics of indicators measuring the construct.

Regarding the first criterion, according to reflective model, the latent construct exists independently of its indicators [24], [25] instead, and according to formative model, the indicators give meaning to the latent construct [19]. To define operationally interactivity, it was necessary to identify its facets. Without this identification, it was impossible to specify the exact nature of the concept. These facets are defining characteristics that explain perceived interactivity [22].

The second criterion is concerned with the causality' direction between perceived interactivity and its indicators. Unlike the reflective patterns, in the case of the formative models, the direction of causality is from the indicators to the construct [20]. Changes in the indicators should cause changes in the construct. For example a communication perceived as interactive doesn't necessarily means that the latter is perceived as rich in non-verbal information. It is time priority [26].

The third criterion is related to the exact nature of the indicators. For reflective models, indicators are interchangeable because they share a common theme. For formative models, indicators do not share a common theme. Each one captures a single conceptual aspects [22]. Adding or removing an item can significantly change the conceptual domain of the construct

[20],[19]. We studied interactivity in light of the most common facets described in the literature. These facets have not the same or similar content. Speed is necessarily different from the presence of non-verbal information, receptivity and reciprocity.

It seems that the perceived interactivity is a formative construct. In all ways, it is more easier to defend his formative than his reflective nature. This is a second-order latent construct formed by four facets. These facets are first order latent constructs related to observable measures. It follows the first hypothesis:

H1: Perceived interactivity is a second-order formative construct defined by four different facets.

2.3 TELEPRESENCE AND CONTROL: TWO PSYCHOLOGICAL STATES EXPERIENCED IN ONLINE ENVIRONMENTS

This research considers telepresence in terms of the subjective view according to which "telepresence is an experiential and an individual experience". Telepresence refers to the extent to which an individual feels physically present in a distant environment. It is enhanced by the reactions of the latter. It is a state and not a behavior. It is "the perceptual illusion of non-mediation" [27].

The impact of interactivity on telepresence is demonstrated [27],[28],[29], [30]. This research considers perceived interactivity as a variable formed by four facets. These facets enhance greatly the sense of non-mediation. It follows the second hypothesis:

H2: The interactivity positively influences telepresence

Control means "the ability of the user to participate voluntarily and influence instrumentally communication" [31]. This kind of control is called primary [32]. It is in contradiction with the secondary control experienced when the environment don't allow opportunities for action. In this case, individuals can only change their perceptions and preferences.

The perceived Interactivity increases the perceived level of control and interest [33],[34], [35]. Active control of the interaction is enhanced by reciprocity, rapid feedback, responsiveness and nonverbal information. A kind of synergy is created between these facets to achieve a single estimate of the web site interactivity. It is this synergy that enhances the feeling of dominance in the virtual world giving rise to the following hypothesis:

H3: Perceived Interactivity positively influences the perceived active control of the interaction

2.4 THE EXPERIENTIAL PERCEIVED VALUE OF A WEBSITE

Experiential value is defined as "A relative, personal, situational, preference characterizing the experience of a subject interacting with an object" [36],[37]. Commercial web sites are interactive environments of consumption. Visiting and shopping via these sites is an appealing experience. Therefore, it is proper to consider the value created from this experience based on the experiential approach.

There are several classifications of experiential value [36],[38],[39],[40] [41], [42], [43]. Ref. [42] operationalize the Holbrook theoretical classification of experiential value in traditional and virtual shopping malls. They vary this value based on two dichotomies: intrinsic / extrinsic and active / reactive. It results seven distinct experiential values. An exploratory qualitative research allowed us to choose among these values. Tunisian surfers appear to be sensitive to **enjoyment**, **efficiency** and **attractiveness**.

Enjoyment: the extent to which the execution of an activity is perceived as a source of joy and pleasure regardless of its functional consequences [44].

Attractiveness: the net, colors, graphics, and photo quality are combined to influence the visual attraction of a website [42]. These design elements are defined as the complex mix between technical and artistic sensibilities [45].

Efficiency: is measured by the ratio of outputs / inputs [36]. The outputs are the benefits of attending malls while the inputs are the sacrifices incurred for these benefits.

Perceived Interactivity affect positively the overall evaluation and attitude toward websites [3] [46],[47],[48]. Interactivity facilitates the collection of a significant amount of information about the products with less embarrassing ways than traditional methods [49]. This greatly enhances the utility and hedonic value of the site in the eyes of surfer. Hence, we propose the following hypothesis:

H4: Perceived Interactivity positively influences the experiential value of commercial websites (H4a, H4b; H4c)

When Living telepresence in an online environment, web user manifest a favorable predisposition towards the site [29], [50], towards the brand [51],[52],[53], [54] and towards advertising [53]. He get extrinsic as well as intrinsic gratifications from navigating through the website [50]. H5. Telepresence positively influences the experiential value of the commercial web site (H5a, H5b; H5C)

The control is assumed to be the functional part of the flow favoring essentially the achievement of shopping utility value [55],[56].We propose that control facilitates the achievement of the experiential value regardless of its utilitarian or hedonistic proprieties. The fluidity and automation of navigation made possible by controlling the interaction give the consumer some confidence allowing him to test his skills in pursuing intrinsic rewards that amuses and comforts him.

H6. Active control of the interaction positively influences the experiential value of the site (H6a; H6b; H6c).

The following model shows these different assumptions. This is a model that links perceived interactivity not only to its indicators but also to its consequences.

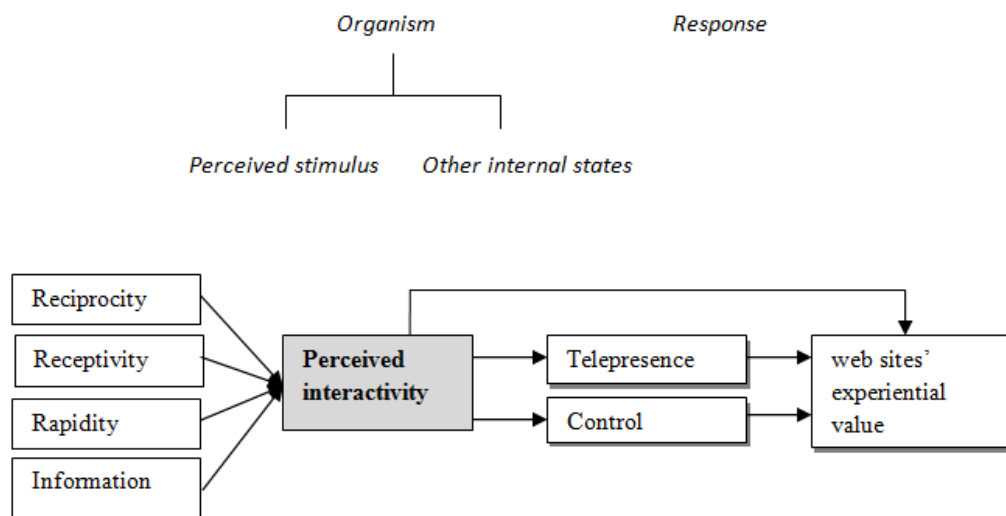


Fig1. The conceptual Model

3 MATERIAL AND METHODS

3.1 METHODOLOGICAL CHOICES AND DESCRIPTION OF THE EXPERIMENT

To select participants, the Convenience sampling procedure is used. A sample of 385 subjects is reached. Participants are expected to know how to navigate. This sample is divided into 30% men and 70% women. The age of participants is stored from 21 to 36 years with a mean age of 22 years. Of these, 75% follow a management license.

The experiment web site is rather existing which adds an authenticity to the research. The site is sufficiently challenging and interactive, to facilitate the achievement of utilitarian and hedonistic values. This is an e-commerce website selling digital cameras. The subjects were required to navigate the photogalerie.com website. Every subject was put in the situation where he needs a digital camera and really has the desire and intention to purchase it over the Internet, without, being obliged to make the purchase. After consulting the site, participants were invited to complete a questionnaire.

3.2 VARIABLE MEASURES

To measure perceived interactivity, [8] scale was judged appropriate. The development process of the scale is formal, other authors [3],[14] use less formal processes. The importance of this scale resides in its high level of reliability.

This research recognizes the subjectivity of telepresence. Ref.[57] developed a measurement scale composed of eight items that reflects this subjectivity. Ref.[58] adjusts the original scale of Kim and Biocca. They show that the reliability of this scale exceeds 0.75. This research adopts the adjusted scale of [58]. This is a seven-point Likert scale with seven items.

Ref. [5] developed a measurement scale that takes into account the multidimensional nature of perceived interactivity. It is a seven-point Likert scale. Four items are supposed to measure the active control. Statistical analyzes demonstrate the validity and reliability of this scale. The subscale measuring control had been retained as part of our research.

Ref. [42] developed seven sub-scales to measure dimensions of the experiential value of the site. Among these, three subscales measure enjoyment, attractiveness and efficiency. The scale is analyzed for its reliability and validity in two different shopping contexts, the virtual and the real one. It shows sufficient evidence of dimensionality, internal consistency and convergent and discriminant validity

4 RESULTS

4.1 VALIDATION OF FIRST ORDER REFLEXIVE ITEMS

Data collection was carried out in two stages. Initially 70 subjects participated in the experiment. An exploratory factor analysis was used to remove the items with unsatisfactory psychometric quality and to reformulate other items. Crombach's alpha was used as an internal consistency estimator.

A new sample of 385 subjects has been reached. We followed the recommendations of [59], [60] by using an exploratory factor analysis (EFA) and a confirmatory factor analysis (CFA). The EFA was performed on the variance-covariance matrix and varimax rotation. Three of the fourteen items measuring first order indicators of perceived interactivity had to be removed. It appears, four distinct dimensions with respect to the Kaiser eigenvalues criterion (1960). Shared variance explained by the factors are satisfactory and each item is highly correlated with its respective factor. These factors were retained for a second- order analysis.

The CFA is performed according to the method Maximum Likelihood. The construction of the measurement model of perceived interactivity is based on the results of the EFA. This model includes four latent variables and 11 manifest variables. The coefficient of Mardia shows that there is a multinormality problem. This coefficient is greater than three (18.889). The model was re-tested by creating 250 new samples according to the principles of the bootstrap method. This confirmatory test shows that it is possible to improve the quality of the measurement model. A modification by addition had to be performed. The results of the maximum likelihood method with *Bootstrap* show that even if the multinormality condition is violated, the results are stable. Figure 2 outlines the results of the factor analysis of perceived interactivity.

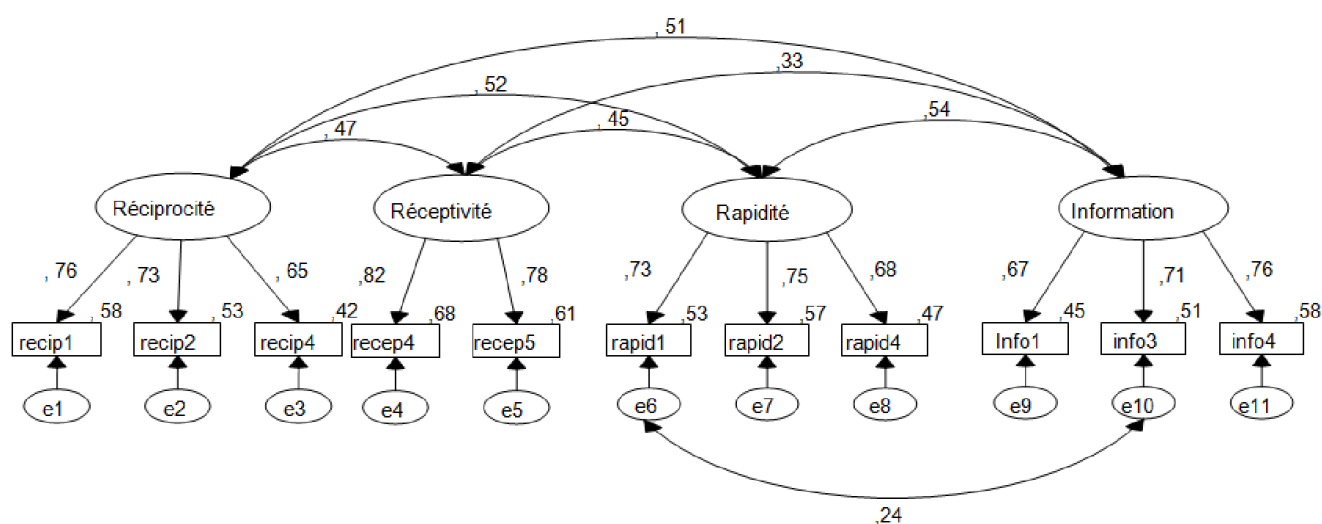


Fig2. Results of the factor analysis of perceived interactivity

The fit between the theoretical model and the data collected, appreciated by the fit indices presented in Table 1 is considered good [61].

Table 1. Adjustment Indices

chi-square / df	CFI	TLI	GFI	AFM	RMSEA
1,556	0.984	0.977	0.972	0.952	0,038

The reliability of the items and the discriminant and convergent validity were examined according to the criteria suggested [62]. The reliability of each construct is calculated. Values exceeding 0.70 for all facets of perceived interactivity. Shared average variance of these facets is greater than 0.5 (the minimum required for the convergent validity). Shared average variance of each construct is greater than the square of the correlation between the construct and all other constructs of the study, confirming that way the discriminant validity of the perceived interactivity' indicators. Based on the above, the first order reflective measures seem to be appropriate. All items are good indicators of the four facets of perceived interactivity.

4.2 VALIDATION OF THE FIRST-ORDER FORMATIVE INDICATORS

To validate the perceived interactivity formative indicators, we estimated a model relating perceived interactivity to two reflective indicators. This is a model for multiple indicators, multiple causes (MIMIC model) [63]. In this model, the indicators are the direct causes of the latent variable indicated by two reflexive measure. The first measure is given by the following expression: "Overall, I think the photo gallery website is highly interactive [64]. The second measure is given by "The web site "potogalerie.com" is interactive [8]. Before estimating the model it, was necessary to check for multicollinearity.

High correlations between formative indicators indicate that they measure the same thing. The value of 10 is the standard value beyond which multicollinearity problem can appear [65], [66], [67]. VIF values calculated for the four indicators of perceived interactivity vary from 1.225 to 1.393. This implies that there is no multicollinearity problem and model results will not be biased.

The results of the maximum likelihood method with *Bootstrap* show that, even if the multi-normality condition is violated, the results are stable. Table 2 reports the results without Bootstrap and the model fit indices. These indices are widely acceptable.

Table2. Validation of the first order formative indicators of perceived interactivity

Relationships		Maximum Likelihood			
		Coef. Stall	CR	P	
Measurement model linking perceived interactivity to its indicators					
Reciprocity→ Interactivity		0.373	-	-	
Receptivity→ Interactivity		0.197	2,690	0,007	
Speed → Interactivity		0.294	3,025	0,002	
Information→ Interactivity		0.057	0.864	0.864	
Structural model linking perceived interactivity to two reflective items.					
Interactivity → Inter-Global1		0.962	5,521	0,000	
Interactivity → Inter-global2		0.858	5,399	0,000	
Adjustment indices					
chi-square / df	CFI	TLI	GFI	AFM	RMSEA
2,262	0.966	0.952	0.953	0.923	0.057

The purpose of this phase is to determine the weight of each facet in the formation of perceived interactivity. The results show that reciprocity, responsiveness and speed have significant weights. R², which indicates the extent to which the formative measurement model covers the conceptual domain of the construct [21] is 0.67, which is acceptable. The theoretical importance of nonverbal information has not been supported by the results this implies that non-verbal information is necessary but not a sufficient condition to enhance the perception of interactive properties. However, we have decided to use all these aspects to ensure the content validity of the construct.

4.3 SECOND-ORDER CONSTRUCT VALIDATION

The main purpose of this phase is to validate the second order construct. The coefficient of Mardia shows a multinormality problem. The model was re-tested by creating 250 new samples according to the principles of the Bootstrap method. The results of the maximum likelihood method with *Bootstrap* show that, even if the multi-normality condition is violated, the results are stable. The following table reports the results without Bootstrap and the model fit indices. These indices are in the majority, acceptable.

Table3. The structural model validation

Relationships		Maximum Likelihood			
		Coef. Stall	CR	P	
Measurement model linking perceived interactivity to its indicators					
Reciprocity→Interactivity		0.493	-	-	
Receptivity→ Interactivity		0.121	1,655	0.098	
Speed → Interactivity		0,160	1,890	0.059	
Information→Interactivity		0.284	2,883	0,004	
Structural model linking interactivity to its consequences					
Interactivity→ Efficiency		0.499	4,734	0,000	
Interactivity→ Attractiveness		0.893	5.865	0,000	
Interactivity → Enjoyment		0.446	4.571	0,000	
Interactivity → Telepresence		0.453	4.789	0,000	
Interactivity → Control		-0.314	-3933	0,000	
Telepresence →Enjoyment		0.201	3,138	0,002	
Telepresence →Efficiency		0.307	4,488	0,000	
Attractiveness →Control		0.116	2,005	0,045	
Enjoyment → Control		-0.103	-1.826	0.068	
Adjustment indices					
chi-square / df	CFI	TLI	GFI	AFM	RMSEA
1,868	0.939	0.929	0.919	0.881	0.048

H1 was accepted since reciprocity ($\beta = 0.493$), responsiveness ($\beta = 0.121$, $p < 0.1$), timeliness ($\beta = 0.160$, $p < 0.1$) and nonverbal information ($\beta = 0.284$; $p < 0.01$) have significant effects on perceived interactivity. Reciprocity is the most important determinant of perceived interactivity followed by nonverbal information. The four facets constitute 0.705 of the second order construct variance, which is acceptable.

The H2 hypothesis was supported. Interactivity seems to influence positively perceived telepresence. The H3 hypothesis was disproved and perceived interactivity negatively influences perceived control.

The H4 hypothesis was supported. Interactivity significantly influences perceived efficiency ($\beta = 0.499$; $p < 0.001$); attractiveness ($\beta = 0.893$; $p < 0.001$) and enjoyment ($\beta = 0.446$; $p < 0.001$). Hypotheses H5 and H6 were partially supported.

It should be noted that the explanatory power of the model is too satisfactory, it is given by the following percentages.

Table 4. Explanatory power of the model

	Interactivity	Telepresence	Control	Efficiency	Enjoyment	Attractiveness
SMC (%)	73.4	20.5	10	48.2	36.6	74.6

5 DISCUSSION

This research is an empirical support for the conceptualization of perceived interactivity as a second-order formative construct. It shows also the predictive power of this construct.

The formative nature of perceived interactivity:

The formative indicators of perceived interactivity are an integral part of this variable. Perceived Interactivity is determined mainly by the reciprocal interaction and non-verbal information. The speed of interaction and responsiveness also contribute to the formation of this construct but their weight is less important.

Reciprocity refers to the extent to which users believe that the site facilitates two-way communication [68], [69] This research reinforces the role of reciprocity in the formation of perceived interactivity and shows that it is the key facet of perceived interactivity when the experiential value of the site is the dependent variable.

The presence of non-verbal information is a facet of perceived little discussed in the literature. The results show that it is an important indicator that contributes greatly to the establishment of the perceived interactivity index. Our results are consistent with those of [8].

The perceived speed of interaction is the most cited facet in the literature on the perceived interactivity [31], [47], [70], [16], [8]. It appears that the more quick the interaction with the site is perceived, the more important the perception of interactivity would be.

Based on the interpersonal communication model [68], the quality of the exchange of messages is the key to interactivity. Ref. [48] demonstrate that the quality of the message enhance perceived interactivity and site effectiveness. Although responsiveness is one facet that contributes to the formation of perceived interactivity, its contribution is less important than any other facets. By varying the dependent variable, it is possible to achieve a greater weight of this indicator.

Perceived interactivity and online shoppers responses:

Interactivity is defined in the literature as one of the key benefits of the Internet [71], [72], [73]. This research reinforces this conclusion. The impact of perceived interactivity on experiential value is not only significant but also high. The impact of interactivity on the utility value is discussed widely. This research shows that the impact of perceived interactivity on the active site utility value is more important than its impact on active hedonic value. The interactivity also enhances the perceived involvement in the virtual world and inhibits the control of interaction. Overall, these findings are consistent with our expectations and focus on the crucial role of the shopping atmosphere in achieving a rewarding experience.

6 CONCLUSION

The purpose of this research is to display the predictive power of perceived interactivity. The development of the conceptual framework took into account the relation between this concept and its facets. Several criteria make the formative approach the optimal alternative to best describe this complex concept. Empirical tests confirm this view and emphasize the need to consider perceived interactivity as a formative second-order construct entirely defined by its indicators. The same tests consolidate the undeniable impact of perceived interactivity on online shoppers responses.

6.1 CONTRIBUTION OF RESEARCH

Formative measurement models were introduced in the literature for over 40 years and discussion of methodological issues has increased since 1990. The use of formative indicators to measure constructs in empirical studies are scarce. There is not enough papers that focus on the utility of formative scales. The results illustrate a proper use of the rules of construction of formative indicators [18].

Regarding perceived interactivity, little research are concerned with the specification of the exact nature of the relationship between the construct and it's indicators. Generally researchers follow, blindly, the reflexive approach. Ref.[16] emphasized the need to develop perceived interactivity as a formative construct caused by its indicators. Ref.[8] show empirically that perceived interactivity is a formative second order construct when the dependents variables are involvement and attitude. In the light of a set of criteria, this research was able to show that perceived interactivity is a formative second-order construct, dismissing this way reflective approach.

6.2 MANAGERIAL IMPLICATIONS

The allocation of marketing resources and communication programs may be affected given different conceptualizations methods applied by practitioners. Under the formative model, resources can be allocated mainly to improve reciprocity and increase the non-verbal information. These two aspects of perceived interactivity contribute remarkably to the formation of perceived interactivity when experiential perceived value is involved. Considering a non important aspect as important has harmful effects on managerial decisions. It involves harmful financial waste especially for firms suffering from budget constraints.

6.3 LIMITATIONS

Limits marked this search. The list of indicators of interactivity may not be exhaustive. A less than 1 square R (0.705) implies the existence of other indicators of perceived interactivity.

Although developed in a rigorous way, the experiential value scale is limited by a restricted number of items for each value.

The data collection method is also problematic. It was not possible to conduct a laboratory experiment. It remains the most suitable method to have unbiased results.

6.4 FUTURE DIRECTIONS OF RESEARCH

The conceptualization of a construct should be based on theory and precede any discussion of structural relationships between constructs. Future studies are expected to emphasize the measurement model conceptually appropriate. It is imperative to develop a measurement model with adequate specification that may represent the conceptual definition of a construct to avoid any kind of mistakes.

Future researches may apply the formative approach in other marketing contexts and may explore the role of perceived interactivity in these contexts.

It is also possible to study the extent to which perceived interactivity differs among cultures and types of consumers.

REFERENCES

- [1] Newhagen, John and Mark W.Cordes R.Levy (1995) Nightly @ nbc.com: audience scope and the perception of interactivity in viewer mail on the Internet, *Journal of Communication*, 45, 3, 164-175.
- [2] Koufaris M. (2002) Applying the Technology acceptance model and flow theory to online consumer behavior, *Information Systems Research*, 13, 2, 205-223.
- [3] Wu Guohua (1999) Perceived interactivity and attitude Toward website, *Annual conference of the American academy of advertising*.
- [4] Wu Guohua (2006) Conceptualizing and Measuring the Perceived Interactivity of Websites, *Journal of Current Issues and Research in Advertising*, 28, 1, 81-104.
- [5] Liu, Yuping (2003) Developing a Scale to Measure the Interactivity of Websites, *Journal of Advertising Research*, 43, 207-16.
- [6] Huang, IY, Lin, YS, Chen, PC and Hsieh, HL (2007) Food web structure of a subtropical headwater stream, *Marine and Freshwater Research*, 58, 596-607.
- [7] Bollen K, Lennox R (1991) Conventional wisdom on measurement: a structural equation perspective, *Bulletin of Psychology*, 110, 2, 305-14.
- [8] Johnson GJ, GC Bruner II and A. Kumar (2006) Interactivity and Its facets revisited, *Journal of Advertising*, 35, 4, 35-52.
- [9] Bretz, R. (1983) *Media for Interactive Communication*, CA: Sage, Beverly Hills.
- [10] Williams, Frederick, Ronald E. Rice, and Everett M. Rogers (1988), *Research Methods and the New Media*, New York: The Free Press.
- [11] Day, GS (1998) "Organizing for interactivity" *Journal of Interactive Marketing*, Vol.12 (I), 53 PP.47-.
- [12] Duncan, Tom and Sandra E. Moriarty (1998), A Communication-Based Marketing Model for Managing Relationships, *Journal of Marketing*, 62.1 to 13.
- [13] Sun, PC and Cheng, HK (2007), The design of instructional multimedia in e-learning: A media richness theory-based approach, *Computers and Education*, 49, 662-676.

- [14] Cho, CH and Leckenby, JD (1999) Interactivity as a measure of advertising Effectiveness, In MS Roberts (ed.). *Proceedings of the conference of the American Academy of Advertising* ,
- [15] Chung, H., and Zhao, X. (2004) Effects of Perceived interactivity on website preference and memory: Role of personal motivation, *Journal of Computer-Mediated Communication*, 10, 1, <http://jcmc.indiana.edu> .
- [16] Yadav and Varadarajan (2005) Interactivity in the Electronic Marketplace: An Exposition of the Concept and Implications for Research, *Journal of the Academy of Marketing Science*, 33, 4, 585- 605.
- [17] Podsakoff, PM, MacKenzie, SB, Lee, JY and Podsakoff, NP (2003) Common method Behavioural Biases in research A critical review of the literature and recommended remedies, *Journal of Applied Psychology*, 88 , 879-903.
- [18] Diamantopoulos and Winklhofer H. A (2001), Index Construction with formative indicators: an alternative to scale development year, *Journal of Marketing Research* , 38, 2, 269-77.
- [19] Diamantopoulos A, Petra Riefler and Katharina P. Roth (2008), Advancing formative measurement models, *Journal of Business Research*, 61, 1203-1218.
- [20] Jarvis, Cheryl B, Scott B Mackenzie, Philip M. Podsakoff (2003), A critical review of construct indicators and measurement model misspecification in marketing and consumer research, *Journal of Consumer Research*, 30, from 3.199 to 218.
- [21] Diamantopoulos A. (2006), The Error Term in Formative Measurement Models: Interpretations and Modeling Implications, *Journal of Modelling in Management* , 1, 1, 7-17.
- [22] MacKenzie S, Podsakoff P, Jarvis C. (2005), The problem of measurement model misspecification in Behavioral and Organizational research and Some recommended solutions, *Journal of Applied Psychology* , 90, 4, 710-30.
- [23] Coltman Tim, Timothy M. Devinney, David F. Midgley and Sunil Venaik Davis (2008), Formative versus reflective measurement models: Two applications of formative measurement, *Journal of Business Research* , 61, 1250-1262.
- [24] Borsboom, D., Mellenbergh, GJ and Van Heerden, J. (2003), The Theoretical status of latent variables, *Psychological Review*, 110, 203-219.
- [25] Rossiter J, 2002, "The C-OAR-SE procedure for scale development in marketing" *International Journal of Marketing research*; Vol.19; pp.305-35.
- [26] Bollen K. (1989), *Structural equations with latent variables* , New York, Wiley.
- [27] Lombard Matthew and Theresa Ditton (1997) At the heart of it all: the concept pf presence, *Journal of computer mediated communication*, 3, 2, <http://www.ascusc.org/jcmc/ vol3 / issue2 / lombard.html> .
- [28] Klein LR (2001), Creating virtual experiences in computer-mediated environments, *Proceedings of the conference the experiential e-commerce*, East Lansing, MI, September 27-29.
- [29] Coyle, James R and Ester Thorson (2001), The effects of progressive levels of interactivity and vividness in web marketing sites *Journal of advertising*, 30, 3, 65-77.
- [30] Nicovich, SG, Boller, GW, and Cornwell, TB (2005) Experienced computer mediated communications presence Within: Initial explorations on the effects of gender with respect to empathy and immersion, *Journal of Computer-Mediated Communication* , 10.2.
- [31] Liu Yuping and LJShrum (2002), What is interactivity and is it always a good thing Such, involvement of definition, person and position for the effect of interactivity on advertising Effectiveness, *Journal of advertising*, 31, 4, 53-65.
- [32] Hoffman, Donna L, TP Novak and AE Schlosser (2000), Consumer Control in Online Environments, research paper, Vanderbilt University, www.2000.ogsm.vanderbilt.edu/papers.html .
- [33] Alba, J., Lynch, JWB, Janiszewski, C., Lutz, R., Sawyer, A. and Wood, S. (1997) Interactive home shopping: Consumer, retailer, and manufacturer incentives to Participate in electronic marketplace, *Journal of Marketing* , 61, 3, 38-53.
- [34] Ghose S. and W. Dou (1998), Interactive functions and Their impacts on the appeal of internet presence sites *Journal of Advertising Research* , 38, 2, 29-43.
- [35] Weinberg, R., Butt, J., Knight, B., Burke, KL and Jackson, A. (2003) The relationship between the use of imagery and Effectiveness: An exploratory investigation, *Journal of Applied Sport Psychology*, 15, 26-40.
- [36] Holbrook Morris B. (1996) ,"Special Session Summary Customer Value C a Framework For Analysis and Research", in NA - Advances in Consumer Research Volume 23, eds. Kim P. Corfman and John G. Lynch Jr., Provo, UT : Association for Consumer Research, Pages: 138-142.
- [37] Holbrook, MB (1999), *Consumer value: a framework for analysis and research* , market research Interpretive series, London and Newyork: Routledge.
- [38] Holt, DB (1995), How Consumers consume: a typology of consumption practices, *Journal of Consumer Research*, 22, 1-16.
- [39] Lai, AW (1995), Consumers values, product benefits, and customer value: a consumption behavior approach, *Advances in researches Consumers*, 22, 381-388.
- [40] Aurier Ph, Evrard Y. and N'Goala G. (2000) Value of consumption and overall value. An application to the case of film consumption, *Proceedings of the 16th Congress of the French Marketing Association* , 151-162.

- [41] Sweeney, JC and Soutar, GN (2001), Consumer Perceived Value: The Development of a Multiple Item Scale, *Journal of Retailing* , 77, 2, 203-20.
- [42] Mathwick, C., Malhotra, N. and Rigdon, E. (2001), Experiential value: Conceptualization, measurement and implementation in the catalog and Internet shopping environment, *Journal of Retailing*, 77, 1, 39.
- [43] Lin CH, PJ Sher and Shih HY (2005), Past progress and future directions in Conceptualizing Perceived customer value, *International Journal of Service Industry Management*, 16, 4, 318-36.
- [44] Venkatesh, V. (2000) Determinants of Perceived ease of use: Integrating control, intrinsic motivation, and emotion Into the technology acceptance model, *Information Systems Research* , 11, 342-365.
- [45] McLaughlin, ML (1996), The art site on the World Wide Web, *Journal of Communication* , 46, 1, 51-79.
- [46] Jee and Lee (2002), Antecedents and Consequences of Perceived Interactivity: An Exploratory Study, *Journal of interactive advertising*, 3, 1.
- [47] McMillan and Hwang Jang-Sun (2002), Measures of Perceived Interactivity: An Exploration of the Role of Direction of Communication, User Control, and Time in Shaping Perceptions of Interactivity, *Journal of Advertising* , 31, 3, 29-41.
- [48] Song Ji Hee and George M. Zinkhan (2008), Determinants of Perceived Web Site Interactivity, *Journal of Marketing*, 72, 3, 99-113.
- [49] Richard MO. and R. Chandra (2005), A model of consumer web navigational behavior: conceptual development and application, *Journal of Business Research* , 58, 1019-1029.
- [50] Soltani, Ines and Jamel Eddine Gharbi (2008), Determinants and Consequences of the Perceived Value Website, *Internet Journal of Business and Commerce*, 13, 1, <http://www.arraydev.com/commerce/jibc/> .
- [51] Li. Hairong, Terry Daugherty, Frank Biocca (2002), Impact of 3-D advertising on product knowledge, brand attitude, and purchase intention: the Mediating Role of presence, *journal of advertising*, 31, 3, 43-58.
- [52] Klein, Lisa R. (2003), Creating Virtual Product Experiences: The Role of Telepresence, *Journal of Interactive Marketing* , 17, 1, 41-55.
- [53] Hopkins. CD, Raymond MA, Mitra A. (2004) Consumer responses to Perceived telepresence in the online advertising environment: the Moderating role of involvement, *Market Theory* , 4.137 to 162.
- [54] Nelson, MR, Yaros, RA, and Keum, H. (2006) Examining the Influence of Telepresence on Spectator and Player Processing of Real and fictious Brands in a Computer Game, *Journal of Advertising* , 35, 4, 87-99.
- [55] Senecal S., Gharbi I and J. Nantel (2002), The effect of flow on hedonic and utilitarian shopping values, In Broniarczyk S. and Nakamoto K (ed), *Advances in Consumer Research* , Association for Consumer Research, Provo, UT, 483-484.
- [56] Bridges Eileen and Renee Florsheim (2007) Hedonic and utilitarian shopping goals: The online experience, *Journal of Business Research*, 61, 4, 309-314.
- [57] Kim T. and F. Biocca (1997), Telepresence via television: two dimensions of telepresence May-have different connections to memory and persuasion, *Journal of Computer Mediated Communication* , 3, 2.
- [58] Hoffman, Donna L. and Thomas P. Novak (1996), "Marketing in Hypermedia Computer-Mediated Environments: Conceptual Foundations," *Journal of Marketing*, 60 (July), 50-68.
- [59] Anderson, James C. and David D. Gerbing (1988), Structural Equation Modeling in Practice: A Review and Recommended Two-Step Approach, *Psychological Bulletin*, 103, 411-423.
- [60] Gerbing DW and JG Hamilton (1996) Viability of exploratory factor analysis and a confirmatory factor analysis to precursor, *Structural Equation Modeling* , 3, 1, 62-72.
- [61] Roussel, P., Durrieu, F. Campoy, USA and El Akremi, A. (2002). *Structural Equation Methods: Research and Applications Management* , Economica, Paris
- [62] Fornell C, Larcker DF. (1981) Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error, *Journal of Marketing Research* , 18, 39-50.
- [63] Jöreskog K, A. Goldberger (1975), Estimation of a model with multiple indicators and multiple causes of a single latent variable, *Journal of American Statistics Association* , 10, 631-9.
- [64] Ballantine PW (2005) Effects of interactivity and product information on consumer satisfaction in online retail setting year, *International Journal of Retail and Distribution Management* , 33, 6/7, 461-469.
- [65] A Diamantopoulos and Siguaw J. (2006), Formative Versus Reflective Indicators in Organizational Measure Development: A Comparison and Empirical Illustration, *British Journal of Management*, 17, 263-282.
- [66] Helm S. (2005) Designing a formative measure for corporate reputation, *Corporate Reputation Review*, 8, 2, 95-109.
- [67] Sánchez-Pérez M, Iniesta Bonillo-M; 2004 "Consumers felt Commitment Towards retailers: development and validation indexes." *Journal of Business Psychology* , Vol 19 (2);PP.141-59.
- [68] Rafaeli, S. (1988) Interacting: from new media to communication, In RPHawkins, JMWieman and S Pingree (eds), *Advancing communication science: merging mass and interpersonal processes* , Newbury Park, CA: sage, 110-134.

- [69] Grunig, James E. and Larissa .A. Grunig (1989), Toward a Theory of Public Relations Behavior of Organizations: Review of a Program of Research, in JE Grunig and LA Grunig (eds), *Public Relations Research Annual* , Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 27-63.
- [70] Kioussis, Spiro (2002) Interactivity: A Concept Explanation, *New Media & Society* , 4, 3.355 to 383.
- [71] Rafaeli.S. and F. Sudweeks (1997), Networked interactivity, *Journal of computer mediated communication*, 2, 4, <http://www.ascusc.org/jcmc/vol2/issue4/rafaeli.sudweeks.html>
- [72] Morris, Merrill and Ogan, C. (1996) *The Internet as Mass Medium* , *Journal of Communication* , 46, 1, 39-50.
- [73] Pavlik, John V. (1996), *New Media Technology: Cultural and Commercial Perspectives* , Boston, MA: Allyn and Bacon.

ANTIMICROBIAL RESISTANCE PATTERN OF COLIFORM BACTERIA ISOLATED FROM SACHET AND BOREHOLE WATERS SOLD IN ABAKALIKI METROPOLIS OF EBONYI STATE, NIGERIA

Okafor Collins Onyebuchi Okeke¹, Iroha Ifeanyichukwu Romanus¹, Nwadiogbu Ifeanyi Anthony¹, Agumah Nnabuike¹, Eni Obehi¹, and Odinkemere Stephen Chijindu²

¹Department of Applied Microbiology, Faculty of Biological Sciences, Ebonyi State University, P.M.B 053, Abakaliki, Nigeria

²Department of Dialysis, Abia State Specialist Hospital & Diagnostic Centre, Umuahia, Nigeria

Copyright © 2015 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study investigated the susceptibility pattern of coliform bacteria isolated from sachet and borehole waters sold in Abakaliki metropolis. This was done by determining the presence of *Escherichia coli*, *Klebsiella spp* and *Enterobacter spp* and their antibiotic susceptibility profile using commercially prepared antibiotic discs. A total of Five hundred (500) samples of water comprising 250 each from selected brands of sachet water and boreholes were obtained from water dispensers in Abakaliki metropolis, Ebonyi State, Nigeria. Results of biochemical analysis revealed that out of the 311 confirmed isolates, 138 (55.2%) were from sachet waters while 173 (69%) were from borehole waters. The susceptibility profile of the isolates to ten antimicrobial agents indicated that majority of the isolates showed little susceptibility and was highly resistant to the following antimicrobial agents (nitrofurantoin, amoxycillin, ampicillin, ciprofloxacin, tetracycline, norbactin/norfloxacin, ofloxacin, cefuroxime and gentamicin). This showed that they exhibit multi-drug resistance pattern which is a common feature of medically important coliform bacteria. None of the water sources met the WHO microbiological standards for drinking water and thus pose a serious health risk to its consumers and users if not properly treated. We therefore report the presence of multi-drug resistant coliform bacteria in sachet and borehole waters sold in Abakaliki metropolis, Ebonyi State, Nigeria.

KEYWORDS: Microbiological standard, coliform, Bacteria, susceptibility, sachet water, borehole water, Abakaliki.

1 INTRODUCTION

Following abstraction and treatment, water becomes vulnerable and perishable. It is vulnerable in that the integrity of the system used for the storage and distribution of water can be damaged and contamination through ingress can occur. It is perishable in that its microbial quality can deteriorate due to the bacteria remaining after treatment growing on the residual nutrient in the water. Water can therefore be regarded as having finite life (Robertson *et al.*, 2003).

Water is said to endanger health and life when it contains pathogenic microorganisms (Pelczar *et al.*, 1993). Free from contamination with faecal matter is the most important parameter of water quality because human faecal matter is generally considered to be a greater risk to human health as it is more likely to contain human enteric pathogens (Scott *et al.*, 2003). Talaro and Talaro (1996) also reported that the coliform bacteria are known to be exclusively transmitted through faecal contaminated water and these are responsible for massive epidemics of enteric diseases like cholera and typhoid fever.

Since water is universally consumed in large quantity, it is important to know the types and number of microbes taken in by drinking water (Geldreich, 1990). In developing countries including Nigeria, where the majority of the people live in rural areas, rivers, streams, well and more recently boreholes, serve as the main sources of water for drinking and domestic use

(Ibe and Okplenye, 2005). The underground water supplies are usually consumed safe provided they are properly located, constructed and operated according to the World Health Organization Guidelines for Drinking Water (WHO, 1971).

Water has played a significant role in the transmission of human diseases and indicator organism (i.e. coliform) (Brock, 1991). Potential health risk may exist due to the microbial content of sachets/table water and borehole waters since water is one of the vehicles for the transmission of pathogenic organisms (Prescott *et al.*, 2008).

Worldwide record has it that, 1.1 billion people lack access to sufficient quantities of safe drinking water. Unsafe drinking water, combined with insufficient water supply for sanitation and hygiene, is responsible for an estimated 4 billion cases of diarrhoeal diseases, 1.79 million diarrhoeal death and 3.7% of the global burden of disease (WHO, 2002). Water-borne diseases are associated with inadequate provision of water and sanitary services and the effect of these diseases vary in severity from stomach upsets to death. Most of the victims' age is young children especially from the developing world. An estimated number of more than 34 million people die annually worldwide as a result of these water related disease and death around the world (Sonu *et al.*, 2007 and WHO 2005).

As a matter of fact, many aquifers and isolated waters are high in water quality and may be pumped from the supply and transmission network directly for human consumption, irrigation, industrial purposes, fire control, etc. However, such clean waters are not universally available. Thus, area of dense population or heavy agriculture may lack adequate supply of water. In this case, water supply must receive varying degrees of treatment prior to distribution (Uchegbu, 2002).

It is well known that the quality and safety of the drinking water continues to be an important public health issue (Hrudey and Hrudey, 2007), because its contamination has been frequently described as responsible for the transmission of infectious diseases that have caused serious illness and associated mortality worldwide (Marshall, 2006; Jones *et al.*, 2007). Clearly, point-of-use water quality is a critical public health indicator (Reynold *et al.*, 2007).

Over the past decades, there has been a markedly increase in the consumption of water derived from different sources in place of tap water for drinking purposes in many regions of the world. International drinking water- quality monitoring programs have been established in order to prevent or to reduce the risk of contracting related infections (Giorgio *et al.*, 2010).

Coliform bacteria have been used to evaluate the general quality of water. Their presence in water makes them indicator organisms for drinking water quality. Some waterborne coliform not normally considered to be of faecal origin are able to ferment lactose at 44.5°C (Geldreich *et al.*, 1958; Geo *et al.*, 2004; Mishra *et al.*, 1968), and under certain conditions these organisms may be present in relatively high numbers in water samples. Coliform bacteria are rod-shaped bacteria usually found in the intestinal tracts of animals, including humans. Coliform bacteria do not require but can use oxygen, and they do not form spores. They produce acid and gas from the fermentation of lactose sugar. Their presence in the water supply indicates recent contamination by human or animal faeces. Coliform bacteria are group of anaerobic, lactose-fermenting bacteria, of which *Escherichia coli* is the most important member. Most coliform are not harmful, but since they arise from faeces, they are useful as a test of faecal contamination, and particularly as a test for water pollution. Typical genera include *Enterobacter*, *Escherichia*, and *Klebsiella*. (Bender, 2005).

E. coli and thermotolerant coliform have been indicated by WHO as the parameter of choice for monitoring drinking water quality (WHO, 1993). Diseases that are transmitted through water i.e. waterborne diseases are cholera, typhoid fever, dysentery, diarrhoeal, schistosomiasis, dracunculiasis, trachoma, ascariasis, trichuriasis, and hookworm disease (Madema *et al.*, 2003).

Coliform bacteria are known to be exclusively transmitted through faecal contaminated water and these are responsible for massive epidemics of enteric diseases like cholera, diarrhoea, typhoid fever and dysentery e.t.c (Talaro and Talaro, 1996). Coliform bacteria are regarded as belonging to the genera *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Haffnia* and *Serratia*. Although coliform organisms may not always be directly related to the presence of faecal contamination, or pathogens in drinking water, the coliform test is still useful for monitoring microbial quality of treated piped borne water supplies (WHO, 1993).

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 COLLECTION OF WATER SAMPLES

Five hundred samples of water comprising two hundred and fifty sachet water from different companies (Aqua Rapha, Bejoy, Gospel, Nene, and Rock Tama) and two hundred and fifty bore hole samples from bore hole water dispensers

Metropolis were collected. They were transported in cool boxes to the Laboratory of the Department of Applied Microbiology, Ebonyi State University, Abakaliki, Nigeria for immediate analysis.

2.2 MICROBIAL ANALYSIS

Five hundred water samples were collected. Fifty samples each were collected from five different batches of sachet waters and different locations of borehole waters. They were analyzed for the presence of coliform bacteria using standard Microbiological techniques. The Multiple Tube Fermentation Technique (MPN) presumptive test which involves adding the water sample to a set of test tubes was used each of which contains a triple strength lactose broth with a bromocresol purple indicator and an inverted Durham tube. The tubes were then incubated at $35\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ for 24 to 48 hours for total coliform and at $44.5\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ for faecal coliform. Gas productions were observed in an inverted tube after incubation for the presence of total coliform. The MPN confirmatory test was carried in brilliant green bile lactose broth and MPN completed test using eosine methylene blue (EMB) agar. Further characterization was carried out by using biochemical reactions viz: indole, methyl red, Voges-Proskauer and citrate utilization test (IMViC), motility and Gram staining (Cheesbrough, 2002).

2.3 ANTIBIOTIC SUSCEPTIBILITY STUDIES

Sensitivity testing of *E.coli*, *Klebsiella* sp and *Enterobacter* sp isolates to different antibiotics was performed by disc diffusion method. Sterile nutrient agar was prepared and a 0.5 MacFarland equivalent standard of the test organisms were streaked with a sterile non cotton swab that was dipped into the standardized inocula on the surface of the agar and allowed to pre-diffuse for 15-20 minutes.

The following antibiotics discs Nitrofurantoin (100 μg), Ciprofloxacin (100 μg), Tetracycline (50 μg), Norfloxacin/Norbactin (10 μg), Amoxycillin (30 μg), Ofloxacin (5 μg), Chloramphenicol (10 μg), Cefuroxime (30 μg), Ampicillin (30 μg), Gentamicin (10 μg) were aseptically placed on the surface of the agar plates with a sterile forceps. These were incubated at 35°C for 18-24 hours, after which the inhibition zone diameter (IZD) in mm was taken and interpreted using CLSI standard (Mills-Robertson *et al.*, 2003).

3 RESULTS

Of the 250 samples of sachet water brands examined, the findings revealed a high level of faecal contamination in Gospel sachet water 36 (72%), Aqua Rapha 30 (60%) and Bejoy 18 (36%). Low level of contamination was observed in Rock Tama 6 (12%) and Nene 13 (26%). This could be as a result of poor sanitary standard of operation in the production line of the sachet water brands, also the presence of a particular type of faecal bacteria revealed a common source of contamination in all the batches of the water brands examined. But Nene and Rock Tama had a different contamination pattern; this could be as a result of some level of sanitary standard and proper treatments employed in the production line of these sachet waters (Table 1). Also, out of the 250 samples of borehole waters examined, from different locations, the results revealed a high level of faecal contamination from all the samples examined from seven different locations in Abakaliki. The results revealed that Aboffia had 27 (76.93%) samples contaminated with faecal bacteria while Azugwu 11 (28.5%), Azuiyiokwu 18 (50%), Azuiyiudene 29 (80%), Kpirikpiri 24 (66.63%), Presco/Ntezi 16 (46.15%) and Udensi 22 (61.54%). This was as a result of very poor environmental sanitary protection, seepage of faecal materials due to leakage of water pipes and poor sanitary procedure in drilling and dispensing of bore-hole water sold in Abakaliki metropolis as revealed in our result (Table 1 & 2).

Susceptibility studies showed that 62% of the test strain of *E.coli* from both sachet and borehole waters were resistant to gentamicin, 85% to cefuroxime, and chloramphenicol, 83% to ofloxacin, 80% to ciprofloxacin, 95% to norbactin/norfloxacin and 96% to nitrofurantoin, while the test strain of the *E.coli* were completely resistant to amoxycillin, tetracycline and ampicillin. 64% of the test strain of *Klebsiella* spp was resistant to gentamicin, 83% to cefuroxime, 85% to ofloxacin, 75% to chloramphenicol, 92% to amoxycillin, 93% to tetracycline, 66% to ciprofloxacin, while the test strain of *Klebsiella* spp was completely resistant to nitrofurantoin, norbactin/norfloxacin and ampicillin. 62% of the test strain of *Enterobacter* spp were resistant to gentamicin, 87% to cefuroxime, 81% to chloramphenicol, 93% to ofloxacin, 93% to norbactin/norfloxacin, 81% to ciprofloxacin, while the test strain of *Enterobacter* spp was completely resistant to nitrofurantoin, tetracycline, amoxycillin and ampicillin (Table 3).

Table 1: Percentage of Sachet Water Brand Contaminated with Coliform Bacteria

Sachet Water brands	Percentage/Number of Positive Samples	Percentage/Number of Negative Samples	Faecal coliform isolated
Aqua Rapha	30(60%)	20 (40%)	<i>E. coli</i> , <i>Klebsiella</i> spp, <i>Enterobacter</i> spp
Bejoy	18 (36%)	32 (64%)	<i>E. coli</i> , <i>Klebsiella</i> spp, <i>Entrobacter</i> spp, <i>Pseudomonas</i> spp
Gospel	36 (72%)	14 (18%)	<i>E. coli</i> , <i>Klebsiella</i> spp, <i>Enterobacter</i> spp
Nene	13 (26%)	37 (74%)	<i>E. coli</i> , <i>Klebsiella</i> spp, <i>Enterobacter</i> spp
Rock Tama	6 (12%)	44 (88%)	<i>E. coli</i> , <i>Klebsiella</i> spp

Table 2: Percentage of Borehole water Samples Contaminated with Faecal Coliform Bacteria.

Borehole Water Samples (Location)	Percentage of Positive Sample (%)	Percentage of Negative Sample (%)	Faecal Organism Isolated
Aboffia	76.93% (27)	23.07% (9)	<i>E.coli</i> , <i>Klebsiella</i> spp, <i>Enterobacter</i> spp
Azugwu	28.59% (11)	71.43% (25)	<i>E.coli</i> , <i>Klebsiella</i> spp
Azuiyiokwu	50% (18)	50% (18)	<i>E.coli</i> , <i>Klebsiella</i> spp, <i>Enterobacter</i> spp
Azuiyiudene	30% (29)	20% (7)	<i>E.coli</i> , <i>Klebsiella</i> spp, <i>Enterobacter</i> spp
Kpiri kpiri	66.63% (24)	33.37 (12)	<i>E.coli</i> , <i>Klebsiella</i> spp, <i>Enterobacter</i> spp
Presco/ntezi	46.15% (16)	53.85% (19)	<i>E.coli</i> , <i>Klebsiella</i> spp, <i>Enterobacter</i> spp
Udensi	61.54% (22)	38.46% (13)	<i>E.coli</i> , <i>Klebsiella</i> spp, <i>Enterobacter</i> spp

Table 3: Percentage Resistance of Bacteria Isolate from Sachet Water to Different Antibiotics

Antibiotics/Disc conc [ug/ml]	Resistance		
	<i>Escherichia coli</i>	<i>Klebsiella</i> spp	<i>Enterobacter</i> spp
N (100)	96%	100%	100%
CIP (5)	80%	66%	81%
TE (50)	100%	93%	100%
NB (10)	95%	100%	93%
AX (30)	100%	92%	100%
OF (5)	83%	85%	93%
C (10)	85%	75%	81%
CF (30)	85%	83%	87%
AM (30)	100%	100%	100%
G (10)	62%	64%	62%

N = Nitrofurantoin, CIP = Ciprofloxacin, TE = Tetracycline, NB = Norfloxacin (Norbactin), Ax = Amoxycillin, OF = Orfloxacin, C = Chloramphenicol, CF = Cefuroxime, Am = Ampicillin, G = Gentamicin.

4 DISCUSSION

The bacteriological quality of sachet-packed water and borehole waters offered for sale in Abakaliki metropolis was investigated in this study. The results of findings revealed that the popular products that are sold to the public under a wide variety of brand names and borehole waters were unsafe for human consumption except for the sachet packed water with the brand name Rock Tama and Nene that showed low level of contamination. This suggests that the sanitary procedures in the production lines of these commercially sold products did not meet the World Health Organization and the United States Environmental Protection Agency standard for faecal coliform in drinking water which is zero faecal coliform per 100ml

(WHO, 1971; WHO 1986; USEPA, 2001). The borehole water sold in Abakaliki Metropolis for human consumption showed high level of contamination with faecal coliform. Among all the sachet water brands, Rock-Tama and Nene showed a very minimal level of contamination with both *E.coli* and other isolates. This study supports the result of other researchers in the case of faecal contaminations in sachet water brands produced in the South Eastern States of Nigeria and bacteriological analysis of bore-hole waters in some parts of South Eastern Nigeria (Afiukwa *et al.*, 2010a; Ezeugwunne *et al.*, 2009; Ibe and Okplenyne, 2005).

Epidemiological investigations have proved that diarrhea has a world-wide occurrence and accounts for 4% deaths and 5% of health loss to disability. It was also recorded that there are about 4 billion cases of diarrhea on a yearly basis (Madema *et al.*, 2003). Bacteria especially the family Enterobacteriaceae which are agents of water-related diarrhea are very different and significant in checking the microbiological quality of water meant for human use, as they are potentially present in contaminated water. Since an outbreak of disease from drinking water has been reported world-wide and that it has been estimated that water-borne disease such as diarrhoeal diseases, schistosomiasis, trachoma, dysentery, ascariasis, typhoid diseases might account for one-third of the intestinal infections globally (Madema *et al.*, 2003; WHO 2003; Afiukwa *et al.*, 2010a; Prüss *et al.*, 2002).

E.coli was found to be the most contaminant of the water samples examined in this work at the rate of 62.2%. This result followed a similar pattern of bacterial load from other results obtained from other South Eastern States, South Western and North-Western part of Nigeria which correlated with the report given by the experts in a communiqué at the 20th Regular Meeting of the National Council on Water Resources (NCWR) in Jos, Plateau State which the Council observed with regret that Nigeria performs abysmally low in water sector development when compared with global sector indices and that Nigeria currently has the highest prevalence of water-borne diseases in the world (Emejor, 2010). This, they added, has resulted in high infant mortality in the country and this clearly indicates poor quality of water products in Nigeria as a nation (Afiukwa *et al.*, 2010b; Edema *et al.*, 2011; Ezeugwunne *et al.*, 2009; Garba *et al.*, 2010; Ibe and Okplenyne, 2005; Oyediji *et al.*, 2010). The contamination rate with *Klebsiella* spp and *Enterobacter* spp were 15.4% and 13.8%, respectively and that the water contamination was of faecal source.

Escherichia coli has been a central organism in water microbiology for decades as an indicator of faecal pollution, and its role as a pathogen rather than an indicator, in drinking water is been stressed in recent studies. This interest in the role of *E.coli* as a cause of diarrhoeal disease has increased because of the emergence of *E.coli* 0157:H7 and other enterohaemorrhagic *E.coli* due to the severity of the related disease (Paul, 2003). From the above report according to Paul (2003), it is obvious that the presence of *E.coli* in sachet water brands and borehole waters sold in Abakaliki metropolis could pose a serious threat to public health.

The high faecal coliform content observed in the water samples analysed was indicative of the likely presence of other pathogenic organisms such as *Aeromonas* spp or *Pseudomonas* spp. For instance, about 6(2.4%) isolates of *Pseudomonas* spp were identified in Bejoy sachet water product, and this may pose a health risk in the consumption of the water and its use for domestic purposes.

The bacterial isolates from the water samples of sachet water brands and borehole waters showed a moderately susceptibility to gentamycin and ciprofloxacin and were highly resistant to chloramphenicol, nitrofurantoin, ofloxacin, norfloxacin (norbactin), cefuroxime, amoxycillin and ampicillin. This result was similar with the recent studies obtained by Garba *et al.* (2010) at lower percentage but Sevanan *et al.*, (2011), in their studies was in direct correlation with the findings which revealed the resistance pattern of *E. coli* to be 55.5% to antimicrobials that have wide Gram-negative coverage.

5 CONCLUSION/RECOMMENDATION

This study suggests that more check should be put in place in order to maintain the WHO standards for borehole water drilling which recommends that boreholes should be located at least 30m away from latrines and 17m from septic tanks as most of the faecal contamination of pipe waters is caused by the seepage of faecal materials into leaking pipes since most sachet water products are processed from borehole waters. This is because the presence of faecal organisms in treated water for human consumption should pose a significant health concern and quality improvement to health workers such as National Food and Drug Administration Control (NAFDAC), and the manufacturers as to make necessary investigation to identify the point of entry and get it rectified as the public health importance of safe drinking water is inevitable. There should be a serious reassessment of water treatment methods in Nigeria especially for borehole and sachet packed waters since they major sources of water used for domestic purposes and drinking. This is because high load of faecal coliform in drinking water pose a serious health and economic problem in a society.

Also government should put more effort in establishing technologies that will enhance a greater understanding of coliform in recurrent gastrointestinal tract and urinary tract infections which will help in the development of new and more effective treatment of these problematic diseases.

REFERENCES

- [1] Afiukwa, F.N., Iroha, I.R., Afiukwa, C.A., Ayogu, T.E., Onwa, N.C. and Nwuzo, A.C. (2010a). Presence of antibiotic resistant of coliforms in Sachet water sold in some parts of South Eastern Nigeria. *Journal of Microbiology and Antimicrobials*. **2(5)**: 051-054.
- [2] Afiukwa, F.N., Iroha, I.R., Afiukwa, C.A., Ayogu, T.E., Orji, A.E., and Onwa, N.C. (2010b). Presence of coliform producing extended beta lactamase in sachet-water manufactured and sold in Abakaliki, Ebonyi State, Nigeria. *International Research Journal of Microbiology*. **1(2)**: 032-036.
- [3] Bender, D. A. (2005.) "Coliform bacteria." A Dictionary of Food and Nutrition. Encyclopedia.com. Oxford University Press, United Kingdom.
- [4] Brock, T.D. (1991). Biology of Microorganisms, 6th Edn. Prentice-Hall Inter. Inc., New York, PP. 553-558.
- [5] Cheesbrough, M. (2002). District Laboratory Practice in the Tropical countries Part 2. 2nd Edn. Cambridge University Press, UK. PP. 143-180.
- [6] Edema, M.O. and, Atayase, A.O Bankole, M.O. (2011). Pure water syndrome: Bacteriological quality of sachet-packed drinking water sold in Nigeria. *Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development* .**11(1)**: 2-15.
- [7] Emejor, C. (2010). 'The Nation Has The Highest Prevalence of Waterborne Diseases Globally'. 20th Regular Meeting of National Council on Water Resources, Jos, Plateau State, Nigeria.
- [8] Ezeugwunne, P.I., Agbakoba, N.R., Nnannah, N.K., and Anahalu, I.C. (2009). The prevalence of Bacteria in packaged sachet water sold in Nnewi, South East, Nigeria. *World Journal of Dairy & Food Sciences*. **4(1)**: 19-21.
- [9] Garba, I., Tijjani, M.B., Aliyu, M.S., Yakubu, S. E., Wada-Kura, A., and Olonitola, O.S. (2010). Prevalence of *Escherichia coli* in some public water sources in Gusau Municipal, North Western Nigeria. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*. **2(2)**:134-137
- [10] Geldreich, E. E. (1990). Microbiological quality of source waters for water supply. In: *Drinking water Microbiology*. McFeters, G.A. (Ed.) Springer Verlag, New York, USA.
- [11] Geldreich, E. E., Clark, H. F., Kabler, P. W., Huff, C. B. and Bordner, R. H. (1958). The coliform group. I. Reactions in EC medium at 45⁰ C. *Appl. Microbiol*. **6**:347-349.
- [12] Geo, F.B., Janet, S. B., and Stephen, A.m. (2004). Jawetz, Melnick, & Adelberg's Medical Microbiology, Twenty-Third Edition. McGraw Hill. Companies, New York, USA. PP 244- 256.
- [13] Giorgio, L., Ivan, C., Antonio, A., Ciro, A., Daniela, A., and Italo, F.A., (2010). Microbiological Quality of Drinking Water from Dispensers in Italy. *BMC Microbiology* **10**: 19.
- [14] Hruday, S.E., and Hruday, E.J. (2007). Published Case Studies of Waterborne Disease Outbreaks-evidence of a Recurrent Threat. *Water Environ Res*. **79**: 233-245.
- [15] Ibe, S.N and Okplenye, J. I. (2005). Bacteriological analysis of bore-hole water in Uli, Nigeria. *African Journal of Applied Zoology of Environmental Biology*. **7**: 116-119.
- [16] Jones, A.K., Majowicz, S.E., Edge V.L., Thomas M.K. and MacDougall L. (2007). Drinking water consumption patterns in British Columbia: an investigation of associations with demographic factors and acute gastrointestinal illness. *Sci. Total Environ*.**338**: 54-65.
- [17] Madema, G.J., Payment, P., Dufour, A., Robertson, W., Waite. M., Hunter, P., Kirby, R., and Anderson, Y. (2003). Safe Drinking Water: An Ongoing Challenge. WHO, IWA Publishing UK. PP. 11-13.
- [18] Marshall, J.K., M. Thabane, A.X Garg, W.F. Clark, M. Salvadori and S.M. Collins, (2006). The Walkerton health study investigators: Incidence and epidemiology of irritable bowel syndrome after a large waterborne outbreak of bacterial dysentery. *Gastroenterology*. **131**: 445-450.
- [19] Mills-Robertson, F., Crupper, S., Addy, M. and Mensah, P. (2003), Antibiotic resistance and genotyping of clinical group B *Salmonella* isolated in Accra, Ghana. *Journal of Applied Microbiology* **94**: 289-294.
- [20] Mishra, R. P., Joshi, S. R. and Panicker, P. V. R. C. (1968). An evaluation of the standard biochemical and elevated temperature tests for differentiating faecal and non-faecal coliforms. *Water Res*. **2**:575-585.
- [21] Oyedeji, O., Olutiola, P.O., and Moninuola, M. A., (2010). Microbiological quality of packaged drinking water brands marketed in Ibadan metropolis and Ile-ife city in South Western Nigeria. *African Journal of Microbiology Research*. **4(1)**: 096-102.
- [22] Paul R. H. (2003). Drinking water and diarrhoeal disease due to *Escherichia coli*. School of Medicine, Health Policy and Practice, University of East Anglia, Norwich NR4 7TJ, UK. IWA Publishing . *Journal of Water and Health*. **1(2)**: 65-73.

- [23] Pelczar, M.J, Chan, E.C.S and Krieg,N. R. (1993). Microbiology; Concept and Application. 1st Edn. McGraw Hill Publishing Companies Inc, New York. PP. 709, 821-823.
- [24] Prescott, L. M., Harley, J.P., and Klein, D.A., (2008). Microbiology 8th ed. McGraw Hill Company Inc, New York. PP. 650-661,987-994.
- [25] Prüss, A., Kay, D., Fewtrell, L., and Bartram, J. (2002). Estimating the burden of disease from water, sanitation and hygiene at a global level. *Environmental Health Perspectives*. **110(5)**: 537-542.
- [26] Reynold, K.A., Mena, K.D. and Gerba, C.P. (2007). Risk of waterborne illness via drinking water in the United States. *Rev. Environ. Contam. Toxicol*. **192**: 117-158.
- [27] Robertson, W., Stanfield, G., Howard, G., and Bartram, J. (2003). Monitoring The Quality of Drinking water During Storage and Distribution. OECD, WHO, IWA Publishing UK. PP 184-186.
- [28] Scott, T.M, Salina, P., Porter, K.M, Rose,J.B, Tamplin, M.L, Farrah, S.R, Koo, A and Lukasik, J. (2003).Geographical variation in ribotype profile of Escherichia coli isolates from human, swim, poultry, beef and dairy cattle in Florida. *Applied Environment Microbiol*. **69**: 1089- 1092.
- [29] Sevanan M., Pongiya U. D., and Peedikayil, N. J. (2011). Antimicrobial Susceptibility Pattern of Biofilm Producing *Escherichia coli* of Urinary Tract Infections. *Current Research in Bacteriology*. **4**: 73-80.
- [30] Sonu, G., S. Rajesh, S.R. Mazta, B. Pardeep and G. Anmol. (2007). Bacteriological quality of water samples of tertiary care medical centre campus in North Western Himalayan Region of India. *Internet J. Third World Med*. **5**: 1.
- [31] Talaro, K, and Talora, A. (1996). Foundations in Microbiological. 2nd ed. Times Mirror Higher Education Group Inc. California, USA. PP 833-835.
- [32] Uchegbu, S. N. (2002). Environmental Management and Protection. 2nd Edn. Spotlite Publishers. Enugu, Nigeria. PP 140-143, 157-159.
- [33] United States of America Environmental Protection agency (USEPA) (2001). Current Drinking Water Standards. Washington, DC.
- [34] World Health Organization (WHO) (1971). Guideline for Drinking water Quality World Health Organisation, Geneva, Switzerland.
- [35] World Health Organization (WHO) (1986). International Standards for Drinking Water Quality. World Health Organization . Geneva. 1:99-120.
- [36] World Health Organization (WHO) (1993). Guidelines for Drinking Water Quality, Volumes 1: Recommendations. Geneva, Switzerland.
- [37] World Health Organization. (WHO) (2002). *Reducing the risks, Promoting healthy life*. WHO, Geneva, Switzerland.
- [38] World Health Organization (WHO) and Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2003). Assessing Microbial Safety of Drinking Water: *Improving Approaches and Methods*. WHO, OECD, IWA Publishing, London, United Kingdom.
- [39] World Health Organization. (WHO) (2005). Waterborne Disease is World leading Killer. WHO Geneva, Switzerland.

