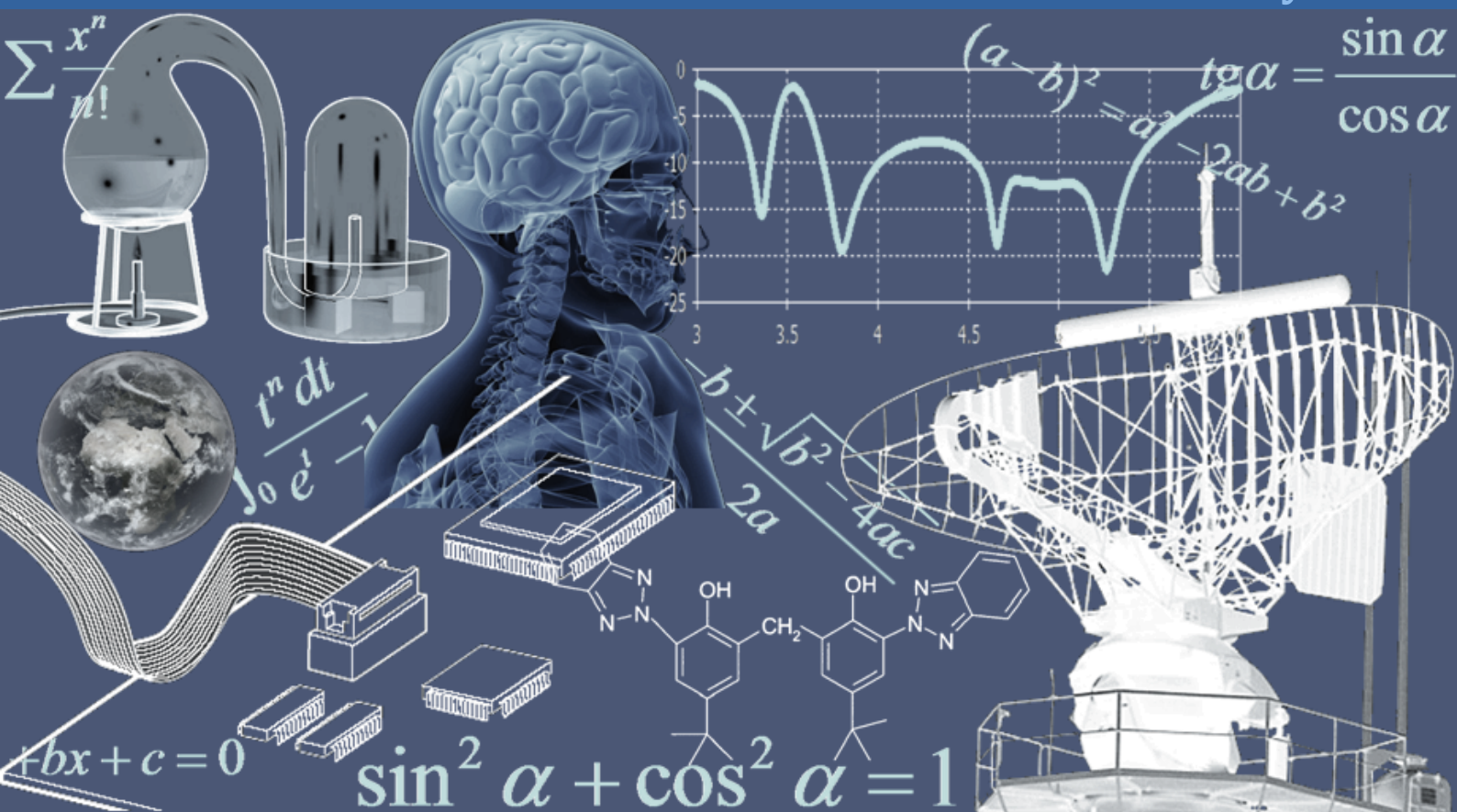


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 14 N. 3 February 2016



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Applied Studies

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

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

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

Accepted papers are available freely with online full-text content upon receiving the final versions, and will be indexed at major academic databases.

Table of Contents

GEOSPATIAL ANALYSIS OF GLACIAL HAZARD PRONE AREAS OF SHIGAR AND SHAYOK BASINS	623-644
Les remontées capillaires et la dégradation du rempart de Sidi Baba (Médina de Meknès)	645-652
Etude Hydrogéologique préliminaire de la zone des flyschs à l'Ouest de Tétouan (Maroc)	653-667
Régime et éthologie alimentaires de <i>Pseudolithus elongatus</i> (Bowdich, 1825) de la lagune Ebrié, Côte d'Ivoire	668-676
INFLUENCE OF INTIMATE PARTNER VIOLENCE (IPV) ON WOMEN'S PRODUCTIVE WORK IN THE INFORMAL SECTOR IN NAKURU MUNICIPALITY, KENYA	677-687
Etat du compactage réalisé dans la décharge publique de Tanger et son impact sur la durée de l'exploitation	688-696
Etude géotechnique et contrôle de stabilité du port de Mushimbakye et de ses environs à Baraka, en territoire de Fizi, Sud-Kivu, RD Congo	697-708
ETUDE FLORISTIQUE, PHYTOGEOGRAPHIQUE ET PHYTOSOCIOLOGIQUE DE LA VEGETATION DU PARC NATIONAL DE LA SALONGA (BAS-KASAI – RDC) (SYNTHESE)	709-720
Régime et éthologie alimentaires de <i>Heterotis niloticus</i> (Cuvier, 1829) dans la rivière Agnéby	721-732
First data on reproductive biology of <i>Macrobrachium macrobrachion</i> (Palaemonidae Decapoda), from River Bandama (Côte d'Ivoire)	733-743
Evaluation de la contamination des tubercules de manioc (<i>Manihot esculenta</i> Crantz) par les pesticides dans la zone cotonnière de Djidja (Bénin)	744-749
Evaluation on growth and meat production performances of four different crosses of chicken in Bangladesh	750-757
Modélisation hydrodynamique de la nappe alluviale de Rich (Haut Atlas central, Maroc)	758-767
L'université Senghor à Alexandrie: une université sans tabac?	768-778
Evaluation de l'impact de stress hydriques sur la croissance et le rendement du mil (<i>Pennisetum glaucum</i> (L.) R. Br.) pour deux conditions de fertilisation azotée dans un environnement tropical semi-aride	779-789
Performance improvement of mobile cloud by implementing a scheduler software layer	790-794
Implementation a dynamic security in the Cloud computing environment	795-800
The hospital accreditation program in Morocco after 5 years of launch	801-806
Adaptation and use of <i>Chlorella</i> sp. for landfill leachate treatment	807-816
Design and Performance Analysis of 1 bit Full Adder in Subthreshold Region using 45nm Technology	817-823
Le système fiscal marocain : une contrainte majeure à l'équilibre des finances publiques	824-842
NOTE PRELIMINAIRE SUR L'ECOLOGIE D'UNE ASPARAGACEAE ENDEMIQUE DU BASSIN DU CONGO	843-849
THE IMPACT OF THE BAN OF CORPORAL PUNISHMENT ON STUDENTS' DISCIPLINE IN SECONDARY SCHOOLS: A CASE STUDY OF BAHATI DIVISION OF NAKURU DISTRICT	850-862
Evaluation de la charge polluante des lixiviats de la décharge contrôlée de la ville d'Essaouira (MAROC)	863-874
Effect of Store Branding on the Brands Sales Performance of Consumer Goods in the Retail Stores in Nakuru Town, Kenya	875-885

GEOSPATIAL ANALYSIS OF GLACIAL HAZARD PRONE AREAS OF SHIGAR AND SHAYOK BASINS

Syed Naseem Abbas Gilany and Javed Iqbal

Institute of Geographical Information System,
National University of Science and Technology,
Islamabad, Pakistan

Copyright © 2016 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 glaciers of the Hindukush-Karakoram-Himalayan (HKH) region consist of a huge amount of perpetual snow and ice. These glaciers are retreating in the face of accelerating global warming. Assessment of glacial hazard is carried out in this research using Satellite and Topographic data.

About 5,218 large and small glaciers cover a glaciated area of 15,040 km² and ice reserves of 2,738 km³. The Shayok, Hunza and Shigar basins contain the major part (83%) of ice reserves.

This research presents the glacial hazard computations of largest glaciers of Pakistan. The results computed through study are compared with mathematical model of ice reserves and ice thickness which has supplemented their validity. The correlation of glacial hazard of these glaciers with average temperature rise of northern areas is confirmed.

The location of a site, snow cover/ melting behavior of the glacier, slope/ aspect of glacier, geo-morphology of the rocks and glacier dynamics are taken as indicators of disasters in the form of avalanches, snow/ land slide and glacier breakdown in the form of debris along with rock material.

The percentage degree of risk of glacial hazard is computed, which indicates that three out of world's seven largest glaciers have experienced degradation / volume loss over the years subjected to host of factors including anthropogenic activities.

For analysis, various methods of image classification in visible and thermal bands are used. The DEM is incorporated to detect the indicators of hazard as slope, orientation and glacier mass balance of the glaciers overlooking the settlements. The results show that settlements are found threatened by disastrous events of glacial activity which is further reconfirmed during the field visits.

KEYWORDS: Global Warming, Glacial Hazard, Settlements, Anthropogenic, Geo-morphology.

1 INTRODUCTION

GENERAL

The glaciers are nature's renewable storehouse of fresh water that benefits hundreds of millions of people downstream. The glaciers of the Hindukush - Karakorum - Himalaya (HKH) region, however, are retreating in the face of accelerated global warming since the second half of the 20th century and have contributed to the formation of many glacial lakes on the recent glacier terminus (Mool et al., 2001).

The total geographic area of northern Pakistan is about 128,730 km². Altogether 5,218 glaciers were identified which cover a total glaciated area of about 15,040 km² (about 11.7% of the total geographic area of the basins). These glaciers contribute total ice reserves of about 2,738 km³. The Shayok, Hunza and Shigar basins contain the major part (about 83%) of these ice reserves. In this research, the areas of interest are located in Shayok and Shigar basins.

PURPOSE OF RESEARCH / JUSTIFICATION

The northern and western parts of Pakistan are mountainous regions, where all the land is in the form of rugged terrain including mountains and hills. Generally, the northern mountainous slopes are steep and the region is vulnerable to landslide and river erosion due to great elevation differences, and fragile geological conditions. In general, snow clad line is found above 5,300 meters above sea level. The glaciers, some of which consist of a huge amount of perpetual snow and ice, are found to retreat at a faster pace than ever during the last 50 years. In Pakistan these glaciers are the sources of the headwaters of Indus River, thus are a precious natural asset for the country.

GEOMORPHOLOGY

High mountains of Pakistan comprise the western end of 2,400 km long Himalayan range and some parts in the Hindukush and Karakoram ranges. Northern areas spread over 72,496 km² with a midst towering snow-clad peaks having heights varying from nearly 1,000 to over 8,000 meters above sea level. Of the 14 over 8,000 m peaks on earth, 4 occupy an amphitheater at the head of Baltoro glacier in the Karakoram Range. These are: K-2 (Mount Godwin Austen) which is 8,611 m and is world second highest peak, Gasherbrum-I (8,068 m), Broad Peak (8,047 m) and Gasherbrum II (8,035 m). In addition to these, there are 68 peaks over 7,000 m and hundreds which are over 6,000 m high. Generally, because of their rugged topography and the rigors of the climate, the northern highlands and the Himalayas to the east have been formidable barriers to movement into Pakistan throughout history.

CLIMATE

Pakistan is basically a dry country of the warm temperate zone. The climate of the area is transitional between that of central Asia and the monsoonal region of south Asia, which varies considerably with latitude, altitude, aspect and local relief. There is not only high spatial variability but temporal variability is quite high as well. Except for a small strip of sub-tropical terrain in Punjab and the wet zone on the southern slopes of the Himalayan and Karakoram mountain ranges, most of the country is arid or semi-arid steppe land. The snowmelt run-off constitutes a substantial part of water resources of the rivers of Pakistan.

The Indus River, primarily supplied by glaciers in its upper reaches, and subject to the least seasonal variation, still has a maximum flow more than fifty times its minimum. Alpine glaciers contribute 50 % of the Indus water flow. The Indus River is about 2,800 km long and 62% of its catchment lies in Pakistan (Shafique and Skogerboe, 1984). The swelling of Indus and its tributaries is subjected to volumetric decrease of glaciers and if coupled with heavy monsoonal rains, can cause floods during summer.

HYDROMETEOROLOGY

The hydrometeorological cycle forms a link between two great natural reservoirs, the snow and glaciers in the mountains and the groundwater contained in the aquifers in the plains of Pakistan.

- a. **Glaciated River Basins of Pakistan.** For hydrological studies, Pakistan's northern area is divided into 10 major river basins (Figure 1.1). Clockwise from west, these basins are of Swat River, Chitral River, Gilgit River, Hunza River, Shigar River, Shayok River, Indus River, Shingo River, Astor River, and the Jhelum River. Most of the snow and ice reserves are concentrated in the mountain ranges lying in these basins. These river basins contain glaciated part of northern Pakistan, which forms headwaters of the main Indus basin.



Figure 1.1: Glaciated river basins of northern Pakistan.

b. Shigar River Basin

- (1) Shigar River is a small right bank tributary of the Indus River. This river rises from the Hispar glacier at the base of the Haramosh and Kanjut Sar peaks in Shigar valley. Thereafter it flows towards the southeast and joins the Indus at Skardu. The Shigar River drains parts of Haramosh range and Masherbrum range in the northeast of the country. The river fed by melting water of large glaciers, joins the main Indus River near Skardu. In the east of the basin there is a tributary named Bro River entering into the Shigar River.
- (2) An important tributary of the Shigar River rises from the Baltoro glacier at the base of the Masherbrum peak and flows westwards to join the main channel of the Shigar in its middle course. Thus the Shigar system drains the meltwaters of two of the most important glaciers (Baltoro and Biafo) of the Karakoram Range. This river descends along a very steep gradient. Its entire catchment has been influenced by the action of glaciers. The valley is deep in its upper reaches but widens near its mouth. A small river island has formed at the junction of the main stream with the tributary draining the Baltoro glacier. The catchment area of this river is virtually devoid of a vegetative cover due to its high altitude and scarcity of rainfall moreover the human habitation is sparse.
- (3) Shigar Valley, 32 km from Skardu is watered by the Shigar River. It forms the gateway to the great mountain peaks of the Karakoram, including K-2.

c. Shayok River Basin

The Shayok River is bounded with Jammu and Kashmir disputed Territory in south, China in northeast and Shigar and Indus River basins in the west. The elevation in the basin varies from more than 2,500 masl to more than 7,700 masl.

There are 372 glaciers which contribute to a vast glacier area of about 3,548 sq. km. Though the Valley glaciers are only 14 % of the total number, they contribute more than 82 % to the glacier area. This high contribution is mainly due to larger area of the individual glaciers. Some of the important Valley glaciers shown in include Siachen, Kondus, Bilafond, Chogolisa, Ghandogoro and Masherbrum.

The glacier area of the basin contributes to about 892 km³ of the total ice reserves of the basin. Again the major source of this huge ice reserve is the Valley glaciers which contribute more than 94%.

Aspect wise the basin has been divided into various ordinal directions. Glaciers are oriented towards NE (29%), NW (24%) and E (18%) but are absent on the western aspects.

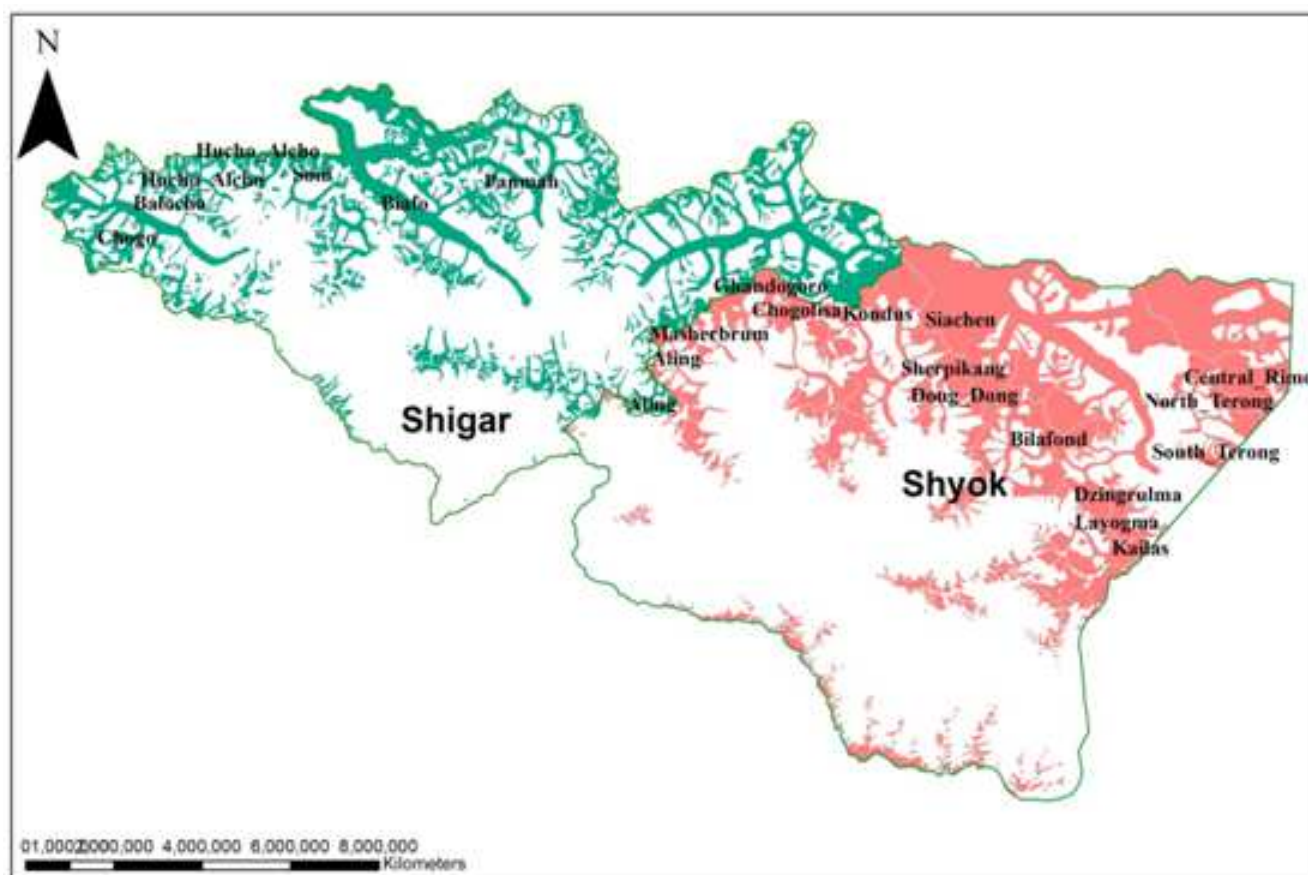


Figure 1.2: The distribution of glaciers in Shigar and Shayok basins.

The northern Pakistan has some of the longest glaciers outside polar region like Siachen (76 km), Hispar (61 km), Biafo (62 km), Baltoro (59 km), Batura (64 km), Yenguta (35 km), Chiantar (34 km), Trich (29 km) and Atrak (28 km). Three out of seven world's largest glaciers are present in the northern areas of Pakistan making its geographic location prime in the region.

STATEMENT OF THE PROBLEM

The melting ice is a manifest of global warming. Alpine Glaciers are subjected to the climate change, which is a consequence of terrestrial heat flux. This research has resulted in determination of Glacial Hazard in Shigar and Shayok basins in relation with temperature rise in northern areas and rise in anthropogenic activities.

OBJECTIVES OF RESEARCH

The prime objective of this study is to assess the glacial hazard of glaciers of Pakistan. The secondary objectives are as following:

- a. Identification of hazard prone areas in Shigar and Shayok basins pertaining to glacial activity for declaration of high risk areas by formulation of Risk Index (%).
- b. Estimation of three major glaciers depletion.
- c. Correlation of snow coverage depletion with average annual temperature rise in northern areas of Pakistan.
- d. GIS based identification of suitable alternate locations keeping in view the qualitative risk mitigation.

SCOPE OF STUDY

Indeed, attempt has been made to document the glaciers depletion of northern Pakistan in the past but with traditional survey methods. In recent times, the dynamics of land cover and particularly climatic change in the area requires a more powerful and sophisticated system such as GIS and remote sensing data which provides a general extensive synoptic coverage of large areas than the traditional survey methods. Remote sensing is helpful in providing up-to-date information and GIS assists in marking spatial distributions and its management. Spatial distribution of glaciers depletion is now possible with high spatial, spectral and temporal resolution image giving fairly accurate results.

2 LITERATURE REVIEW

GENERAL

Earth surface is unique in characteristics it possesses in the form of land cover. Generally, the northern hemisphere has warmed to a greater extent than the southern hemisphere, and mid to high latitudes have generally warmed more than the tropics. Alpine glaciers are subjected to heat flux thus causing them to melt.

The warming of the atmosphere caused by increases in greenhouse gases is melting glaciers. Crests of the high ranges in the Karakoram–Himalayan region are largely snow bound. The Karakoram has greater ice and snow cover (27 to 37%) than any other mountain system outside the polar region (Wissman, 1959).

GLACIOLOGICAL COMPLEX

The Karakoram-Himalayan region lies in an environment that is glaciological complex with high altitude source areas (above 4,500 m) having permafrost and annual precipitation in excess of 2,000 mm (Khan, 1994). The Karakoram alpine glaciers are amongst the steepest in the world and they extend through a wide range of climatic environments. Most of the precipitation is not derived from the Indian monsoon but from depressions moving in from the west during the spring and summer. However, occasional monsoon disturbances do succeed in extending sufficiently far north so as to enter the area. Under such circumstances the precipitation levels increases substantially.

GLACIER'S VELOCITY AND FLUCTUATIONS

Due to great thickness of ice, the deeper parts of the glaciers are at or close to 0 °C and they behave like temperate glaciers (Hewitt, 1998). Owing to relatively high activity indices, these glaciers have relatively high flow rates ranging from 100 to 1,000 m/yr (Goudie et al., 1984). Velocities of some of the selected glaciers of Karakoram are shown in Table 2.1. Historical record of glacier fluctuations in the Himalayas and the Karakoram indicate that in the late nineteenth century the glaciers were generally advancing followed by predominant retreat (Goudie et al., 1984).

Glaciers	Length (km)	Velocity (m/yr)
Baltoro	59	300
Siachen	76	1,000
Biafo	62	19

Table 2.1: Published estimated lengths and velocities of Baltoro, Biafo and Siachen glaciers. The length data is of year 1998 and the velocities are yearly average (Hewitt, 1998).

GLACIAL SURGES AND CLIMATE CHANGE

Five confirmed and three other possible glacial surges in Karakoram have occurred in the past decade (Hewitt, 1998), possibly indicating sensitive response to climate change. Winter storms dominate glacier nourishment at present. However, nearly one third of the high-elevation snow accumulation which has been measured occurs in summer (Hewitt, 1990). Moreover the general patterns of advance and retreat in the region relate to changing vigor of the summer monsoon. This seems to be a further reason to give more attention to surging glaciers as the glaciers fluctuation is subjected to terrestrial heat flux.

SIACHEN GLACIER

The Siachen is the biggest valley glacier of this basin having an area of 1,056 sq. km followed by glacier having an area of more than 323 sq. km. The total length covered by the Valley glaciers is more than 500 km. The maximum length recorded for the Siachen glacier is 76.6 km. Since the inception of anthropogenic activities the Siachen glacier is showing abnormal behaviour. The Siachen glacier is subjected to 2 km retreat during the last two decades which is the max retreat in the vicinity.

The Siachen glacier is having following characteristics:-

Parameters	Value
LENGTH	76641 m
ASPECT	SE
AREA	1056.42 (Km) ²
THICKNESS	418.35 m
RESERVE	441.96 (Km) ³
LAT	35°33'27.83" N
LONG	76°54'29.49" E

Table 2.2: Parameters of Siachen glacier situated in Shayok river basin.



Figure 2.1: Siachen glacier retreat (2 km in 2 decades).

HYDROLOGY

The Karakoram and Himalayan mountains form the main source of snow and ice melt runoff to the Indus River System. The precipitation enhancing and shadowing effects of the main mountain ranges provide dramatic contrasts that greatly complicate the hydrological picture. Snowmelt predominates the south of the Himalayan crest. The Indus and its tributaries form the main drainage in the Karakoram-high Himalayan region. East to west, its main tributaries are Shayok, Shigar, Hunza, Astor, Gilgit, Ishkuman, Yasin, Ghizer, Yarkhun, Rich Gol, Arkari, Kunar, Panjkora, and Swat rivers which are fed from these glaciated basins.

3 MATERIALS AND METHODS

GENERAL

The basic materials required for the compilation of glacial hazard assessment of glaciers are high quality topographic maps and temporal high resolution satellite data. The remote sensing data of land observation satellites e.g. LandSat, SPOT, and ASTER is used for the temporal analysis of glaciers and the identification of potentially dangerous depletion. A combination of digital satellite data and the Digital Elevation Model (DEM) of the area is used for better and more accurate results for the computation of glacial hazard assessment of glaciers.

Earth's ice cover is changing dramatically. Shrinking ice cover is a clear sign of global warming (Mare, 1997). Global ice melting accelerated during the 1990s, which was also the warmest decade on record. Ice is melting both at sea and on land, with shrinking mountain glaciers and thawing permafrost.

Ice is melting at a dramatic pace. Pakistan too is confronted with this problem. Three of the world's seven longest glaciers outside the Polar Regions are located in Pakistan (Figure 3.1) namely Biafo Glacier, Baltoro Glacier and Siachen Glacier which spread over an area of 72,496 km² and are reported to be melting fast.

This research is restricted to Siachen glacier out of Shayok river basin and Baltoro and Biafo glaciers out of Shigar river basin of northern areas of Pakistan. The area is bounded by:

- Shigar river basin 75° to 77° E Long and 35° to 36° N Lat
- Shayok river basin 75° to 77° E Long and 34° to 35° N Lat



Figure 3.1: Distribution of glaciers in river basins of northern Pakistan.

DATA SETS

Following data set is used for the purpose of this research:-

- SPOT Images of Baltoro, Biafo and Siachen glaciers of northern Pakistan within the time span of last decades obtained from SUPARCO.
- ASTER multispectral Images of Shayok and Shigar basins of northern Pakistan within the time span of last decades.
- Digital elevation models of Baltoro, Biafo and Siachen glaciers from SRTM data of year 2000, latest release of ASTER GDEM and topographic maps of Survey of Pakistan.
- Meteorological data including average annual temperature record of northern areas of Pakistan during the last decades obtained from Pakistan meteorological department.
- Geomorphologic data of northern areas of Pakistan obtained from geological Survey of Pakistan.

TOPOGRAPHIC MAPS

The glaciers are mostly concentrated in the north. The river basin boundary and spatial distribution of glaciers is identified from the satellite images and supplemented with the available topographic maps at scale of **1:250,000**. The topographic maps (42L, P, 43M, 52A) are the map series of the 1990 published by the Survey of Pakistan. These topographic maps are based on aerial photographs, field surveys at various times, and verification through large-scale topographic sheets.

SATELLITE IMAGE

The remote sensing data of LandSat, SPOT and ASTER is used for the spectral differentiation / delineating the boundary of the glaciers. The image data are in digital format and have a pixel size of 30 m and 15 m respectively for analysis of the Baltoro, Biafo and Siachen glaciers out of the two river basins Shayok and Shigar of northern areas.

SOFTWARE

- a. ERDAS IMAGINE.
- b. ArcGIS.
- c. Land Serf.
- d. Global Mapper.
- e. ENVI.
- f. S-Plus.

DIGITAL ELEVATION MODEL

Digital Elevation model (DEM) of study area having 30m resolution generated from both the contours of topographic sheets of Survey of Pakistan and the SRTM data down loaded is utilized for obtaining the slope, aspect and elevation information.

MEAN GLACIER THICKNESS AND ICE RESERVE

All perennial snow and ice masses are observed for the research. Measurements of glacier dimensions are undertaken with respect to carefully delineated drainage area for each 'ice stream'. Tributaries are included in main streams when they are not separable from one another. If no flow takes place between separate parts of a continuous ice mass, they are treated as separate units.

The data based on different geophysical techniques available for the measurement of glacial ice thickness in the northern parts of Pakistan is available for only selected glaciers. To supplement the research results the mathematical model of ice thickness and ice reserves is incorporated. The relationship between ice thickness (H in m) and glacial area (F in km²) is obtained there as:

$$H = -11.32 + 53.21 F^{0.3}$$

This formula is used to estimate the mean ice thickness of the glaciers in meters. The ice reserves are estimated in km³ by multiplying mean ice thickness by the glacial area. The volume of the glaciers is calculated using Digital Elevation Models of both times datasets by keeping the minimum elevation as threshold for plane height.

The orientation of accumulation and ablation areas is represented in eight cardinal directions (N, NE, E, SE, S, SW, W, and NW). The glaciers identified and mapped in the satellite images are also mapped in the available topographic maps, therefore in this research the elevation of the glaciers is considered for both the datasets involving the contours of topographic sheets (1990) and point data of SRTM (2000).

IMAGE PROCESSING

The LandSat, SPOT and ASTER images are acquired from SUPARCO, after georeferencing the desired Area of Interest (AOI) is extracted. Moreover the topographic maps are scanned and after georeferencing, all are digitized to get GIS layers for analysis.

- a. The Sat images are processed and georeferenced.
- b. Aspect and Slope maps are generated using height information extracted through DEMs.
- c. Identification of Glaciers, GLOFs and Glacial hazard areas are carried out through geospatial analysis.

METHODOLOGY

The study and acquisition of literature, topographic maps and satellite images for capturing the digital data of glaciers are carried out in first phase. Thereafter from maps and SRTM data the digital elevation models are generated for analysis of

volumetric decrease / depletion of Baltoro, Biafo and Siachen glaciers in order to assess the glacial hazard in Shiger and Shayok basins. Finally the correlation with anthropogenic activities in this vicinity of northern areas for computation of glacial hazard to the settlements are carried out. The methodology adopted in this research is shown in a flow chart (Figure 3.2).

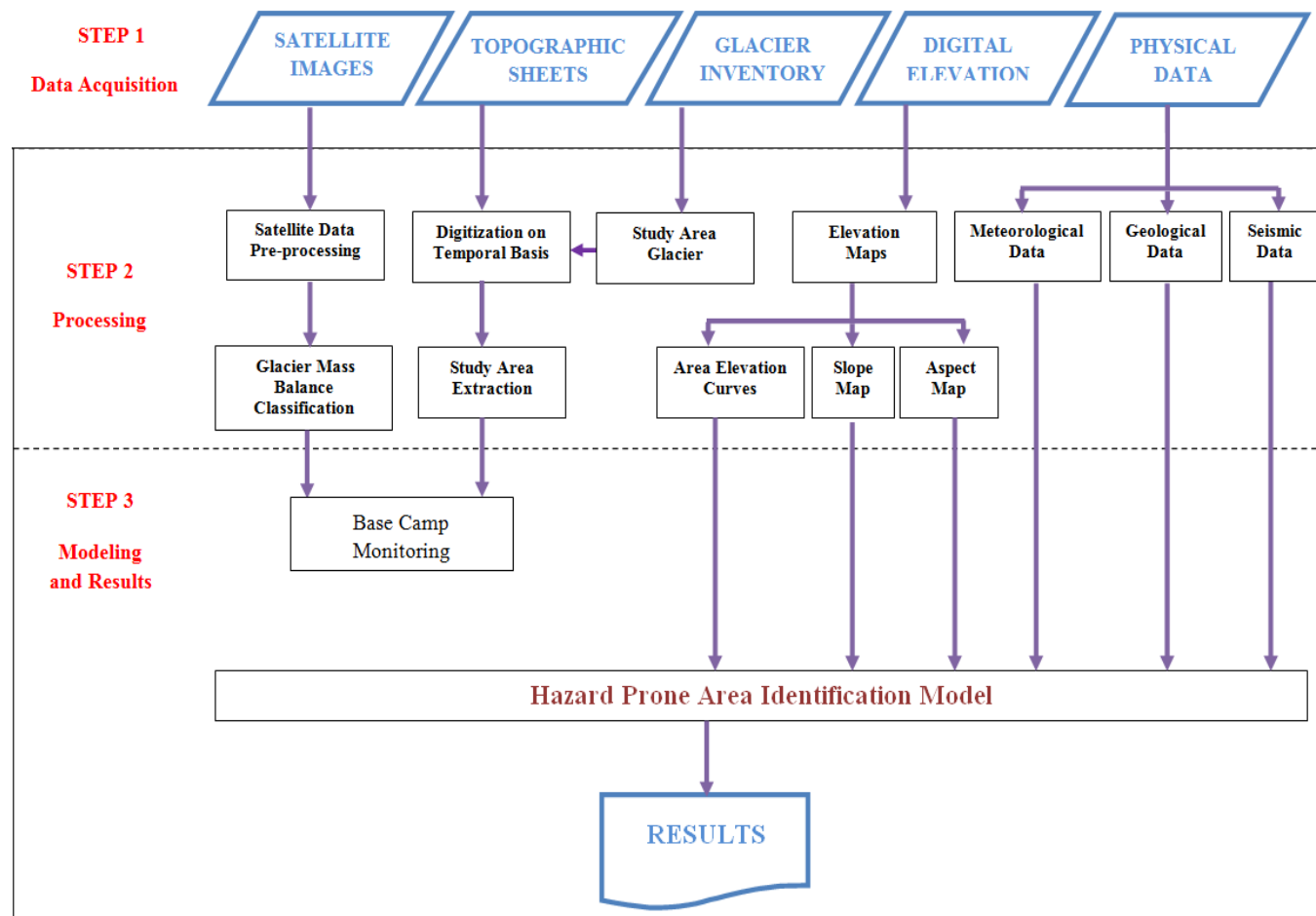


Figure 3.2: Methodological flow chart of geospatial analysis of glacial hazard

4 RESULTS AND DISCUSSIONS

GENERAL

The objectives of this research form the basis of all the analysis carried out in this chapter. The results are presented in the form of maps, charts, statistical tables and discussed appropriately. These include depletion of the important glaciers of northern Pakistan during last decades, spatial distribution of the glaciated areas, and correlation with anthropogenic activities in northern areas of Pakistan to map the glacial hazard extents.

Alpine glaciers are generally situated at middle latitude regions of the globe. During most of the summer season, high flows in the Indus River system are due to snow and ice melt of alpine glaciers in the Himalyas. The snow and ice cover of the upper Indus River basin undergoes large spatial as well as temporal variations. The glaciers in Karakoram region are high activity glaciers and have some of the steepest gradients in the world.

The figure 4.1 shows the annual rate of change in the ice elevation over the Northern areas. Majority of the Glaciers in Northern areas are with negative thickness change especially at the tongues of the glaciers.

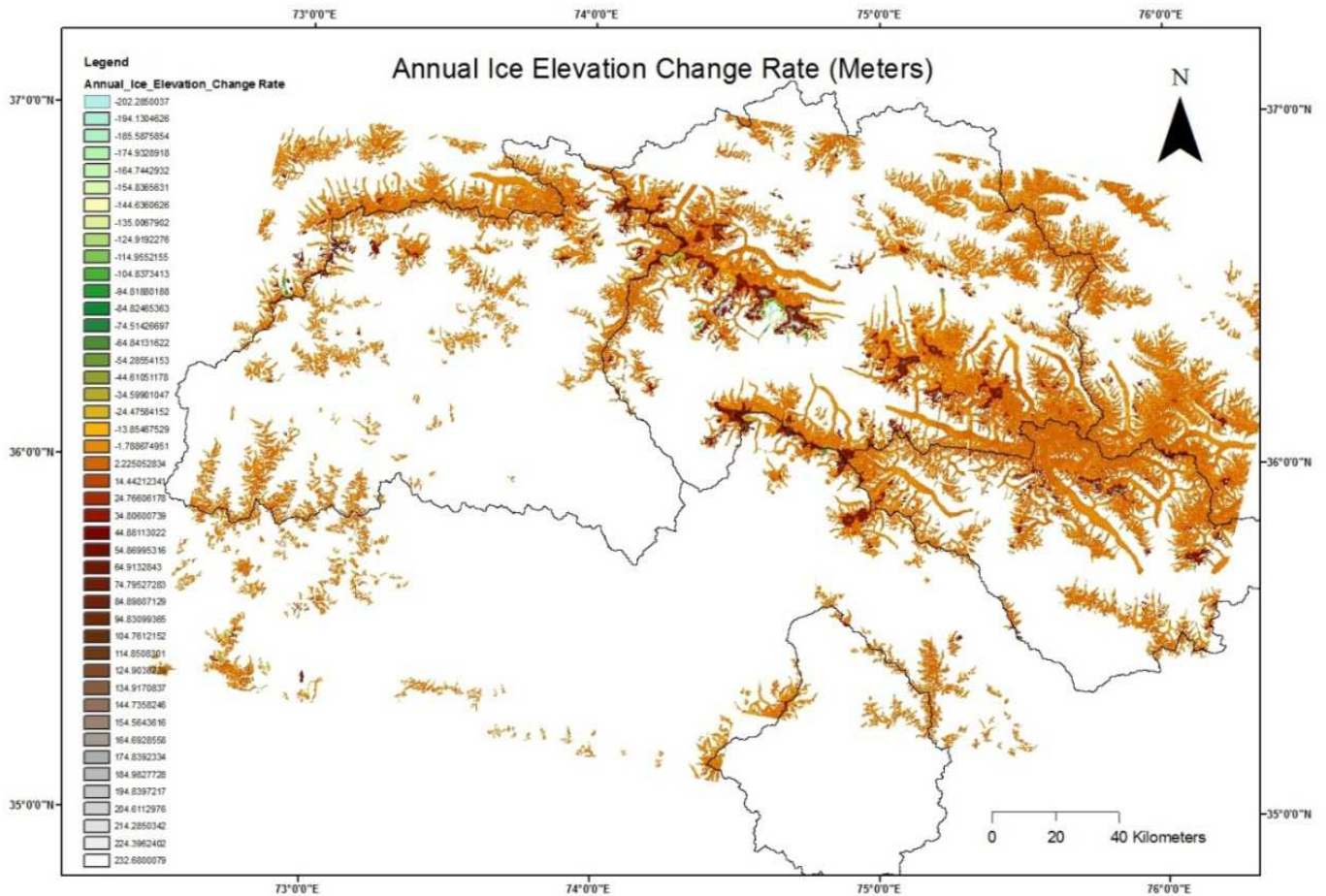


Figure 4.1: Annual ice elevation change rate of glaciers of northern areas.

HAZARD PRONE AREAS IDENTIFICATION

High risk areas are identified in Shigar and Shayok basins where settlements are exposed to:-

- Land slides
- Avalanches
- Flash flooding (Glacial Lake Outburst Floods)
- Climatic conditions
- Snow storms

These risks are being faced by the spatial locations of settlements, various installations as well as the surrounding areas. Slope and Aspect of various glaciers as well as the surrounding areas (both snow and ice covered peaks and valleys) owing to their exposure to solar radiations, snow accumulation, ice accumulation and formation of crevices in ice, conversion of ice into debris especially in lower peaks of the mountains, formation of glacial lakes and water bodies in glaciated areas due to changing climatic conditions together with anthropogenic activities and lastly the geomorphologic features are the host of factors contributing towards glacial hazard.

GLACIAL HAZARD ANALYSIS

Glaciers experience a substantial retreat and the duration of snow cover is expected to decrease substantially for each °C of temperature increase at mid elevations (Bundesministerium, 2003).

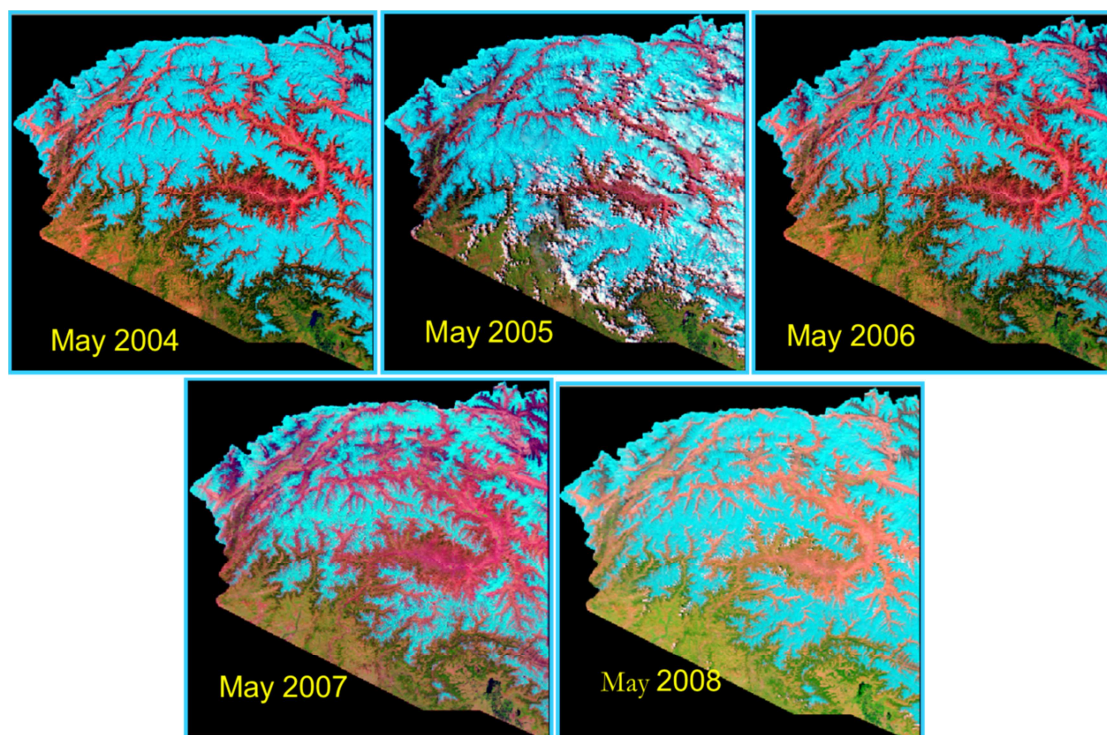


Figure 4.2: Depletion of glaciers in Pakistan from 2004 – 2008.

Glaciers suffer a further volume reduction. Glacier retreat is expected to enhance summer flow of the alpine rivers. As they retreat, glaciers leave important masses of unstable rock material, which may contribute to debris flows. Glacial hazard prone areas in the vicinity are at high risk.

GLACIAL HAZARD RISK INDICATORS

The glacial hazard risk indicators e.g. Location, Elevation, Slope, Aspect, Retreat and Geomorphology of a particular site determine the description of risk.

Indicators	Description of Risk
Location	Location of a settlement (Glaciers with abrupt changes in melting rates are dangerous)
Elevation	Direct relation with the probability of occurrence and its magnitude
Aspect	The SE is more prone to disasters as it endures more solar radiation causing depletion
Slope	Literature shows a slope between 30 – 45 % are prone to glacial hazards such as avalanches and slides
Geomorphology	Type of underneath surface and parent material
Geo Cover	Heavily forested areas are much safer than open spaces
Crevasses	Deeper crevasses help snow/ice accumulation which may burst out in response to a slight change in parameters
Snow / Ice melting of Glacier	Glacial hazards such as GLOF (Glacial Lake Outburst Flood), avalanches, or landslides are triggered by abrupt glacial melt

Table 4.1: Glacial hazard risk indicators.

RISK INDEX

The risk Index factor is assigned based on parameters like Location, Elevation, Slope, Aspect, Retreat and Geomorphology of a particular site. The degree of threat is assigned based on these parameters. Further on the basis of calculated indicators of glacial hazard, the % degree of risk are calculated by using the following equation:-

$$\% \text{ Degree of Risk} = \frac{\text{No. of disaster indicator falling in danger criterion}}{\text{Total number of studied indicators}} \times 100$$

Qualitative Degree of Risk	Degree of Risk (%)	Parameters	Remarks	Probability
Dangerous	80-100	Location, Elevation, Slope, Aspect, Retreat, Geomorphology	Re Location	High
Very High	60-80	----	Re Adjustment	High
High	40-60	----	Continuation at High Risk	Medium
Moderate	20-40	----	Continuation at Moderate Risk	Medium
Low	0-20	----	May Cont	Low

Table 4.2: Probable outcome based on risk index.

SHAYOK RIVER BASIN

The Shayok River basin stretches over a latitudinal and longitudinal range of 34° 39' to 35° 42' and 75° 56' to 77° 27' respectively. This river basin is bounded with Jammu and Kashmir disputed Territory in south, China in northeast and Shigar and Indus River basins in the west. The elevation in the basin varies from more than 2,500 masl to more than 7,700 masl.

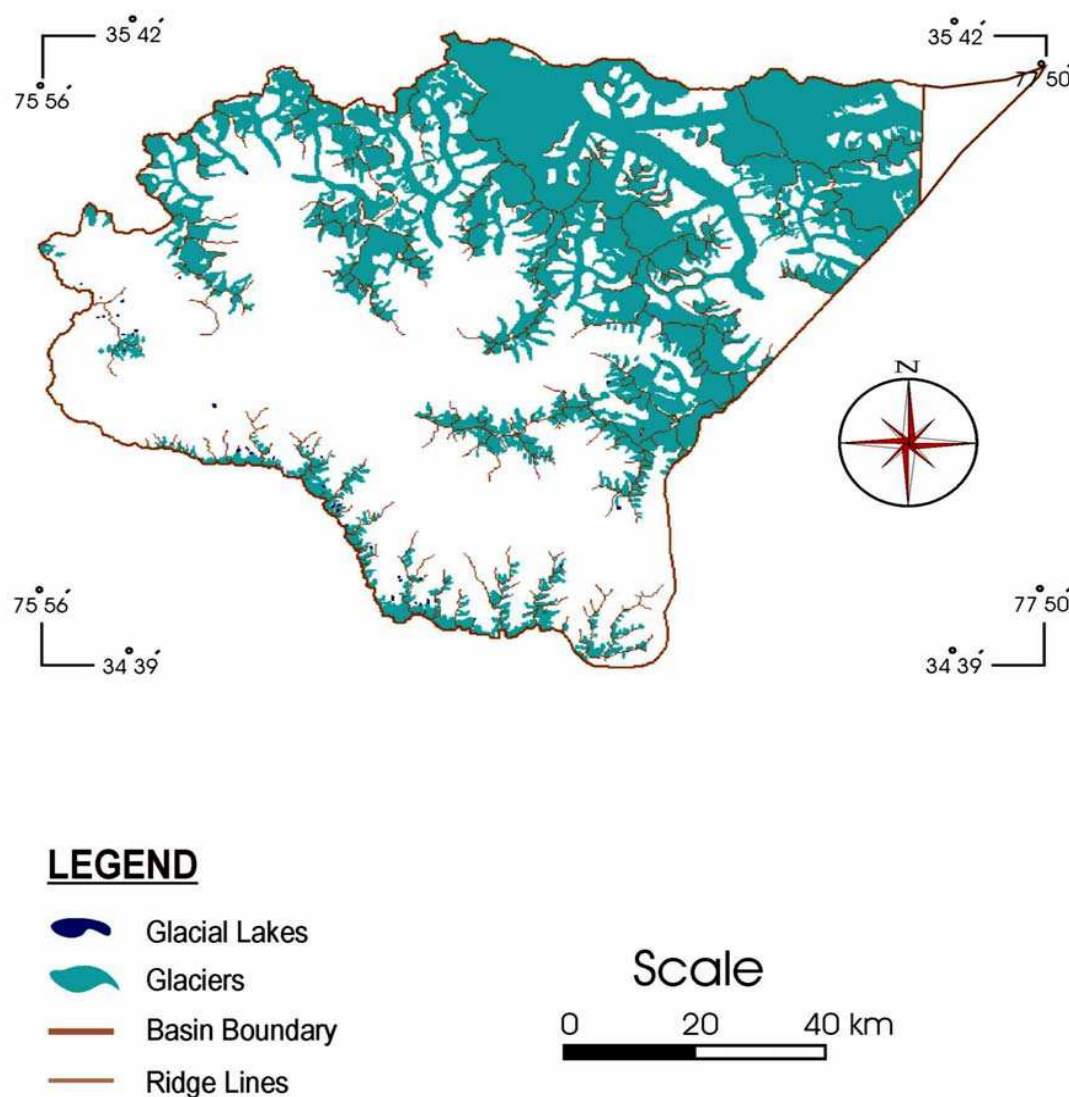


Figure 4.3 : Glaciers distribution in Shayok river basin.

The total area of the basin is about 10,235 sq. km out of which 34.67% is under the glacier cover. There are 372 glaciers in the basin out of which 86% can be classified as mountain type glacier while only 14% are the Valley glaciers. The Siachen is the biggest valley glacier of this basin having an area of 1,112 sq. km. The Bilafond glacier is a large size Valley glacier having several supra glacial lakes.

a. Aspect Wise Snow Coverage of Shayok Basin

- (1) The huge size glaciers are concentrated on NE and SE aspect of the basin. The SE and S aspects have the maximum glacier area of about 1,657 and 501 sq. km respectively owing to the fact that the larger glaciers like Siachen, Kondus, Bilafond, Ghandogoro, Masherbrum, etc. are facing to these aspects.

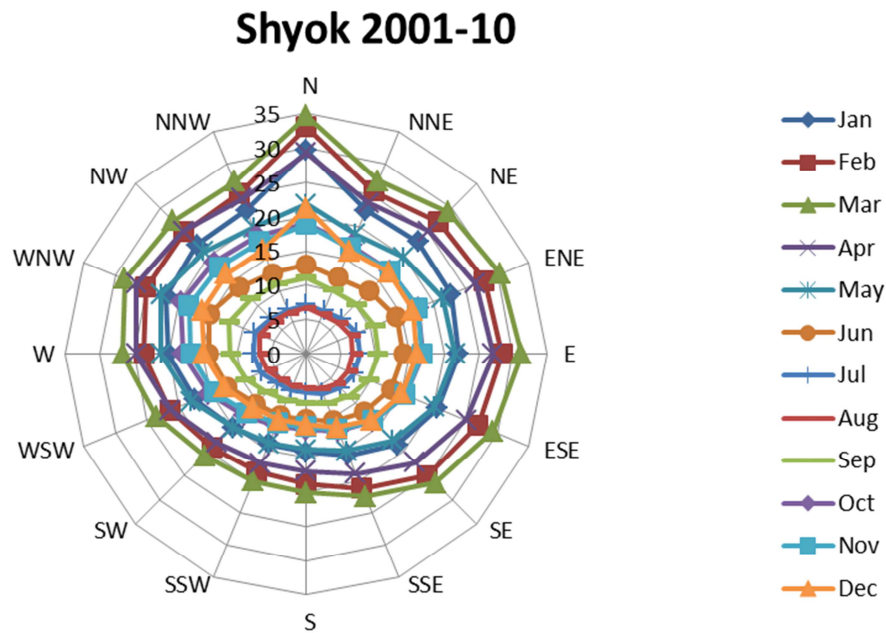


Figure 4.4: Aspect wise snow coverage in km of Shayok basin.

- (2) The above figure shows aspects zone of N has maximum snow coverage whereas zones of W to ESE have minimum snow coverage over the year. Five different seasons and the aspect-wise snow distribution in these seasons can be seen easily from the figure. Here it is clear that the aspect zones N to NE and S to SW hold greater area of the basin than other aspect zones and the other aspect zones have maximum melting activities which may cause triggering of some catastrophic event in combination with factors such as seismic activity, high temperature and anthropogenic activity.

SETTLEMENT

Settlement situated near snout of glacier at a height near 14000 ft. The location is prone to disaster from a possible glacial mass movement / debris flow. The glacier containing debris and rock fragment may prove catastrophic cause of a cloud burst.



Figure 4.5: Glacial hazard to settlement.

DETERMINATION OF GLACIAL HAZARD RISK INDEX

- a. The glacial hazard risk index are determined by aggregating the degree of risk for certain parameters like location, elevation, slope, aspect, retreat and geomorphology of a glaciated area.

- b. **Location**

The location of glacier terminus / snout approaching settlement site. Although glacier seem motionless to the observer, in reality glacier is in endless **motion** and the glacier terminus is either advancing or retreating. The location of the terminus is directly related to **glacier mass balance**, which is based on the amount of snowfall which occurs in the **accumulation zone** of a glacier, in comparison to the amount that is melted in the **ablation zone**. The position of a glacier terminus is impacted by localized / regional temperature change over time posing threat to the settlement.

- c. **Elevation**

The elevation of settlement nearest glacier makes it vulnerable. All the time it's cold at 18,000 feet and above. Globally, the prognosis for glaciers is dismal. At elevations below 14,000 feet the Himalayan Alps are melting, and that the same is true throughout the region. Antecedent, the low elevation of the glacier pose threat to the settlement site as depletion of glacier can cause catastrophic.

- d. **Aspect**

The orientation of the glacier surface with respect to incoming solar radiation, or aspect, e.g, SE which is particularly important on account of depletion, in area of Shayok alpine glaciations, i.e, on the mid latitudes. The smaller glaciers are particularly more impacted by the aspect. The sloping surface facing the sun receives much more solar radiation than if that same surface were flat. There is generally a melting of glaciers and lowered snowlines towards the southeast slopes,

thus the glacier aspect being SE to S causes a major hazard to settlement as of being more pronounced aspect to solar radiation.

e. **Slope**

Alpine glaciers are found only where snow has room to accumulate to a large enough mass. Because of this, glaciers have a preference for peaks that have wide plateau areas. Steep, precipitous peaks tend to have less of a snow cover, because the snow is unable to pile up on the steep slopes. If a highland area is dissected into many steep slopes, avalanches redistribute snow to the valleys, and glaciers are confined to these gentler slopes. The glacier having more than 30 % slope encompasses hazard of avalanche triggering. The settlements nearest glacier having their slope more than 30 % make them more prone to avalanche trigger once coupled with geothermal gradient cause of global warming.

f. **Geomorphology**

Geomorphology of the glaciers dictates the underlying **bedrock topography**. **Valley glaciers**, which provide drainage for ice fields, are also constrained by underlying topography. Ice-free exposed bedrock and slopes often surround valley glaciers, providing snow and ice from above to accumulate on the glacier via **avalanches**. The area is tectonically active as the main karakoram thrust (MKT) passes nearby. The impact of regional geodynamics and local tectonics dictate generation of glacial hazard to the settlements if nearest glaciers is posing threat of alluvial fan.

GLACIAL HAZARD RISK INDEX FOR SETTLEMENT

The degree of glacial hazard risk index of the settlement site are determined based on certain parameters as following:-

Parameters	Weight	Remarks
Location	20%	
Elevation	20%	
Aspect	20%	
Slope	20%	
Geomorphology	20%	

Table 4.3: Glacial hazard risk index for settlement site.

On the basis of the above table it are concluded that all the studied indicators of disaster fall in the dangerous criteria or otherwise. Therefore according to equation of degree of risk, the max degree of risk is as follows:-

$$\begin{aligned}\% \text{ Degree of Risk} &= 5/5 * 100 \\ &= 100\%\end{aligned}$$

SHIGAR RIVER BASIN

The Shigar River basin is situated in the latitude and longitude range of 35° 19' to 36° 07' N and 74° 53' to 76° 45' E respectively (Figure 4.6). The elevation range varies from about 2,500 m to more than 8,600 m.

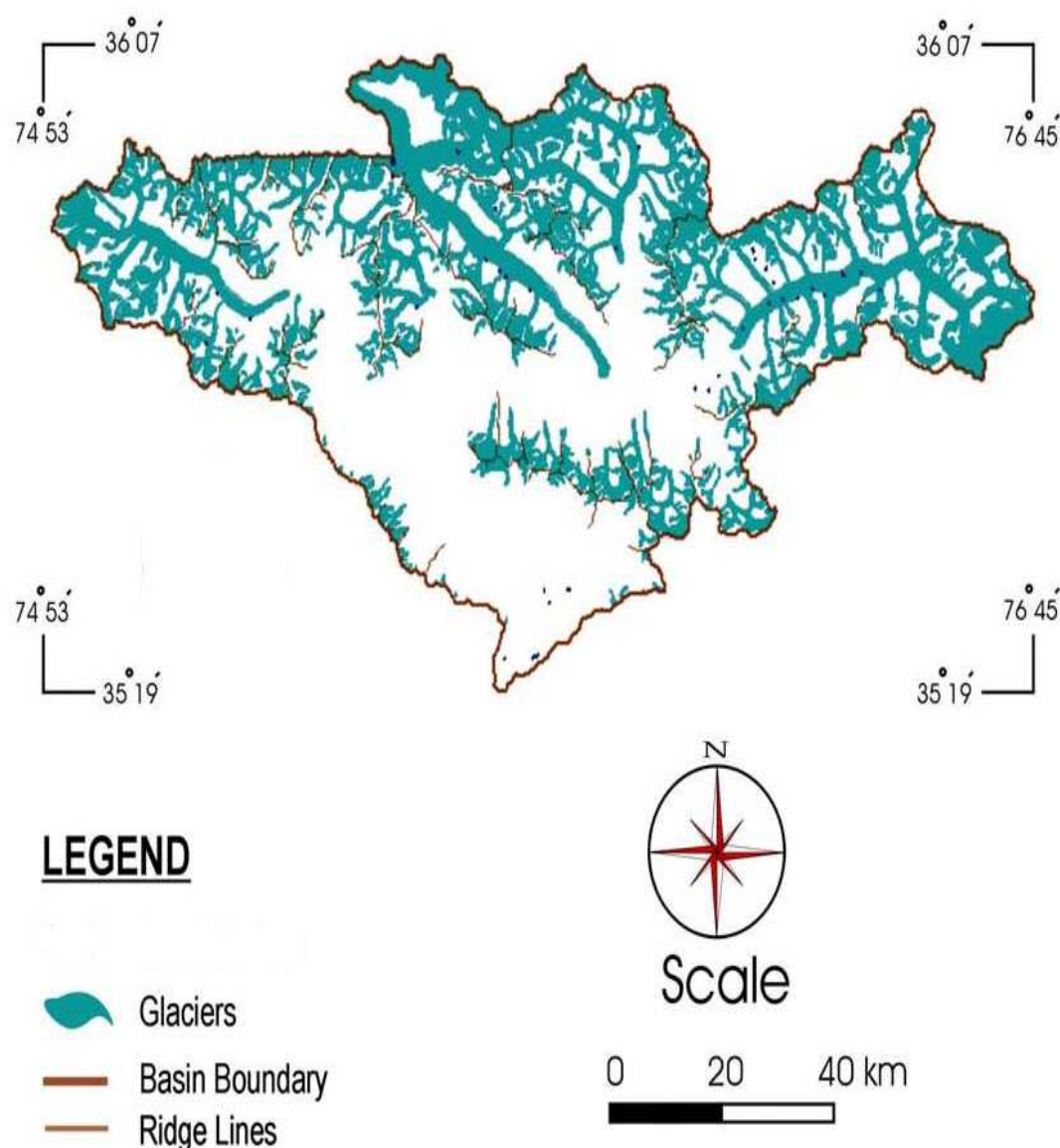


Figure 4.6: The glacier distribution in the Shigar river basin showing Baltoro and Biafo glaciers significance in the region being the largest.

The basin stretches over an area of $7,382 \text{ km}^2$ out of which, the glacier area is about $2,240 \text{ km}^2$. The distribution of different types of the glaciers is presented in Figure (4.6). The large size glaciers are mainly concentrated on the N, NE and NW aspects. The total ice reserves of this basin are 581 km^3 .

a. Aspect Wise Snow Coverage of Shigar Basin

- (1) The huge size glaciers are concentrated on SW and SE aspect of the basin. The SE and W aspects have the maximum glacier area of about 1,111 and 693 sq. km respectively owing to the fact that the larger glaciers like Biafo and Baltoro etc. are facing to these aspects. The two out of world's seven largest glaciers lie in Shigar river basin. The Baltoro glacier with a length of 59 km has the maximum area of 633 km^2 and the Biafo glacier has maximum length of 62.6 km covering an area of 404 km^2 .

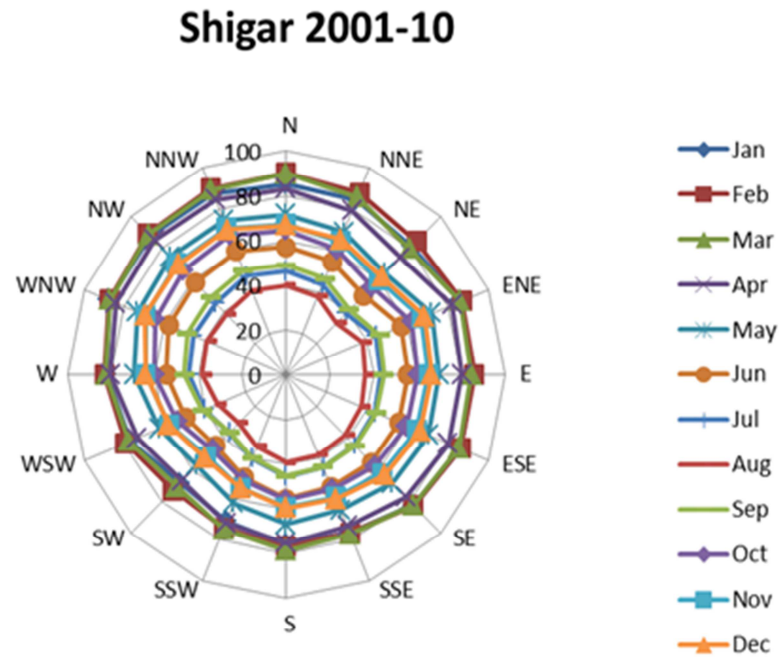


Figure 4.7: Aspect wise snow coverage in km of Shigar basin.

- (2) The fig 4.7 shows aspects zone of N has maximum snow coverage whereas zones of W to ESE have minimum snow coverage over the year. Five different seasons and the aspect-wise snow distribution in these seasons can be seen easily from the fig 4.7. Here it is clear that the aspect zones N to NE and S to SW hold greater area of the basin than other aspect zones and the other aspect zones have maximum melting activities which may cause triggering of some catastrophic event in combination with factors such as seismic activity, high temperature and anthropogenic activity.

PROBABILITY OF AVALANCHE TRIGGER / GLACIAL HAZARD OCCURRENCE

Glaciers are formed under conditions of sub-zero temperatures and abundant snow precipitation. Warmer temperatures and possibly reduced snow precipitation are responsible for their melting and retreating. Alpine glaciers had already lost more than 25% of their volume in the 50 years (Bundesministerium, 2003). The estimated total glacier volume loss in the alpine during the decade of 1990-2000 is 5-10% of the remaining ice volume. As with 1.78 °C temperature rise, the average volumetric decrease of Baltoro, Biafo and Siachen glaciers during the decade of 1990-2000 is 7 %. Antecedent the probable avalanche triggering factors are:-

- a. Freezing and thawing effects in the already jointed slopes might play pivotal role in triggering the rock failure, resulting the rock and ice avalanche.
- b. The rock in the upper reaches might fail due to low / medium seismic shocks in the glacial area.
- c. Lightning and cloud burst might trigger a slope failure for inducing the glacial avalanche.

The degree of risk because of glacial hazard in the vicinity amounts to certain actions by the decision makers which are based on quantitative risk assessment based on parameters e.g, location, elevation, slope, aspect, retreat and geomorphology of a particular area. The probable assessment of glacial areas dictates where there is a high probability of avalanche trigger / glacial hazard occurrence at places.

Settlement	Size	Degree of Risk (%)	Qualitative Degree of Risk	Remarks	Probability
ABC	Unit	80-100	Dangerous	Re Location	Very High
XYZ	Unit	60-80	Very High	Continuation at High Risk	High
123	Unit	40-60	High	Continuation at Moderate Risk	Medium

Table 4.4: Probability of avalanche trigger / glacial hazard occurrence.

5 CONCLUSION

The research area is comprised of two river basins, the Shayok and Shigar. The study of glaciers in these basins includes three important glaciers of northern areas of the Pakistan and their depletion estimation are carried out using remote sensing data and the topographic maps. For glacial hazard assessment of glaciers, the methodology adopted is followed to achieve the subject results.

53. CONCLUSION

- The major glaciated sub basins of Indus River in HKH region of Pakistan are Shayok and Shigar. Most of the snow and ice reserves are concentrated in the mountain ranges lying in these basins which contain the glaciated part in northern Pakistan. The total ice reserve estimated in these basins is about 2,738 km³ with contribution, Shayok (32%) and Shigar (21%). These ice reserves are subjected to manifest of global warming which is causing their decay, posing the glacial hazard to the settlements in the vicinity.
- The total glaciated area in northern areas is about 15,041 km² which is 11.7% of the total area. The volumetric decrease of Baltoro, Biafo and Siachen glaciers is calculated as 7 % with an increase of 1.78°C average temperature rise during the decade of 1990-2000. The aspect, slope, loc, elevation and geomorphology are the major factors for volumetric decrease / depletion of the glaciers.
- There are several impacts of glaciers volumetric decrease / depletion subject to global warming, which need monitoring and early warning systems to protect infrastructure against the destructive forces of avalanches and outburst floods.
- The settlement under threat of glacial mass movement and debris flow as located on the margins of an alluvial fan making the probability of occurrences very high.
- The locations under threat of glacial hazard remain susceptible to land sliding and debris flow, for which necessary engineering remedial measures like retaining walls, gabions etc. will have to be put in place.

RECOMMENDATIONS

The integration of visual and digital image analysis with GIS has provided useful utilization for the research of glacial hazard. Based on conclusions of the research following is proffered:-

- Settlement under high risk of glacial hazard be re-located at appropriate place and settlement under low risk of glacial hazard be continuously monitored with respect to debris flow.
- For cont monitoring, Pakistan Met Dept (PMD) should establish AWS (Auto Weather Sta) at desired locs i.e, Goma, Dansam, Paiju, Burzil and Deosai to gauge / monitor the morphology of ice / snow cover and glaciers mass balance.
- The seismic activities should be closely watched and in case of any such activity, the situation on glaciers should be monitored aerially.
- The dangerous moraine dams, especially near the headwaters and settlements, needs to be monitored regularly, which are there as a consequence of volumetric decrease / depletion of these glaciers.
- In the HKH region, inter-country flood warning systems should be established by devising a mechanism for sharing the costs and benefits of flash flooding mitigation works.

ACRONYMS

ADRG	ARC Digitized Raster Graphics
DEM	Digital Elevation Model
DHM	Department of Hydrology and Meteorology
DMA	Defense Mapping Agency
ERTS	Earth Resources Technology Satellite
TM	Thematic Mapper
FCNA	Force Command Northern Authority
FPSP	Flood Protection Sector Project
FWC	Flood Warning Centre
Ha.	Hectares
HKH	Hindukush-Himalaya-Karakoram
IBIS	Indus Basin Irrigation System
LANDSAT	Land Resources Satellite
NIMA	National Image and Mapping Agency
PMD	Pakistan Meteorological Department
SRTM	Shuttle Radar Topographic Mission
SUPARCO	Space and Upper Atmospheric Research Commission
WAPDA	Water and Power Development Authority
WECS	Water and Energy Commission Secretariat
XS	Multispectral Mode Sensor System

REFERENCES

- [1] Asim, R. K., Kaleem Ullah, M., and Muhammad, S. (2002). Water Availability and Some Macro Level Issues Related to Water Resources Planning and Management in the Indus Basin Irrigation System in Pakistan”, IPRI Publications. Retrieved Feb 02, 2009, from <http://www.ipripak.org/factfiles/ff45.shtml>
- [2] Bundesministerium, M. B. F., (2003). Characteristics of the Alpine Climate, Glaciers and Permafrost, CIPRA Publications. Retrieved Nov 10, 2010, from http://www.alpsknowhow.cipra.org/background_topics/climate.html
- [3] Goudie, A.S., Brunsden, D., Collin, D. N., Derbyshire, E., Ferguson, R. I., Hashmet, Z., Jones, D.K.C., Perrott, F. A., Said, M., Waters, R. S., and Whalley, W. B. (1984). The Geomorphology of Hunza Valley, Karakoram Mountains, Pakistan. In Keith Miller, Proceedings of the International Karakoram Project. London: Royal Geographical Society, 359-410.
- [4] Hewitt, K., (1969). Glacier Surges in the Karakoram Himalaya (Central Asia). Canadian Journal of Earth Science, 6, 1009-1018.
- [5] Hewitt, K., (1990). Overall Report: Snow and Ice Hydrology Project, Upper Indus Basin SIHP, Cold Regions Research Centre, Wilfrid Laurier University, 179-185.
- [6] Hewitt, K., (1998). Recent Glacier Surges in the Karakoram Himalaya, South Central Asia. American Geophysical Union, 51, 220-237.
- [7] Intergovernmental Panel on Climate Change, (2007). Climate Change 2007: IPCC Fifth Assessment Report. Retrieved Jan 11, 2009, from <http://www.ipcc.ch/publications.shtml>
- [8] Khan, M. I., (1994). Glaciology- Glacier and Avalanche Research. Peshawar. Retrieved June 17, 2010, from http://www.managingclimaterisk./document/par_pakistan.pdf
- [9] Kick, W., (1964). The Chogo-Lungma Glacier, Karakoram. Zeitschrift Gletscherkunde und Glazialgeologie, 5(1), 59.
- [10] LIGG/NEA/WECS, (1988). Report on the First Expedition to Glaciers and Glacier Lakes in the Pumqu (Arun) and Poique (Bhote-Sun Kosi) River Basins, Xizang (Tibet), China, Sino-Nepalese Investigation of Glacier Lake Outburst Floods in the Himalaya. Beijing, China, Science Press.
- [11] Mool, P.K., Bajracharya, S.R., and Joshi, S. P. (2001a). Inventory of Glaciers, Glacial Lakes, and Glacial Lake Outburst Flood Monitoring and Early Warning System in the Hindu Kush-Himalayan Region, Nepal. p. 364. ICIMOD in cooperation with UNEP/RRC-AP, ISBN 92 9115 331 1, Published by ICIMOD, Kathmandu, Nepal.
- [12] Mool, P.K., Wangda, D., Bajracharya, S. R., Joshi, S. P., Kunzang, K., and Gurung, D.R. (2001b). Inventory of Glaciers, Glacial Lakes, and Glacial Lake Outburst Flood Monitoring and Early Warning System in the Hindu Kush-Himalayan

- Region, Bhutan. p. 227. ICIMOD in cooperation with UNEP/RRC-AP, ISBN 92 9115 345 1, Published by ICIMOD, Kathmandu, Nepal.
- [13] NESPAK, (1989). Flood Damages Restoration Project. Lahore, Pakistan. Retrieved May 20, 2010, from <http://www.dams.org/docs/kbase/contrib/opt155.pdf>
- [14] Nurkadirov, L.K., Khagai, A.U., and Popov, N.V. (1986). Artificial Draining of an Outburst-dangerous Lake at the Foot of Surging Glacier. In *Data of Glaciological Studies*, 18, 220–221.
- [15] PSIHP, (1991). Project Direction and Review Report, Pakistan Snow and Ice Hydrology Project, H and R Directorate, WAPDA, Lahore, Pakistan. Retrieved Mar 07, 2009, from <http://www.ancien.riob.org/ag1991/pakistan.html>
- [16] Salerno, F., Buraschi, E., Bruccoleri, G., Tartari, G., and Smiraglia, C. (2008). Glacier surface-area changes in Sagarmatha National Park, Nepal, in the second half of the 20th century, by comparison of historical maps. *Journal of Glaciology*, 54(187), 738-752.
- [17] Shafique, M.S., and Skogerboe, G. V. (1984). Planning and Implementation Framework for Salinity Control in the Indus River Basin. *Proceedings of the 1983 International: Symposium on State-of-the-Art Control of Salinity*. Salt Lake City, Utah, 13-15 July 1983. Boston: Butterworth, 93-102.
- [18] WAPDA, (1976). *Sediment Appraisal of West Pakistan Rivers 1966-75*, Pakistan Water and Power Development Authority, Lahore, Vol. 1.
- [19] WGMS, (1989). *World Glacier Inventory, Status 1988, a Contribution to the Global Environment Monitoring System (GEMS) and the International Hydrological Programme*, Compiled by the World Glacier Monitoring Service (WGMS). IAHS (ICSU), UNEP, UNESCO.
- [20] Wissman, H. V., (1959). The Present Day Glacier Cover and Snowline in High Asia. *Akad. D. wiss. Und.d. Litt.* 14, 1101-1436.

Les remontées capillaires et la dégradation du rempart de Sidi Baba (Médina de Meknès)

[The capillary rise and degradation of Sidi Baba rampart (Medina of Meknes)]

Rabha Ajakane

Département de Géologie, Université Moulay Ismaïl, Meknès, Maroc

Copyright © 2016 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 city of Meknes is rich of various cultural heritages built between the XVIth and the XIXth centuries and notably it's most important ramparts (more than 40 km length). It was protected in 1995 by UNESCO as World Heritage. These earthen walls are between 1.20 to 3 m wide and 7 to 12 m high. The ramparts have been constructed in rammed earth according to a traditional Moroccan method. A detailed observation of the ramparts of the city revealed that they suffer from many different damages and they are in very bad state, some of them are disappeared. We noted that they show some alterations like fissures and more important detachment. The study of the origins of the alterations shows that they mainly depend on the environment, like the water impact, the building techniques and the nature of the bedrock. In order to point out the importance of capillary rising of water in the degradation of walls built of rammed earth, we took the example of Sidi Baba rampart. The analysis of the degradation of Sidi Baba rampart shows that he mostly suffered from a disorder related to a wet pathology. Thus, the solutions circulations, highlighted by the test water levels and changes in petrophysical parameters and the mobility of chemical elements along this profile are responsible for the phenomena of dissolution and crystallization. Alteration and loss of construction material, on the first meters from the ground, are attributed to capillary rising.

KEYWORDS: Medina, Meknes, cultural heritages, rammed-earth, characterization, degradation, capillarity.

RÉSUMÉ: Riche de ses ressources naturelles et par sa situation géographique au centre du pays, Meknès l'est autant par son histoire. Grâce à son précieux héritage architectural, cette cité impériale dont les origines remontent au IX^{ème} siècle a été classée par l'UNESCO en 1996 comme patrimoine mondial de l'humanité. Parmi ces édifices se trouvent des remparts imposants qui clôturent la Médina sur plus de 40 Km de long. Ces édifices construits en pisé mesurent entre 1.20 à 3 m de large sur 7 à 12 m de hauteur. La plupart de ces remparts montrent des désordres caractéristique d'une pathologie humide dont les actions se traduisent par une évolution qui modifie la surface visible du monument (changement de patine, efflorescences, desquamations, désagréations sableuses, fracturations, effondrement) dont les répercussions peuvent les menacer de ruine. L'étude menée sur le rempart de Sidi Baba a permis de montrer que les circulations de solutions, mises en évidence par le test des teneurs en eaux, par les fluctuations des paramètres pétrophysiques et par la mobilité des éléments chimiques sont responsables des phénomènes de dissolutions et de cristallisations. L'altération et la perte du matériel de construction, sur les premiers mètres depuis le sol, sont liées à des phénomènes de remontées des eaux par capillarité. L'action des remontées capillaires conduit à des transformations : (1) dans l'aspect générale des remparts exprimé par l'apparition de plusieurs formes de dégradations, les menaçant de disparition, (2) dans la structure concrétisée par le développement de macro-fissures et de macro-pores, et (3) dans la composition matérialisée par l'apparition de nouvelle phases minérales (dissolution / recristallisation).

MOTS-CLEFS: Médina, Meknès, patrimoine, pisé, caractérisation, dégradation, capillarité.

1 INTRODUCTION

La Médina de Meknès est l'une des plus grandes villes impériales marocaines qui retrace à travers ces monuments, l'histoire de la ville depuis sa fondation au IX^{ème} siècle [1]. La Médina se subdivise en deux entités architecturales distinctes : la médina proprement dite qui constitue le noyau de la ville et dont les origines remontent au IX^{ème} siècle et la ville impériale ou ville royale édifiée à l'époque de Moulay Ismail au XVII^{ème} siècle [2]. L'ensemble est clôturé par des remparts imposants élevés sur près de 40 km et mesurant entre 1,20 à 3 m de large sur 7 à 12 m de hauteur [3]. Ces remparts qui constituent la fierté de la ville souffrent de problèmes de dégradations alarmantes [4].

Les remparts de la Médina de Meknès présentent des dégradations plus ou moins importantes dont les répercussions peuvent les menacer de ruine. Le degré de délabrement de ces murailles est très largement ressenti. Malgré la diversité des dégradations qui touchent ces édifices, elles donnent lieu à de nombreuses formes de pathologies : fissurations, désordres dans les maçonneries, érosion, effritement et désagrégation sableuse du pisé, fissuration et décollements en plaque d'enduit [5], [6].

Ces pathologies sont souvent associées entre elles et témoignent vraisemblablement de la relation étroite entre leurs causes, elles sont le résultat du cumul et d'enchevêtrement de divers facteurs qui ne se limitent pas au bâti proprement dit, mais également à son environnement naturel tels que les remontées capillaires, les écarts thermiques, la sismicité et la nature des assises [7], [8], [9], [5]. Les remparts ont manifesté surtout des désordres caractéristiques d'une pathologie humide [5]. Le degré d'évolution d'une même pathologie varie entre la base, le milieu et le sommet, mais aussi entre les deux façades de la même muraille suivant leur exposition.

Dans ce papier, nous mettrons en exergue l'importance des phénomènes de remontée des eaux capillaires dans la dégradation des matériaux de construction des remparts de la Médina de Meknès. Nous prenons l'exemple du rempart de Sidi Baba.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Afin de mettre en évidence les facteurs responsables de la dégradation des remparts de la Médina de Meknès et de déterminer les altérations qui les affectent, plusieurs campagnes de terrains ont eu lieu. Pour cette étude, nous avons pris l'exemple de la muraille de Sidi Baba qui se situe à la périphérie Nord-Ouest de la ville. Cette muraille est orientée Nord-Ouest / Sud-est et épaisse de près de trois mètres. Sa hauteur varie de 7 à 12 mètres en fonction de la topographie (Figure 1). La muraille de type aqueduc est surmontée d'une canalisation ouverte très faiblement inclinée vers le Sud par laquelle une partie de la Médina était approvisionnée en eau. Une route menant au quartier de Sidi Baba longe la face ouest de la muraille alors que la face est est adossée à un cimetière. La partie basale de la muraille, jusqu'à 3 mètre de hauteur, qui constitue l'objectif de ce travail est la plus attaquée par l'altération.

Les échantillons ont été prélevés à différentes hauteurs jusqu'à 3m de haut en découpant délicatement la surface de l'enduit dans toute son épaisseur ainsi que son support terreux. Différentes techniques d'études ont été utilisées :

- examen pétrographique au microscope polarisant complété par des analyses minéralogiques par diffraction des rayons X (DRX). L'appareil utilisé est de type Panalytical MPD XPert Pro de 40KV 55mA à anode de Cu ;
- analyses chimiques par ICP (inductively coupled plasma emission spectrometry) au laboratoire d'analyses chimiques du CEREGE d'Aix Marseille ;
- dosages des carbonates par calcimétrie ;
- mesure de la porosité et de l'humidité par pycnomètre ;
- détermination de la teneur en eau suite à des pesées successives après être mis à l'étuve à 60°C.

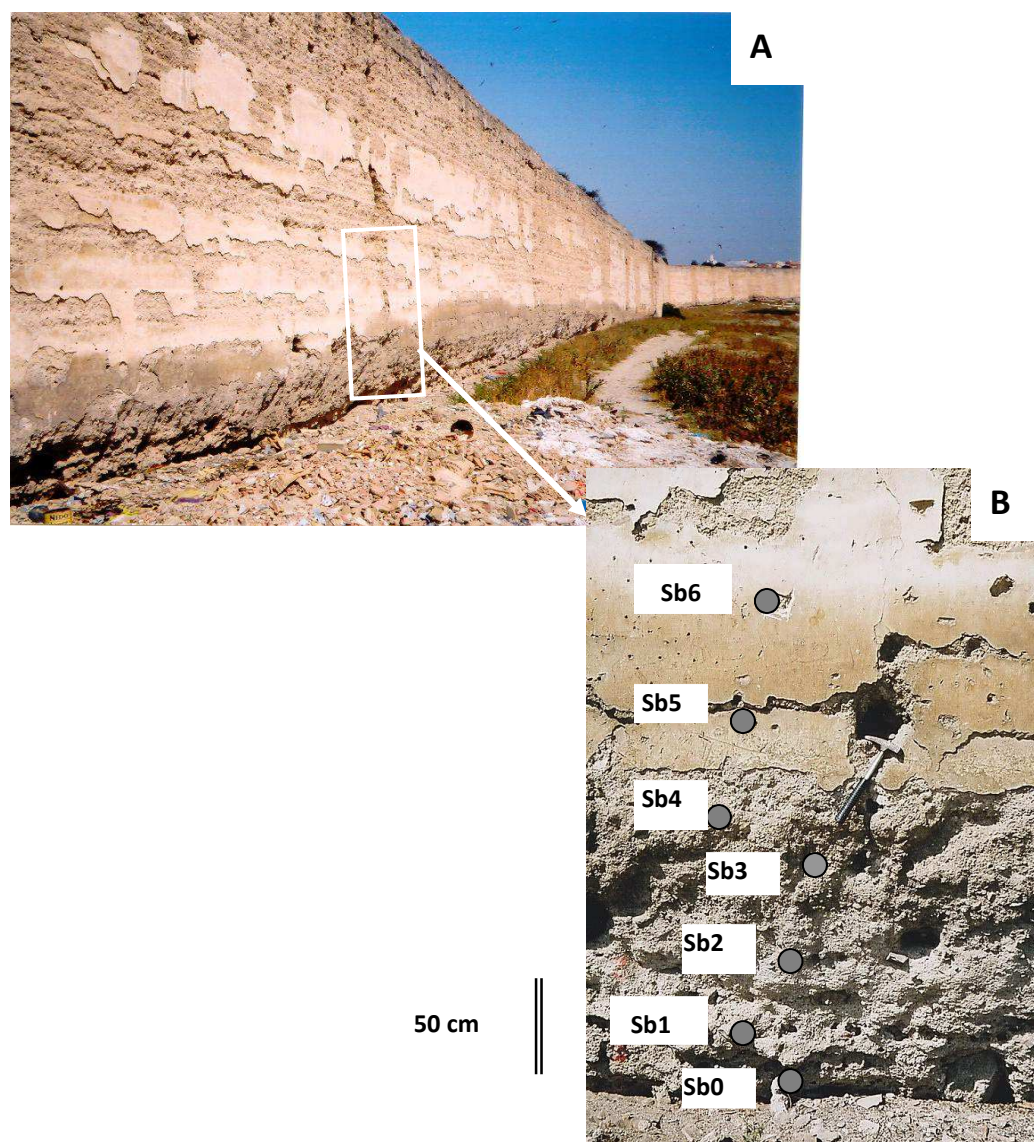


Fig. 1. *Le rempart de Sidi Baba ; A : Vue d'ensemble, B : localisation des échantillons du pisé étudié.*

3 ETUDE PÉTROGRAPHIQUE

Des lames minces ont été réalisées dans les différents échantillons prélevés sur la muraille de Sidi Baba. Les observations au microscope polarisant (figure 2) montrent une matrice micritique dans laquelle baignent des éléments figurés constitués d'agrégats de calcaire fin, de grains de quartz, de calcaire cristallin, de calcaire gréseux et de fragments de bois. Le quartz se présente en grains anguleux à sub-anguleux de taille variable. A la base du rempart, la proportion des grains de quartz est plus importante par rapport au sommet du profil. La base du profil est riche en vides, on y rencontre des vacuoles et des fissures développant une porosité ouverte importante [5].

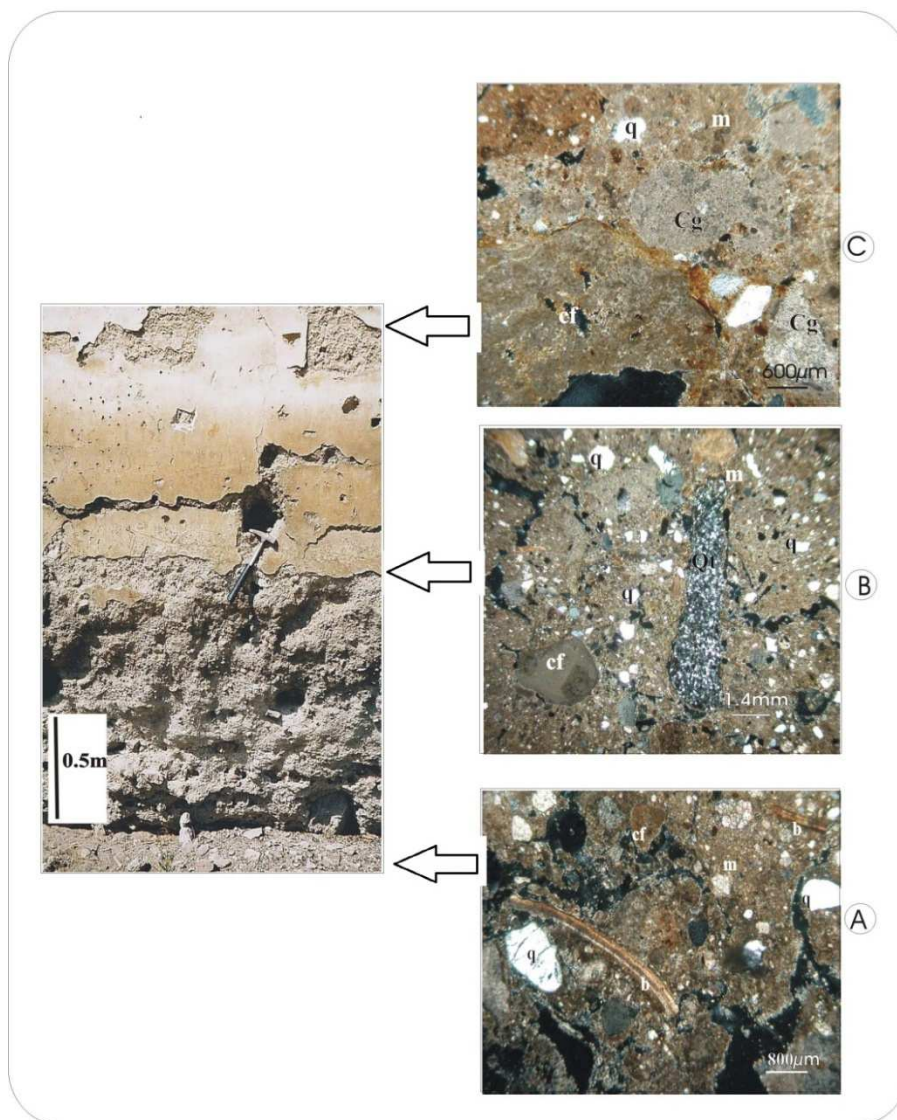


Fig. 2. Caractères microscopiques du pisé du rempart de sidi baba (A : la base, B : milieu, C : sommet du profil)

4 MINÉRALOGIE

4.1 ROCHE TOTALE

Six échantillons (Sb1 à Sb6) de roche totale ont été prélevés pour la diffraction aux rayons X. Les spectres obtenus (Figure 3), mettent en évidence des pics caractéristiques de la calcite et du quartz avec une dominance de cette première.

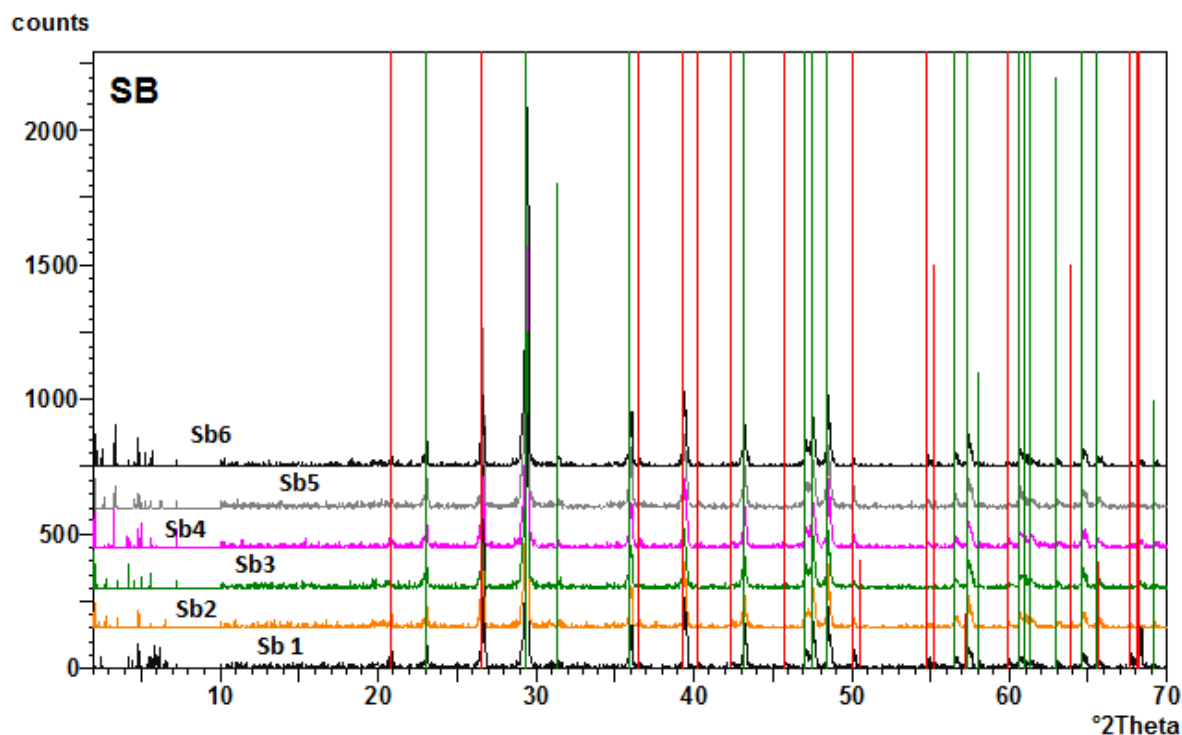


Fig. 3. Diffractogrammes de la roche totale des échantillons du rempart de Sidi Baba (en vert : calcite, en rouge : quartz).

4.2 LA FRACTION ARGILEUSE

La phase argileuse rencontrée dans le pisé du profil du rempart de Sidi-Baba a été également analysée par la diffraction aux rayons X. Elle montre deux pics : un pic situé au environ de 7.2 Å qui disparaît au chauffage et persiste au traitement à l'éthylène glycol (Figure 4), un tel comportement caractérise la kaolinite. Le second pic apparaît aux environs de 15 Å et passe à 17.03 Å après la saturation à l'éthylène glycol puis il se rabat à environ 10 Å après le chauffage, il caractérise la smectite (argile gonflable). Cette dernière représente plus de 80% (tableau 2).

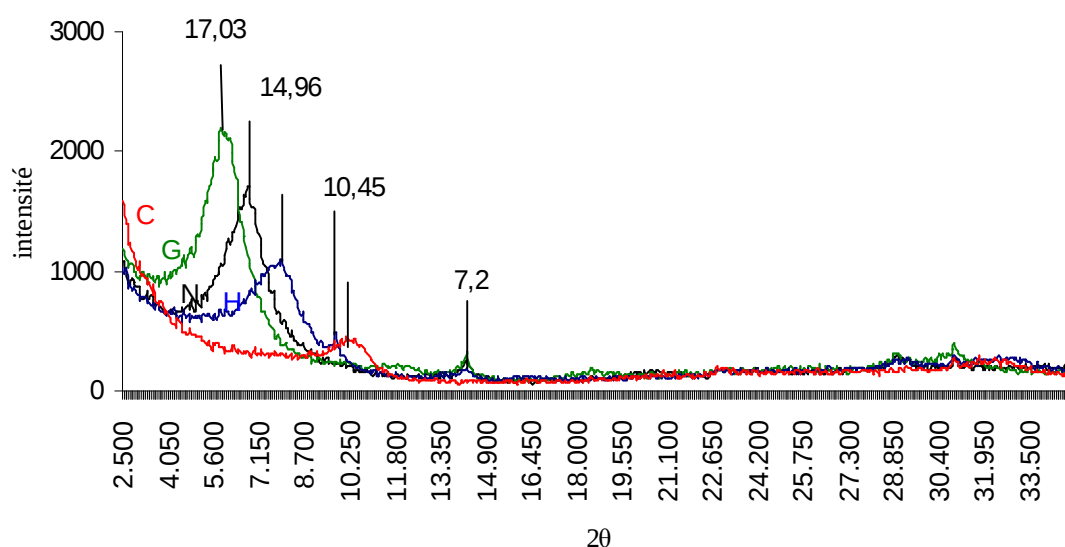


Fig. 4. Exemple de diffractogramme de la fraction argileuse du rempart de Sidi-Baba. (N : normal, G : glycolé, C : chauffé, H : hydrazine)

Tableau 1 : Pourcentage semi-quantitative en minéraux argileux dans le rempart de Sidi-Baba.

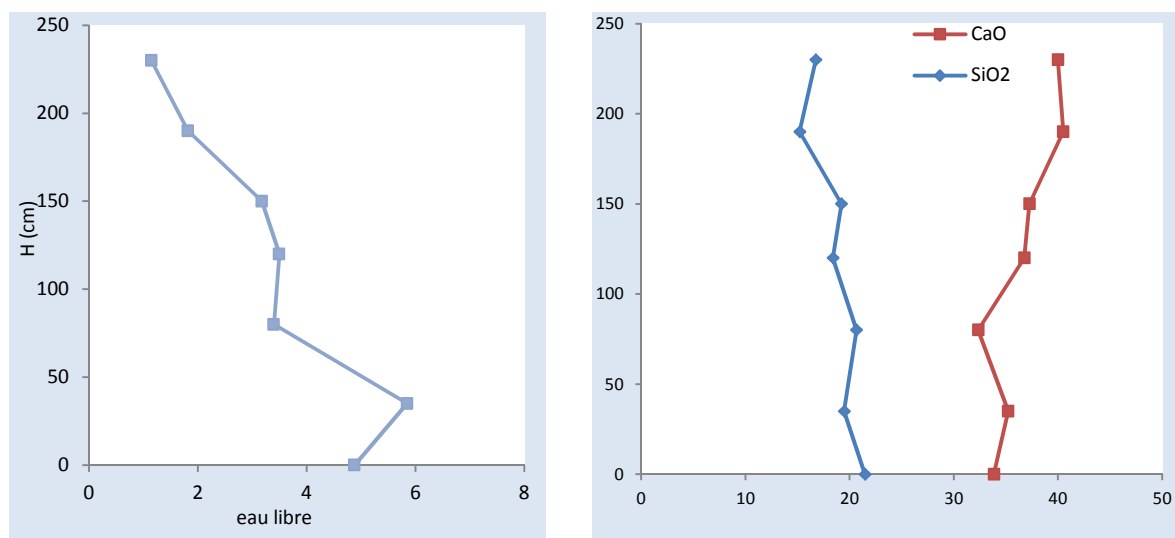
Echantillon	Hauteur en	smectite en	kaolinite en
Sb6	230	88	12
Sb5	190	78	22
Sb4	150	82	18
Sb3	120	80	20
Sb2	80	89	11
Sb1	35	89	11
Sb0	0	89	11

5 LA COMPOSITION CHIMIQUE

La teneur en éléments majeurs du matériau de construction du rempart de Sidi-Baba est consignée dans le tableau ci-dessous. La composition chimique de ce profil montre des teneurs élevées en CaO et SiO₂ (Tableau 2, Figure 5). Ces deux oxydes représentent à eux seuls près de 60 % de la composition chimique globale du matériau. Les autres éléments chimiques sont présents en de faibles quantités avec de légères variations le long du profil étudié. Contrairement à SiO₂ qui montre une diminution de la base vers le sommet du profil, le CaO montre plutôt une évolution inverse. Les oxydes Fe₂O₃, Al₂O₃, TiO₂ et K₂O ne montrent quand à eux aucune variation significative (tableau 2). De la base au sommet du profil, les teneurs en MgO et Na₂O diminuent légèrement.

Tableau 2 Teneurs en éléments majeurs des échantillons du pisé du profil de la muraille de Sidi Baba

N° éch	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	eau libre	Loi
Sb6	16,76	40	4,07	1,9	0,97	0,03	0,27	0	0,27	0,2	1,15	34,87
Sb5	15,21	40,5	3,65	1,75	0,85	0,02	0,19	0	0,19	0,17	1,82	35,9
Sb4	19,21	37,26	3,5	1,5	0,87	0,02	0,31	0,1	0,31	0,26	3,18	34,1
Sb3	18,4	36,77	3,55	1,61	0,91	0,03	0,25	0,23	0,25	0,26	3,5	34,24
Sb2	20,65	32,34	3,82	1,6	1,82	0,02	0,23	0,54	0,23	0,16	3,4	33,5
Sb1	19,48	35,22	3,78	1,8	1,35	0,02	0,22	0,36	0,22	0,18	5,85	32,31
Sb0	21,47	33,85	3,26	1,38	1,6	0,02	0,24	0,54	0,21	0,16	4,88	32,8

Fig. 5. Evolution de SiO₂, CaO et eau libre le long du profil étudié.

L'eau libre (Figure 5), d'origine météorique, semble être plus abondante à la base du profil (6%) qu'à son sommet (1%). Cette configuration indique que la circulation des eaux météoriques dans le profil se fait de manière ascendante par capillarité.

6 CARACTÈRES PÉTROPHYSIQUES

6.1 POROSITE ET TENEUR EN EAU

Le long du profil du rempart de Sidi Baba, la porosité et la teneur en eau évoluent dans le même sens. La porosité est de 40% à la base et diminue à moins de 20% au sommet. De la même manière le pourcentage d'eau à la base du profil dépasse 4%, alors qu'il avoisine 1% vers 2m de hauteur. L'évolution et la variation de la porosité précédemment décrites est certainement à mettre en relation avec les remontées capillaires responsables des teneurs élevées en eau à la base du profil.

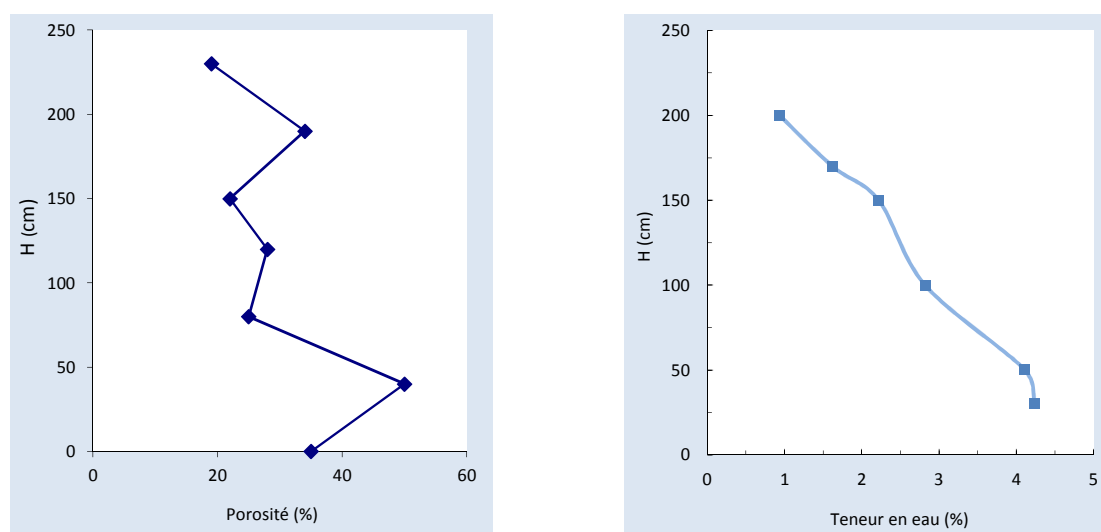


Fig. 6. Evolution de la porosité et de la teneur en eau le long du profil de la muraille de Sidi Baba

6.2 CALCIMETRIE

Tableau 3. Pourcentage des carbonates dans le profil de la muraille de Sidi Baba

Echantillon	Hauteur (cm)	Carbonates (%)
Sb6	230	70,21
Sb5	190	67,02
Sb4	150	62,23
Sb3	120	63,82
Sb2	80	55,31
Sb1	35	57,97
Sb0	0	57,44

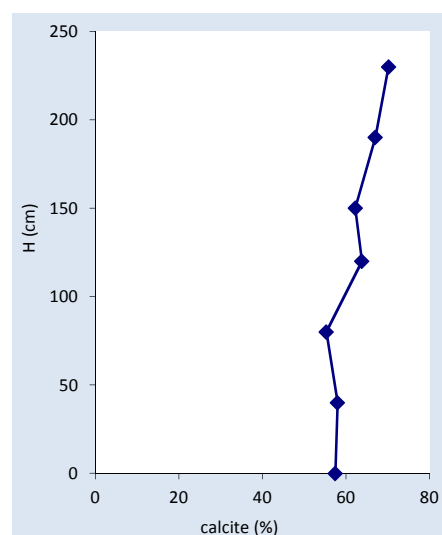


Fig. 7. Teneur en carbonates le long du profil de la muraille de Sidi Baba.

Le tableau ci-dessus (tableau 3) donne le pourcentage des carbonates dans chaque échantillon du pisé du profil de Sidi Baba. Le pourcentage des carbonates dans ces échantillons montre une augmentation régulière de la base vers le sommet. Il avoisine 57.5 % à la base et augmente progressivement pour atteindre 70% vers 2,3 m de hauteur. On retiendra que le pourcentage des carbonates est inversement proportionnel à celui de la porosité ainsi qu'à la teneur en eau. Cette évolution corrobore l'hypothèse d'une dissolution du matériau suite à des circulations ascendantes des eaux.

7 DISCUSSION

Le rempart de Sidi Baba montre une frange humide très importante à sa base (Figure 1). Les paramètres pétrophysiques mis en évidence dans ce travail montrent des fluctuations importantes tout au long du rempart, avec cependant une augmentation significative de la teneur en eau et de la porosité à la base qui s'accompagne d'une diminution des concentrations en carbonates. Du point de vue chimique, l'évolution du pourcentage pondéral de CaO et H₂O libre est similaire à celle de CaCO₃ et des teneurs en eau ; en revanche, il est inversement proportionnel à celui de la porosité. Par ailleurs, l'évolution des teneurs en SiO₂ diminue de la base vers le sommet du profil en accord avec les conclusions de l'étude pétrographique qui montre une relative abondance des grains de quartz à la base du rempart par rapport à son sommet. Cette configuration indique que la circulation des eaux météoriques dans le profil se fait de manière ascendante par capillarité. L'analyse par DRX de la phase argileuse a mis en évidence la prédominance de la smectite (80%), argile gonflante par excellence par rapport à la kaolinite (20%). Un tel pisé riche en smectite, lorsqu'il est imbibé d'eau, peut faire apparaître d'importantes dilatations différentielles. Ce phénomène est à l'origine de nombreux décollements qui affectent le matériel le long de la muraille et qui est largement répandue au-dessous de la frange capillaire.

L'abondance des vides et des fissures (figure 1 et 2) ainsi que les faibles teneurs en carbonates relativement à celles du quartz dans la base du profil sont autant d'arguments en faveur d'une importante dissolution et lessivage des carbonates par les phénomènes de capillarité dans cette partie basale de la muraille. Les remontées capillaires mettant en solution le matériau à la base du rempart seraient responsables de la recristallisation et de la concentration de la calcite à des niveaux supérieurs tout en colmatant la porosité.

8 CONCLUSION

L'analyse de la dégradation du rempart de Sidi Baba révèle que ce dernier a surtout manifesté des désordres caractéristiques d'une pathologie humide liée aux infiltrations des eaux. Ainsi, les circulations de solutions, mises en évidence par le test des teneurs en eaux et par les fluctuations des paramètres pétrophysiques ainsi que la mobilité des éléments chimiques le long de ce profil, sont responsables des phénomènes de dissolutions et de cristallisations le long de la muraille. L'altération et la perte du matériel de construction, sur les premiers mètres du rempart depuis le sol, sont liées à des dissolutions par des remontées capillaires. L'ensemble de ces observations nous permet de mettre en évidence l'importance des phénomènes de capillarité dans les processus de dégradation des constructions en terre.

REFERENCES

- [1] Barrucand M. : Urbanisme princier en islam : Meknès et les villes royales islamiques post-médiéval, Paris, 1985.
- [2] Barrucand M. : L'architecture de la Qasba de Moulay Ismail à Meknès. Etude et travaux d'Archéologie marocaine. Vol. 6, 139p. 1976.
- [3] Guillaud H. : Rapport de mission à Meknès Maroc- *CRATERRE-EAG (Grenoble)*, 18p, 2003
- [4] Ajakane R., Kamel S., Mahjoubi R., Vallet J. M., Bromblet P., Bouabid R., Meunier J.D., Noack Y., Borschnek T., Guillaud H. : Preliminary studies on the degradations of the medina's ramparts of Meknes (Morocco). Kwiatkowski D. & Lofvendahl R. Ed, 10th international congress on deterioration and conservation of stone. Stockholm, June 27 – July 2, Sweden, 809- 815, 2004
- [5] Ajakane R. : caractérisation et diagnostic des matériaux de construction des monuments historiques : cas des remparts de la Médina de Meknès, Maroc. Thèse de l'Université Moulay Ismail, Meknès, Maroc, 226p. 2006.
- [6] Bromblet P., Vallet J.M, Ajakane R, Kamel S., Mahjoubi R., Meunier J.D. : Caractérisation des enduits dégradés des remparts de la Medina de Meknès (Maroc). 26-28 septembre, rencontre Internationale sur le Patrimoine Architectural Méditerranéen (RIPAM), Université Moulay Ismail, Meknès, Maroc, 2005
- [7] Tadili B. : Etude du risque sismique dans le Maroc Nord. Doctorat d'Etat. Oujda. 250p. 1991.
- [8] Taltasse P. : Recherches géologiques et hydrogéologiques dans le bassin de Fès –Meknès. Notes et mém. serv. Géol. Maroc, n° 115, 300p. 1953.
- [9] Documents du schéma directeur d'aménagement urbain de Meknès (SDAU), ministère de l'intérieur, direction de l'urbanisme et de l'architecture, 1995.

Etude Hydrogéologique préliminaire de la zone des flyschs à l'Ouest de Tétouan (Maroc)

[Hydrogeological preliminary study of the flysch area west of Tetouan (Morocco)]

Yassir TRIBAK, Karim EL MORABITI, and Rachid HLILA

Département de Géologie, Faculté des Sciences de Tétouan, B.P 2121,
Université Abdel Malek Essaâdi, Tétouan, Maroc

Copyright © 2016 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 flysch formations, due to their lithology, are rarely characterized, as hydrogeological prospecting target. However they are full of significant water resources in the study area located in the west of the city of Tetouan in northern Morocco. These water resources were evaluated relaying on the limits determining and exploring of different aquifers included called "Limited aquifer systems". These aquifers three in number (Numidian system of Zinat, the Melloussa-Tisiren system and Quaternary-Tangier unit system), are characterized by a lithostratigraphic and structural context promoting storage of water. They were identified from: the inventory of water points, effectuation of lithologic and structural maps and geological cross-sections. This was complemented by measurement of groundwater levels and flow releases. So, it could reveal the impact of stratigraphic and structural context of the area on the establishment aquifer systems as well as their limitations.

KEYWORDS: Flysch, aquifer system, lithology, release, Morocco.

RÉSUMÉ: Les formations des flyschs, par leur nature lithologique, sont rarement considérées comme cible de prospection hydrogéologique. Toutefois, elles contiennent des ressources en eau non négligeables dans la zone d'étude située à l'Ouest de la ville de Tétouan au Nord du Maroc. Ces ressources ont été évaluées en se basant sur la délimitation et l'exploration des différents aquifères, dénommés « systèmes aquifères limités ». Ces aquifères, au nombre de trois (le système numidien de Zinat, le système de Melloussa Tisirène et le système de l'Unité de Tanger-Quaternaire) sont caractérisés par un contexte lithostratigraphique et structural favorisant un stockage d'eau plus ou moins important. Ils ont été identifiés à partir de l'inventaire des points d'eau, de l'élaboration des cartes lithologiques et structurales et des coupes géologiques. Les mesures des niveaux piézométriques et des débits des sources ont été effectuées. Tout ceci a permis de démontrer la répercussion du contexte stratigraphique et structural de la zone sur la mise en place des systèmes aquifères et de leurs limites.

MOTS-CLEFS: Flysch, système aquifère, lithologie, source, Maroc.

1 INTRODUCTION

L'eau est un facteur primordial de croissance économique et de développement social des populations. Son insuffisance est susceptible d'engendrer de graves dégâts pour les générations futures. Dans cette optique, au Maroc, de grands efforts sont déployés depuis plusieurs années afin de garantir la satisfaction de besoins en eau de la population. Pour cela, l'Etat marocain a adopté une stratégie basée d'un part sur la gestion rationnelle des ressources en eau et d'autre part sur la prospection de nouvelles ressources hydriques non exploitées. Toutefois, ce pays nord-africain tendant actuellement vers

une situation d'insuffisance en eau, doit fournir de grands efforts pour éviter une pénurie d'eau dans la prochaine décennie [4]. C'est dans ce contexte général que s'inscrit la présente étude. Son objectif est de contribuer à l'exploration de nouvelles zones pouvant abriter un certain potentiel hydrique. Ceci est appuyé sur :

- une étude hydro-climatique de la zone d'étude.
- l'inventaire des points d'eau existants.
- l'identification des systèmes aquifères de la zone d'étude et la détermination de leur potentialité.

1.1 CARACTERISTIQUES GEOGRAPHIQUES ET SOCIOECONOMIQUES DE LA ZONE D'ETUDE

D'une superficie de 620 km², le secteur d'étude est situé à l'Ouest de la ville de Tétouan au Nord du Maroc entre les longitudes 5°25' et 5°45'Ouest et les latitudes 35°30' et 35°45'Nord avec un hiatus entre 5°25' et 5°30'Ouest et 35°35'50" et 35°45'Nord (fig.1). Il fait partie de la chaîne rifaine dans sa partie externe qui comporte des unités allochtones (nappes des flyschs) pélimitico-gréseuses en superstructure sur une unité autochtone à para-autochtone à dominance pélimitique dénommée unité de Tanger [11].

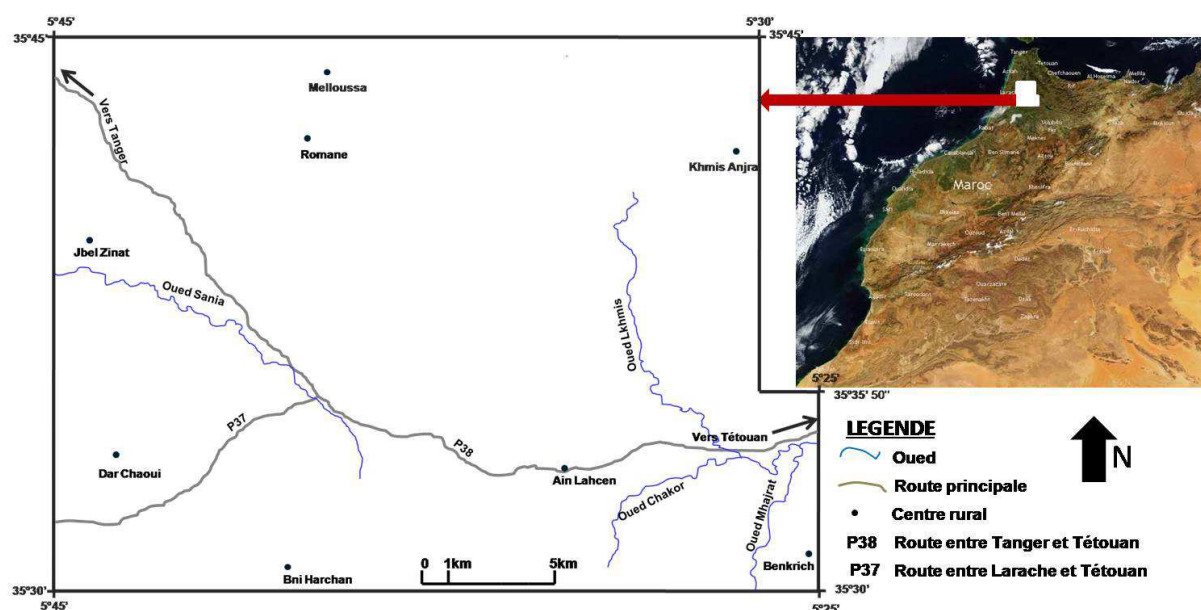


Figure 1 : Localisation géographique de la zone d'étude

Ce secteur d'étude abrite une population essentiellement rurale, estimée à environ 80000 habitants, avec une densité de 128 habitants par km² (une densité forte) d'après les données du dernier recensement général de la population organisé par le Haut Commissariat au Plan du Maroc [13]. Une grande partie de cette population locale n'est pas liée au réseau public de distribution d'eau potable. Son alimentation en eau est satisfaite essentiellement par des sources et puits locaux, traditionnellement aménagée pour la plupart.

1.2 CARACTÉRISTIQUES HYDROCLIMATIQUES

Le secteur d'étude comporte quatre oueds importants (s'étalant sur quelques douzaines de kilomètres) ainsi que plusieurs petits oueds ou affluents temporaires ou torrentiels. Ces derniers drainent de grandes quantités d'eau vers les zones d'infiltration ; lesquelles jouent un rôle primordial dans l'alimentation et la réalimentation des aquifères de la région. Il faut noter aussi l'existence de quelques merjas et étangs dans la zone d'étude sur le bord des oueds ou sur des surfaces isolées.

La région d'étude est caractérisée par deux saisons, l'une sèche et chaude et l'autre humide et froide plus longue que la première [9].

1.3 CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE

1.3.1 CADRE GÉOLOGIQUE

Au plan géologique, le secteur d'étude fait partie du domaine rifain au Nord du Maroc contenant les nappes des flyschs en plus de quelques unités du Rif externe [18],[20] (fig.2). Le Rif externe représenté par l'unité de Tanger dans ce secteur, constitue le substratum des nappes des flyschs. Ces dernières sont composées par plusieurs séries engagées dans une tectonique de formations allochtones, dont la mise en place a été l'objet de nombreuses controverses.

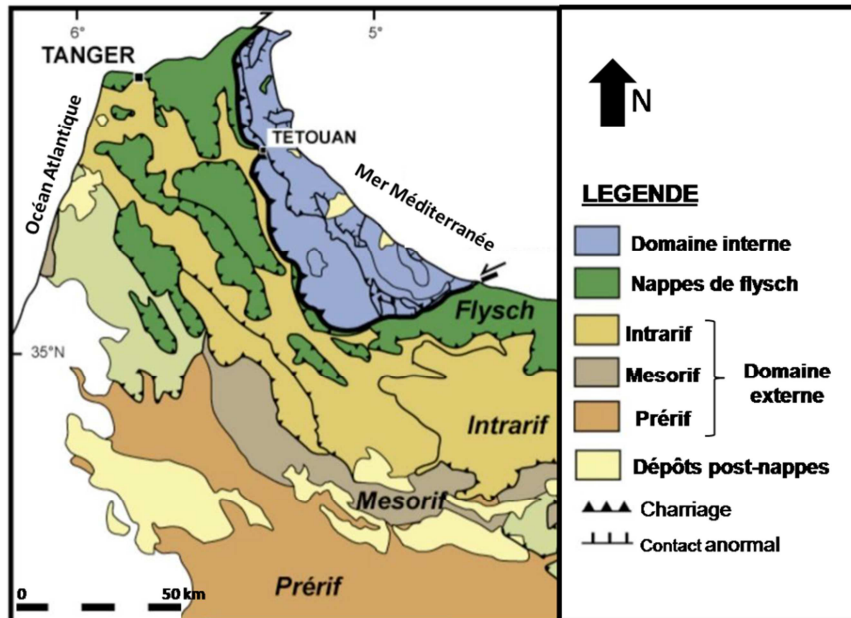


Figure 2 : Carte structurale de la chaîne du Rif (modifiée d'après la référence [21])

Selon les références [15] et [2] in [18], les unités des flyschs sont:

- l'unité de Beni Ider : développée surtout au front de la dorsale calcaire, elle a un faciès relativement fin à tendance molassique. Elle est constituée de marnes et calcaires d'âge Crétacé supérieur-Oligocène surmontés par une formation turbiditique d'Oligocène supérieur-Burdigalien inférieur [6].
- l'unité de Tisirène: elle se rencontre parfois au-dessus de Beni Ider ou sur une nappe intermédiaire (Chouamat-Melloussa) ou directement sur l'unité de Tanger. Elle est caractérisée par un faciès diversifié composé d'une alternance de grès et d'argilite marneuse et pélitique du Crétacé inférieur et d'une formation pélagique du Dogger et Malm [12].
- l'unité de Melloussa-Chouamat : considérée plus haute que les premières, elle est constituée d'une alternance de grès et de marno-calcaires du Crétacé moyen et supérieur ainsi que de quelques éléments tertiaires [8].
- l'unité Numidienne : flottant sur l'unité de Tanger ou parfois superposée à la nappe de Beni Ider, son constituant le plus typique est le flysch gréseux grossier (gros bancs de grès holoquartzeux) d'âge Oligocène-Miocène inférieur [8].

Globalement, la zone d'étude comporte des affleurements appartenant aux formations de flysch, de vastes affleurements de l'unité de Tanger majoritairement argileux faisant partie du rif externe en plus de quelques formations quaternaires surtout alluviales.

1.3.2 CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

Trois systèmes aquifères de même lithologie ou de même contexte structural favorisant un stockage plus ou moins important des eaux, ont été identifiés dans la zone d'étude (fig.3). Ils ont été dénommés « Systèmes Aquifères Limités » (SAL) par analogie au concept de bassins d'amont introduit par la référence [1]. Cependant, il s'agit ici de réservoirs d'eau souterraine géographiquement limités (de quelques kilomètres à quelques dizaines de kilomètres carré). Ces réservoirs révèlent un écoulement des eaux dans des niveaux souterrains peu profonds.

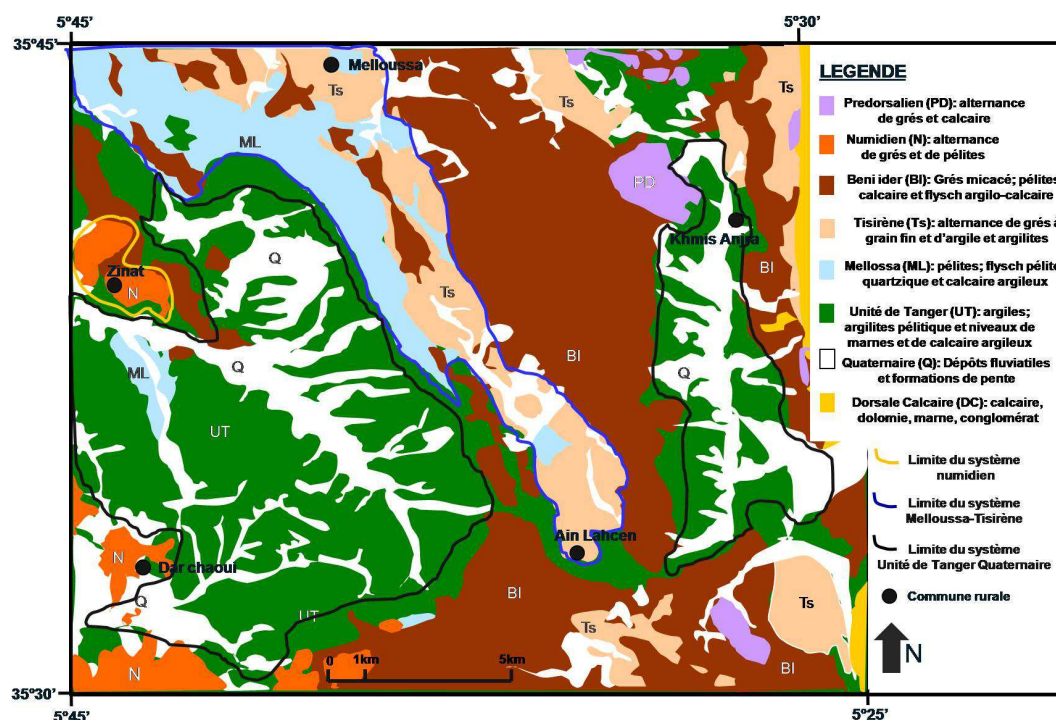


Figure 3 : Carte lithologique des systèmes aquifères limités identifiés dans le secteur d'étude

A noter que la zone d'étude n'a fait l'objet d'aucune étude hydrogéologique détaillée, elle se caractérise par la présence de terrains semi-perméables surmontant des terrains peu à non perméable et limitée à l'Est par des terrains carbonatés. Lesdits terrains abritent des systèmes karstiques qui déversent d'assez importantes quantités d'eau au niveau des résurgences le long des terrains carbonatés.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 DONNÉES ET MATÉRIEL

Les données utilisées dans cette étude sont ressorties de : 1/ deux cartes topographiques à l'échelle de 1/50000 (Ministère de l'agriculture, Royaume du Maroc) [16],[17]; 2/ deux cartes géologiques à l'échelle de 1/50000 (Ministère de l'énergie et des mines, Royaume du Maroc) [7],[14]; 3/ un inventaire effectué en parallèle des points d'eau existants dans le secteur d'étude 4/ la mesure des niveaux piézométriques des points d'eau sur deux campagnes 5/ le calcul des débits des sources sur deux campagnes 6/ la mesure des altitudes des points d'eau pris en considération dans la présente étude 7/ et la mesure de la direction et du pendage de certaines failles.

Le matériel utilisé comprend un GPS pour déterminer les coordonnées et les altitudes des points d'eau, un chronomètre pour calculer le débit des sources d'eau, une boussole pour déterminer la direction et du pendage de certaines failles Et un sonde pour la mesure des niveaux piézométriques au niveau des puits.

2.2 MÉTHODOLOGIE

Le choix de cette étude de recherche basée sur des petits bassins (Systèmes Aquifères Limités) est justifié par le contexte géologique et lithologique de la zone d'étude étant très diversifiés. La méthodologie du travail, axée sur des travaux de terrain et complétés par des travaux d'analyse et d'interprétation, se décline comme suit :

- La détermination des caractéristiques hydro-climatologiques locales, à savoir: l'évapotranspiration, les précipitations, la température et le ruissèlement. Pour se faire, les données de plusieurs stations météorologiques du secteur d'étude (ou très proches) ont été utilisées. Il s'agit des stations de Torreta, Ben Karrich, Amzal, Roumane, Bni Harchan, Dar Chaoui et Kalaya (fig.4). L'intervalle des chroniques de données utilisées pour toutes les stations et pour l'ensemble des paramètres cités ci haut est de 28 ans étant entre 1983 et 2010. L'évapotranspiration potentielle a été calculée avec la méthode de Thorntwaite in [10] qui utilise la moyenne mensuelle des températures journalières comme variable principale de calcul.

Cette méthode serait la plus convenable pour cette étude vu la superficie et la position géographique de la zone d'étude (appartenant aux zones méditerranéennes) [21]. Elle est exprimée par l'expression suivante :

$$ETP = 16 * a * (10T/I)^b$$

Avec :

T : température moyenne mensuelle

I : l'indice annuel thermique

a : facteur de correction de la période de mesure et de la latitude ;

b : coefficient obtenu par une équation prenant en compte l'indice thermique fonction de la latitude et du mois.

Les pluies efficaces sont déduites à partir de la différence entre les précipitations et l'évapotranspiration réelle [5].

Le ruissellement est mesuré à l'aide du principe de [3] in [10]. Il est estimé comme étant le pourcentage de la différence mensuelle calculée entre les pluies efficaces moyennes et l'évapotranspiration potentielle.

- L'inventaire des points d'eau (puits et sources) faisant objet de cette étude. Ceci a été réalisé grâce à une exploration de terrain assez poussée qui a conduit à la détection des points d'eau déjà enregistrés sur les carte topographique de Tétouan (1/50000) et Melloussa (1/50000) et à l'identification de nouveaux points d'eau sur le terrain.
- L'identification et la caractérisation hydrogéologique (piézométrie et mesure des débits) des systèmes hydrogéologiques limités. Ces systèmes, identifiés par leur susceptibilité de contenir l'eau, ont été étudiés d'une façon singulière (un par un) ce qui a permis de ressortir les paramètres hydrodynamiques de chaque système aquifère selon les objectifs tracés, notamment : les niveaux piézométriques des aquifères, le sens de l'écoulement des eaux et l'estimation des réserves hydriques prospectées. Au niveau des puits, la mesure des niveaux piézométriques a été faite grâce à la mesure de la différence entre la profondeur de l'eau (déterminée par une sonde et un GPS) et le niveau marin alors que pour les sources d'eau, elle est déduite en se référant à leurs altitudes. Ces mesures ont été réalisées dans une première période sèche (Juillet et Aout de l'année 2009) et une deuxième période humide (Décembre 2011). Le calcul des débits a été réalisé dans une première période sèche des mois de juillet et Août 2010 et une autre pluvieuse de Novembre et Décembre 2012.
- Après la collecte des données hydrogéologiques, un travail de cartographie a été mené par l'élaboration des coupes et cartes hydrogéologiques de chaque système aquifère limité. Cette dernière opération a été réalisée en se basant sur les données des cartes géologiques de Melloussa (1/50000) et de Tétouan (1/50000) comparées et confirmées par l'observation et l'étude des différents systèmes aquifères sur le terrain.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 CARACTERISATION HYDRO-CLIMATOLOGIQUE DE LA ZONE D'ETUDE

Cette étude est basée sur l'analyse des précipitations, de la température, des l'évapotranspiration (ETP et ETR) et du ruissellement. Pour ce faire, les données de plusieurs stations météorologiques cités avant ont été utilisées (fig.4).

Les variations du climat dans ce secteur sont minimales pour une période de 28 ans. Les précipitations moyennes annuelles enregistrent une moyenne de 729 mm/an, alors que les températures moyennes annuelles varient entre 17°C et 18°C. Selon le diagramme ombro-thermique, le secteur d'étude connaît une saison humide qui s'étend d'octobre à mai et une saison sèche de juin à septembre (fig.5).

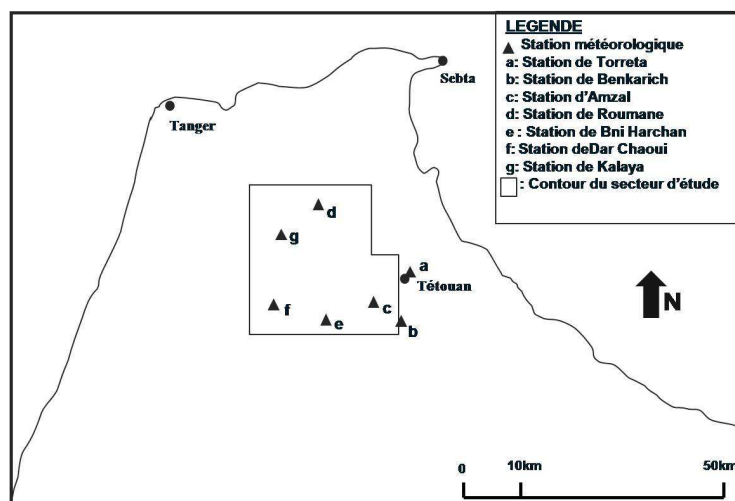


Figure 4 : Localisation des stations météorologiques dans la zone d'étude

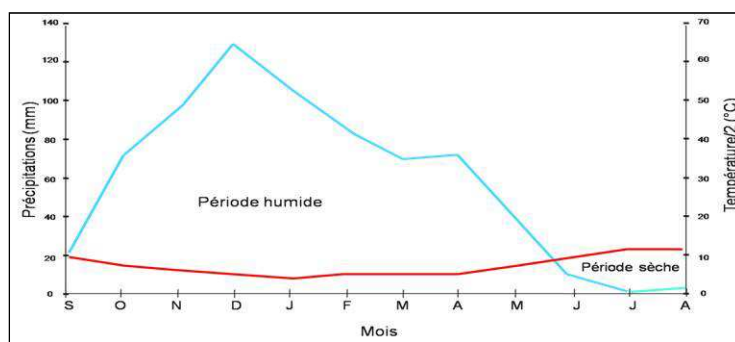


Figure 5 : Diagramme ombro-thermique 1983-2010

A la station de Ben Karrich pour la période 1983-2010, l'évapotranspiration potentielle annuelle est peu variable, sa moyenne est de 869,9mm/an. En admettant que la réserve facilement utilisable (RFU) est égale à 100, l'évapotranspiration réelle moyenne annuelle est égale à 565,5 mm/an soit 78% de la pluviométrie moyenne interannuelle observée dans le secteur d'étude. Pour la même période de 28 ans, les pluies efficaces ont enregistré une moyenne annuelle de l'ordre de 157,55mm/an alors que le ruissellement est de 6,66%. Il est donc fixé à 47,7 mm/an pour la totalité du secteur d'étude.

3.2 SYSTÈMES AQUIFÈRES LIMITÉS

Le travail d'inventaire des points d'eau a permis de comptabiliser 158 points dans le secteur d'étude, dont 90 sources (48 sont pérennes) et 68 puits. Les points d'eau qui contiennent un potentiel hydrique considérable (sources d'eau pérennes et puits renouvelables) appartiennent dans leur plupart aux trois systèmes aquifères limités « SAL » cités ci haut, à savoir: le système numidien de Zinat, le système Melloussa-Tisirène et le système Unité de Tanger-Quaternaire (fig.6).

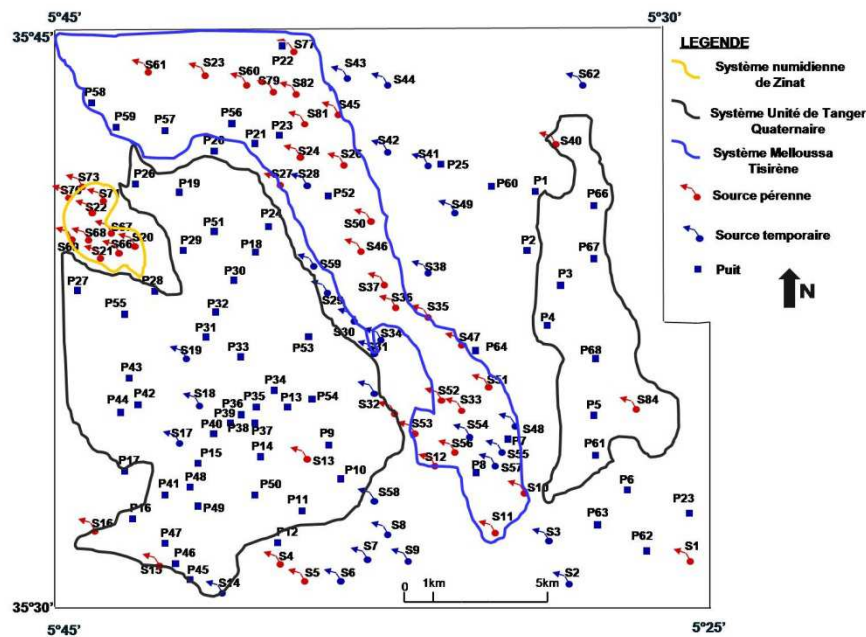


Figure 6 : Carte des points d'eau inventoriés sur les systèmes aquifère limités

3.2.1 SYSTÈME NUMIDIEN DE ZINAT

D'une superficie d'environ 5 km², c'est le système le plus limité géographiquement. Il est constitué principalement des grès du flysch numidien d'âge Oligo-Aquitainien avec une alternance d'argiles varicolores et de pélites sableuses à silteuses rouges à rares niveaux microbréchiques d'âge Eocène-Oligocène. La formation gréseuse constitue le principal réservoir d'eau dans le secteur sous forme de grands blocs pouvant atteindre plus de 200 m d'épaisseur (fig.7).

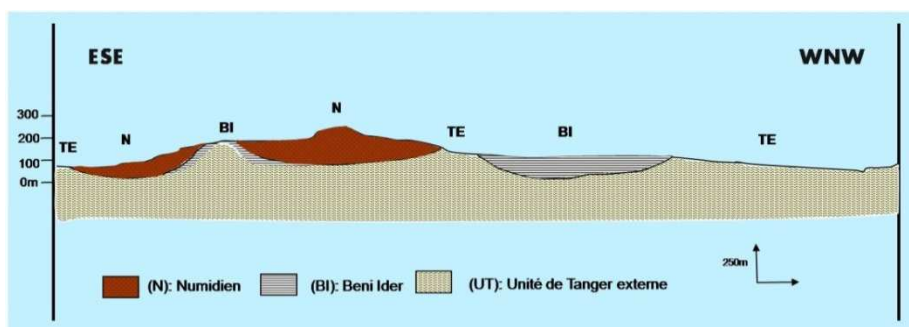


Figure 7 : Coupe synthétique du système numidien

LIMITES DU SYSTÈME NUMIDIEN DE ZINAT

Ce système, sous forme de deux losanges orientés NE-SW et E-W, repose sur le substratum argileux de l'unité de Tanger externe ou parfois sur le flysch de Beni Ider. Il est bordé par : 1) le flysch de Beni Ider dont la lithologie est très diversifiée mais qui révèle un comportement imperméable 2) l'unité de Tanger majoritairement argileuse 3) et dans une petite partie par des affleurements alluviales du Quaternaire. Le caractère des formations de limites de ce système est donc essentiellement aquiclude (Fig.8).

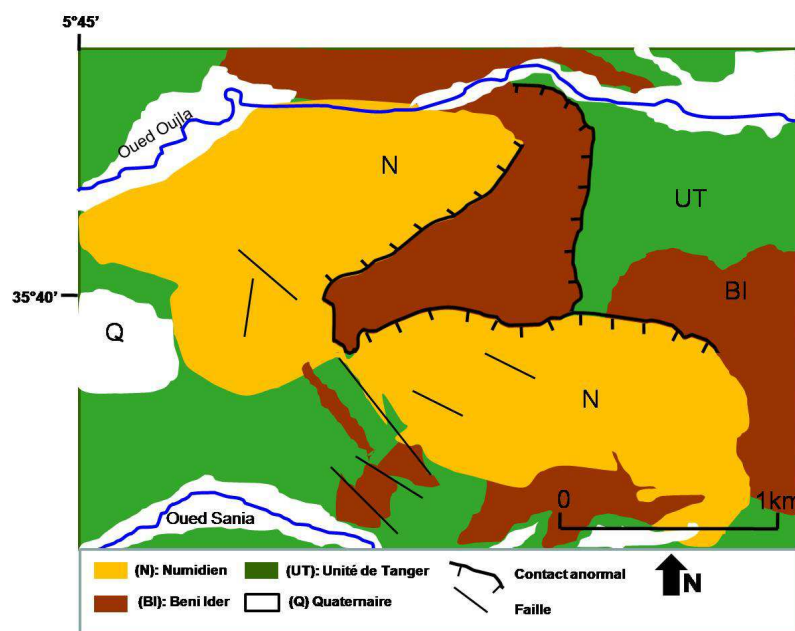


Figure 8 : Carte géologique du système numidien de Zinat (d'après la référence [8])

RÉSURGENCES

L'étude structurale des formations géologiques de ce système révèlent deux types de résurgences vis-à-vis de leur localisation (Fig.9) : des résurgences situées sur le contact de la formation gréseuse de l'Oligo-Aquitainien avec d'autres entités lithologiques comme Ain El Ghouzlan (S20), Ain Khbichou (S70) et Ain Sahrij (S67) et des résurgences situées sur une faille comme celle de Ain Guemot (S21) et de Ain Jdida (S66).

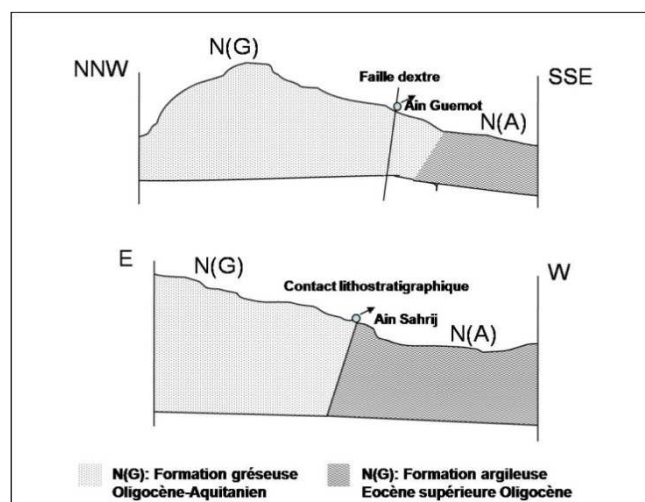


Figure 9: Coupes des deux types de sources du système numidien

Ce système comporte un nombre assez important de sources pérennes (11 au total) de débit moyen à faible (entre 0.02 et 0.2 l/s). Le débit de ces sources ne connaît pas une grande fluctuation entre les périodes de crues et de décrues à l'exception des sources de faible débit (de moins de 0,05 l/s) (Tab.I)

Tableau I : Débits des sources du système numidien de Zinat

Sources	Débit (l/s)	
	Crue (Juillet et Aout 2010)	Décrue (Novembre et Décembre 2012)
S20	0,2	0,15
S21	0,1	0,07
S22	0,1	0,1
S66	0,05	0,03
S67	0,15	0,1
S68	0,1	0,07
S69	0,05	0,02
S70	0,05	0,02
S71	0,2	0,15
S73	0,05	0,02
S86	0,2	0,2

CARTE PIEZOMETRIQUE ET SENS D'ÉCOULEMENT

L'écoulement des eaux des sources situées sur le contact avec la formation argileuse de l'Eocène supérieur-Oligocène est souvent ralenti par cette dernière ce qui explique les faibles débits observés. D'après la carte piézométrique, la décharge des eaux du système numidien de Zinat se fait au profit de l'oued Sania passant au niveau de sa limite Sud et de l'oued Oujla passant au niveau de sa limite nord (fig.10).

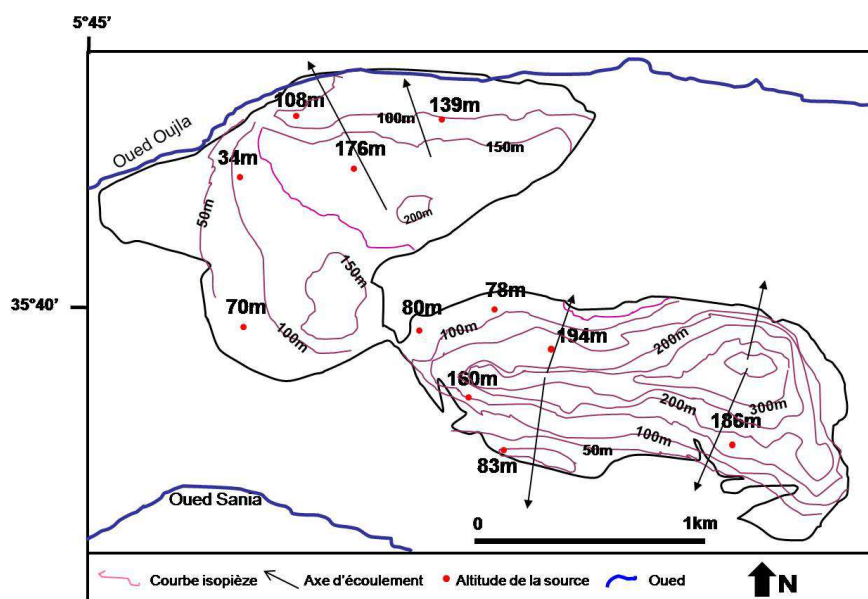


Figure 10 : Carte piézométrique du système numidien et sens d'écoulement

3.2.2 SYSTÈME MELLOUSSA-TISIRÈNE

D'une superficie d'environ 52 km², ce système est très diversifié sur le plan lithologique (calcaire, grès, pélites...). Sur le plan géologique, ce système est composé, en plus des deux formations caractéristiques (Flyschs de Melloussa et Tisirène), de quelques affleurements sus jacentes tel que le flysch de Beni Ider, de l'unité de Tanger et du Quaternaire. Il est très accidenté avec une densité très importante de failles de différentes natures. C'est le flysch de Tisirène constitué de grès d'âge Barrémien à Albien qui joue le rôle du réservoir principal de ce système. Le flysch de Melloussa de sa part est formé d'une formation pélito-quartzique d'âge Barrémien à Albien et de pélites et argiles calcaireux du Crétacé supérieur (Fig. 11 et fig.12).

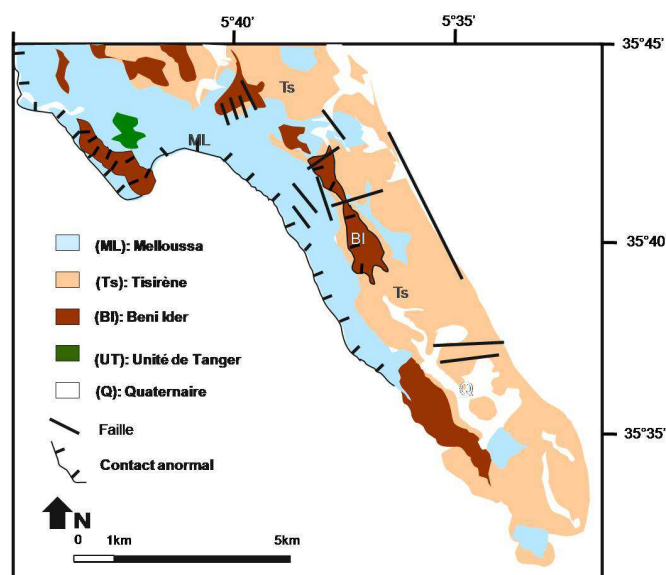


Figure 11 : Carte géologique du système Melloussa Tisirène (d'après la référence [8])

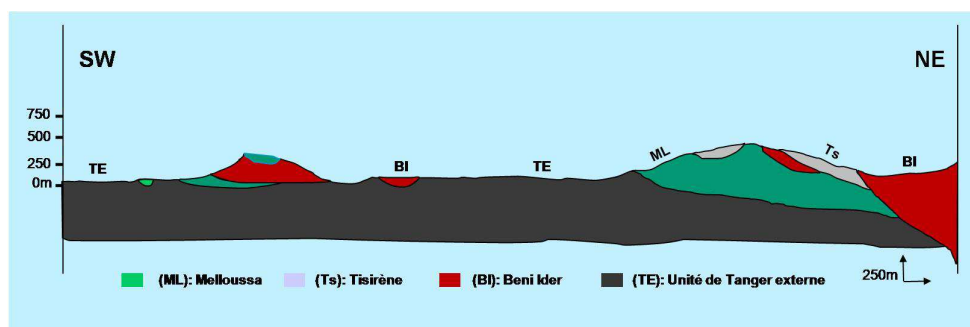


Figure 12 : Coupe synthétique du système Melloussa Tisirène (d'après la référence [8])

LIMITES DU SYSTÈME MELLOUSSA-TISIRÈNE

Le système Melloussa-Tisirène, aux limites bien distinctes, est très répandu géographiquement. Il est limité à l'Est et en partie au Nord par le très grand affleurement du flysch de Beni Ider constitué d'une alternance de calcaires, pélites, grès micacé et argiles datant du Crétacé moyen au Tertiaire. Cette formation avec des faciès lithologiques assez diversifiés se comporte comme un aquiclude en raison de son caractère généralement imperméable. Cependant, des apports d'eau assez importants proviennent de cette formation limitrophe grâce aux ruissellements des eaux de précipitation sur son terrain imperméable. Les autres limites du système sont constituées de la formation argileuse de l'unité de Tanger externe d'âge Turonien-Sénonien et dans certains cas de quelques affleurements assez limités du flysch de Beni Ider. Le substratum du système Melloussa-Tisirène est constitué de l'unité de Tanger externe qui se comporte comme un aquiclude, compte tenu de sa nature géologique essentiellement pélitique.

RÉSURGENCES

Ce système comporte un grand nombre de sources (15 sources pérennes), dont les débits sont assez variables allant de 0,02l/s à 0,7 l/s. Les principales sources de ce système ($q > 0.3$ l/s) sont: Ain Zemij (S26), Ain Roumane (S82), Ain Tnine (S77) et Ain Lahcen (S12). Il existe aussi un grand nombre de sources à débits faibles à moyens (compris entre 0,05 l/s et 0,2 l/s) surtout au niveau du village de Melloussa au Nord et quelques dans Dchars (nomination de petit village au nord du Maroc) du secteur d'étude. A noter que la plupart des sources est localisée au niveau du contact entre la formation du flysch de Melloussa et celle du flysch de Tisirène ou bien sur un niveau de faille.

Tableau 2 : Débits des sources du système Melloussa Tisirène

Sources	Débit (l/s)	
	Crue (Juillet et Aout 2010)	Décrue (Novembre et Décembre 2012)
S12	0,2	0,2
S23	0,05	0,05
S24	0,1	0,05
S26	0,5	0,4
S27	0,1	0,05
S29	0,07	0,05
S32	0,07	0,05
S33	0,12	0,1
S34	0,15	0,1
S60	0,2	0,2
S61	0,15	0,1
S74	0,07	0,05
S77	0,35	0,3
S81	0,25	0,2
S82	0,3	0,3

CARTE PIÉZOMÉTRIQUE

Dans le système Melloussa-Tisirène, il a été difficile d'effectuer une carte piézométrique précise en raison de son hétérogénéité stratigraphique, de sa complexité structurale et de son caractère morphologique montagneux anarchique.

Selon la carte piézométrique (Fig. 13), le sens d'écoulement est généralement orienté depuis le centre vers la partie ouest du système ou parfois depuis le centre vers le Sud à l'exception de la parcelle Nord Est où l'écoulement des eaux se fait vers le centre qui est caractérisé par une grande concentration des sources. Les eaux du système Melloussa-Tisirène alimentent certaines sources du secteur d'étude, l'oued Sania et la formation de l'unité de Tanger-Quaternaire.

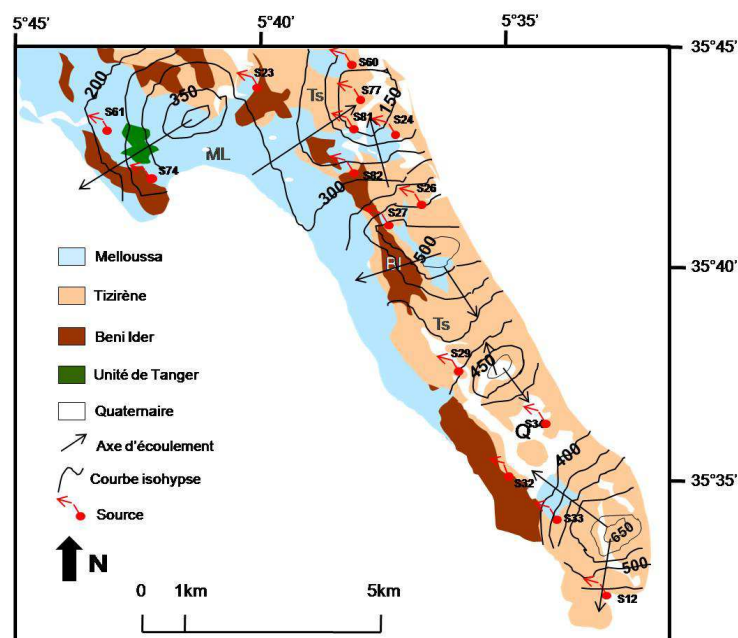


Figure 13 : Carte piézométrique du système Melloussa Tisirène et sens d'écoulement

3.2.3 SYSTEME DE L'UNITÉ DE TANGER-QUATERNAIRE

Ce système est subdivisé en deux tronçons, le premier est situé à l'Ouest du secteur d'étude s'étendant sur une superficie approximative de 54 km². Il est constitué de l'unité de Tanger externe majoritairement argileuse et des dépôts alluviaux du Quaternaire. Le deuxième tronçon (d'une superficie de 20 km²) est composé de la formation du Quaternaire constituée des dépôts fluviatiles ou alluviaux reposant sur l'unité de Tanger interne qui est aussi majoritairement argileuse. La mise en place des formations quaternaires sur l'unité de Tanger est sous forme de poches sédimentaires incluses au sein des formations de l'unité de Tanger.

LIMITES DU SYSTÈME UNITÉ DE TANGER-QUATERNAIRE

Dans les deux tronçons de ce système, les formations sus-jacentes du Quaternaire reposent sur l'unité de Tanger (substratum imperméable). Ce dernier se comporte comme un aquiclude à aquitard dans certains cas. Le premier tronçon occidental est caractérisé par la présence d'un cours d'eau (Oued Sania), dont la longueur atteint une quinzaine de kilomètres et dont le débit est plus ou moins important. Des échanges d'eau se font probablement entre ce dernier oued et le premier tronçon du système aquifère étudié dans ce paragraphe selon la charge hydrique. Il existe aussi d'autres oueds plus petits qui traversent ce tronçon tels que l'oued Oujla et l'oued El Mkabriyech. Le deuxième tronçon oriental est caractérisé par le passage de l'oued Khmis au niveau de la formation quaternaire sur une dizaine de kilomètres ayant certainement des échanges avec le deuxième tronçon du système (Fig.14).

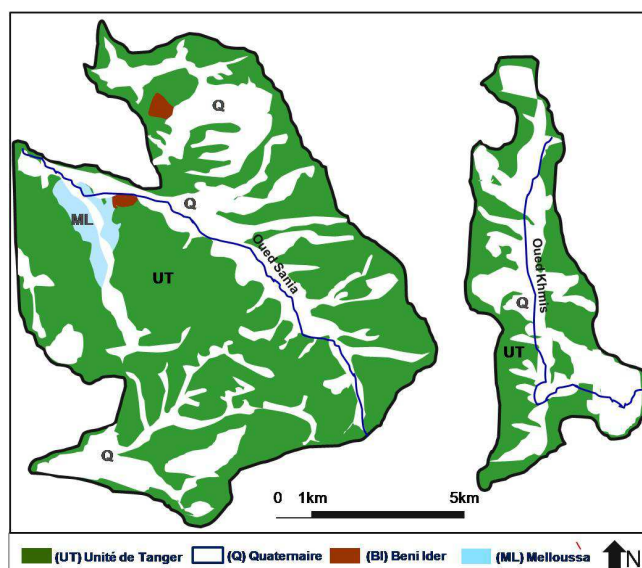


Figure 14 : Carte géologique des deux tronçons du système de l'Unité de Tanger Quaternaire (d'après la référence [8])

Le système de l'Unité de Tanger Quaternaire comporte 25 puits révélant parfois des quantités d'eau assez importantes avec une épaisseur saturée d'eau qui varie entre 5 et 13 mètres. Ce système alimente deux sources pérennes. Le niveau piézométrique des points d'eau du système de l'Unité de Tanger Quaternaire varie considérablement entre la période de crue et celle de décrue (Tab.III).

A noter que la détermination du gradient hydraulique n'a pas été possible dans ce système car il ne s'agit pas d'un aquifère homogène continu, mais plutôt d'un ensemble de poches quaternaires partiellement saturées en eau. Toutefois, les charges hydriques les plus faibles sont situées aux alentours de l'oued Sania au premier tronçon et de l'oued Khmis au deuxième tronçon. Ce système aquifère limité alimenterait ces oueds en eau (Fig.15).

Tableau 3 : Niveaux piézométriques des points d'eau du système Unité de Tanger Quaternaire

Points d'eau	Niveau piézométrique (m)	
	Crue (Juillet et Aout 2009)	Décru (Décembre 2011)
P16	74	72
P41	88	85
P46	96	92
P40	78	70
P42	109	109
P55	65	61
P28	46	45
P33	68	65
P34	86	83
P13	92	90
S13	135	135
P53	164	162
P32	73	69
P30	63	61
P51	66	62
P18	119	118
P26	97	96
P1	85	83
P66	94	91
P2	54	51
P3	62	60
P4	40	37
P5	22	20
P68	42	38
P61	18	16
P67	68	63
P84	28	28

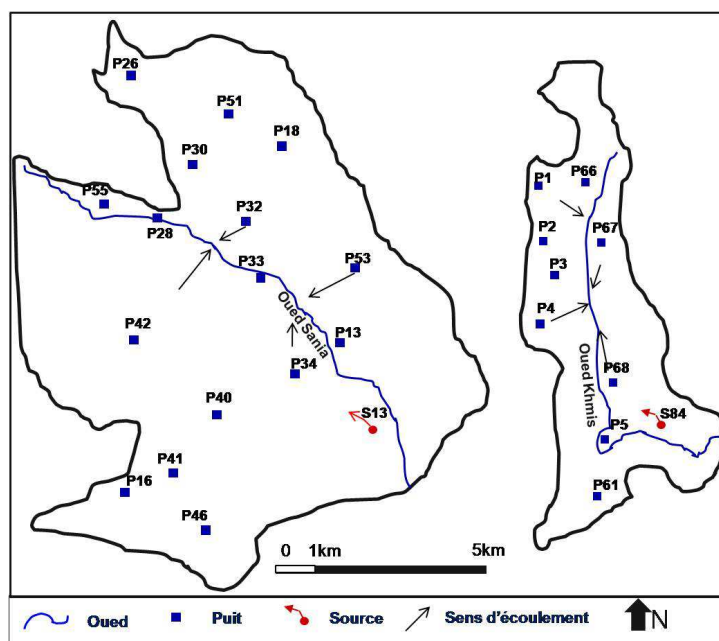


Figure 15: Sens d'écoulement dans le système Unité de Tanger Quaternaire

4 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

L'étude singulière de chaque système aquifère limité, caractérisé par un contexte lithostratigraphique et structural particulier, a permis d'évaluer globalement le potentiel hydrique de la zone d'étude malgré son hétérogénéité. Ainsi, les objectifs principaux tracés ont été réalisés, à savoir : l'inventaire des points d'eau du secteur d'étude, l'identification des systèmes aquifères abritant des valeurs d'eau souterrain importantes (vus les besoins de la population locale en eau) et la réalisation des coupes et cartes géologiques et hydrogéologiques.

Les données recueillies ont également permis de tirer les conclusions suivantes:

- Le secteur d'étude contient des quantités d'eaux souterraines plus ou moins importantes vu la densité des points d'eaux y existant et vu leur pérennité, sauf qu'elles sont concentrées dans certaines zones (au niveau du flysch de Tisirène, du flysch numidien et de la formation Quaternaire).
- Les sources d'eau les plus importantes du secteur d'étude sont situées au niveau des contacts stratigraphiques entre deux formations géologiques ou sur des failles. Parmi ces points d'eau, les sources pérennes peuvent fournir des productivités comprises entre 2 l/s dans le système numidien et 4,5 l/s dans le système Melloussa Tisirène (soit une décharge moyenne de 3,25 l/s).
- Les potentiels d'eau découverts dans la zone sont surtout superficiels ou de subsurface ne dépassant guère 10m de profondeur par rapport au sol sauf exceptions;

Toutefois, ces potentiels hydriques ne sont pas toujours bien explorés dans certains lieux qui révèlent parfois de grandes quantités en écoulement ou en jaillissement, notamment et particulièrement dans certains secteurs du flysch de Tisirène. Dans ce sens, il est recommandable de renforcer et valoriser les ressources situées dans les petits bassins ou bassins d'amont et ne pas se concentrer uniquement sur les ressources situées dans les grands bassins versant ou bassins d'aval.

REFERENCES

- [1] **Ambroise B**, "Genèse des débits dans les petits bassins versants ruraux en milieu tempéré : Processus et facteurs", *Revue des Sciences de l'Eau*, vol. 11, n° 4, pp. 471-496, 1998.
- [2] **Andrieux J**, *La structure du Rif central. Etude des relations entre la tectonique de compression et les nappes de glissement dans un tronçon de la chaîne alpine*, 1975 ; in Michard A, *Eléments de géologie marocaine*, Editions du service géologique marocain, Rabat, pp. 265-266, 1976.
- [3] **Bodega, M. A., Pulido-Bosch, A. & Trac, N. Q**, "Modelo maternático del acuifero detrítico de la plana de Gandia-Denia. Simp. Nac. Hidrogeologia", 1181-1199. AGE y GTH, Valencia, Spain, 1976 ; in El Morabiti , *Contribution à la reconnaissance hydrogéologique de l'aquifère de Martil-Alila (Tétouan, Maroc)*. Thèse de 3^{ème} cycle, Université Abdel Malek Essaâdi de Tétouan, 217 p, 1991.
- [4] **Bzioui M**, "Rapport national sur les ressources en eau au Maroc", Publication de UN Water-Africa, 94p, 2004.
- [5] **Castany G**, *Principes et méthodes de l'hydrogéologie*, Edition Dunod, Paris, 236 p, 1982.
- [6] **Chiochini U., Francis. R, Ryan. W et Vannucci S**, "Geologia di alcune successioni torbiditiche cretacés-terziari appartenenti, flyschs maurétanien del Rif settentrional (Marocco) ", Studi. Géol. Camerti, V.IV, pp. 37-65, 1980.
- [7] **Durand-Delga M., Didon J., Magné J., Feinberg H. et Fleury J. J**, *Carte géologique du Rif Melloussa* (Echelle 1/50000), Editions du service géologique du Maroc, 1984.
- [8] **Durand-Delga M, Hottinger L, Marçais J., Mattauer M., Milliard Y. et Suter G**, *Données actuelles sur la structure du Rif*, Mém. H. série. Soc. Géol. France, pp. 399-422, 1960-1962.
- [9] **El Gharbaoui A**, *La terre et l'homme dans la péninsule tangitane. Etude sur l'homme et le milieu dans le Rif occidental*, Edi. Institut scientifique de Rabat, Service géologique et géographique, Rabat, Maroc, 439 p, 1981.
- [10] **El Morabiti K**, *Contribution à la reconnaissance hydrogéologique de l'aquifère de Martil-Alila (Tétouan, Maroc)*, Thèse de 3^{ème} cycle, Université Abdel Malek Essaâdi de Tétouan, Maroc, 217 p, 1991.
- [11] **El Mrihi A**, *Structures et cinématique de mise en place des nappes de flysch Mauretaniens (Rif externe nord occidentale) : Elaboration d'un modèle*, Thèse de Doctorat de l'Université Abdel Malek Essaâdi Tétouan, Maroc, 376 p, 2005.
- [12] **Gubeli A**, *Stratigraphische und sedimentologische untersuchungen der detritischen unterkeide-serien des zentralen Rif (Marokko)*, Thèse de Doctorat, Université Zürich Ronéot (Allemagne), 543p, 1982.
- [13] **Haut Commissariat au Plan**, *Recensement générale de la population au Maroc*, Rabat, Maroc, 2014.
- [14] **Kornprobst J, Griffon J.C, Leikine M,Raoult J.F et Durand Delga M**, *Carte géologique du Rif Téouan-Ras Mazari (Echelle 1/50000)*, Editions du service géologique du Maroc, 1985.

- [15] **Lespinasse P**, *Géologie des zones externes et des flyschs entre Chaouen et Zoumi (Centre de la Chaîne Rifaine, Maroc)*, Thèse de Doctorat d'Etat, Paris VI (France), 1971 ; in Michard A. *Eléments de géologie marocaine*, éditions du service géologique marocain, Rabat, pp. 265-266, 1976.
- [16] **Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire**, *Carte topographique du Maroc Melloussa (Echelle 1/50000)*, Division de la carte, Rabat, 1965.
- [17] **Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire**, *Carte topographique du Maroc Tétouan (Echelle 1/500000)*, Division de la carte, Rabat, 1970.
- [18] **Michard A**, *Eléments de géologie marocaine*. Editions du service géologique marocain, Rabat, 41p, 1976.
- [19] **Negro F., De Sigoyer, J., Goffé, B., Saddiqi, O., Villa, I.M**, *Tectonic evolution of the Betic–Rif arc: New constraints from 40Ar/39Ar dating on white micas in the Temsamane units (External Rif, northern Morocco)*, *Lithos*, vol. 106, 93-109, 2008.
- [20] **Piqué A**, *Géologie du Maroc, les domaines régionaux et leur évolution structurale*, Marrakech, Maroc, 284p, 1994.
- [21] **Pulido B**, *Datos hidrogeologicos sobre el borde occidental de Sierra Nevada*, Serie universitaria n° 123, Fund. Juan March. 51p, 1980.

Régime et éthologie alimentaires de *Pseudotolithus elongatus* (Bowdich, 1825) de la lagune Ebrié, Côte d'Ivoire

[Food and Feeding Habits of *Pseudotolithus elongatus* (Bowdich, 1825) from Ebrie lagoon, Côte d'Ivoire]

Tiéhoua KONE, Irène Kessia Fokouo KOUAKOU, Jean-Paul Aka AGNISSAN, Yaya SORO, and Konan N'DA

Laboratoire de Biologie et Cytologie Animale,
Université Nangui Abrogoua,
Abidjan, Côte d'Ivoire, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

Copyright © 2016 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: *Pseudotolithus elongatus* of the family of Sciaenidae lives in Ebrie lagoon, where it is regularly met in the unloadings of artisanal fishing. The diet was studied according to the seasons and of the size of the various specimens (immature and mature). About 437 individuals of measuring between 14,5 and 42,7 cm total length were examined during July 2013 to February 2015. On the 437 examined stomachs, 182 were empty, which gives a rate of vacuity of 41,64%. A feeding index (IRI: index of relative importance of food item) by combining three methods (frequency occurrence, numerical method and weight method) was used. The identification of the items found the stomach contents revealed that the principals food items were the Crustacean (%IRI = 89,26) and the fish (%IRI = 10,54). Annelids (%IRI = 0,1) and the vegetable detritus (%IRI = 0,1) are accidental food. This feed does not varied seasonally and among the size of fish.

KEYWORDS: artisanal fishing, Sciaenidae, feeding, Ethology, Ebrie lagoon.

RESUME: *Pseudotolithus elongatus* de la famille des Sciaenidae vit en lagune Ebrié, où il est régulièrement rencontré dans les débarquements de la pêche artisanale. Son régime alimentaire est étudié en fonction des saisons et de la taille des différents spécimens (immatures et matures). Les estomacs de 437 individus (de longueur totale variant entre 14,5 et 42,7 cm) ont été analysés. Cette étude a été réalisée de juillet 2013 à juin 2015. Sur l'ensemble des estomacs examinés, 182 étaient vides, soit une vacuité digestive de 41,64 %. L'indice d'importance relative (%IRI) combinant le pourcentage d'occurrence (%Fc), le pourcentage numérique (%N) et le pourcentage pondéral (%P) a été utilisé pour déterminer l'importance des différentes catégories de proies. Quatre catégories de proies ont été répertoriées dont les principales sont les crustacés (%IRI = 89,26) et les poissons (%IRI = 10,54), tandis que les annélides (%IRI = 0,1) et les débris végétaux (%IRI = 0,1) sont des aliments accidentels. Son régime ne varie pas en fonction des saisons et des différentes classes de taille observée.

MOTS-CLEFS: Pêche artisanale, Sciaenidae, Alimentation, Ethologie, Lagune Ebrié.

1 INTRODUCTION

La connaissance de l'alimentation des poissons en milieu naturel est une étape indispensable à la compréhension de leur biologie et de leur écologie. L'alimentation d'une espèce peut permettre d'expliquer les variations de croissance, certains aspects de la reproduction, les migrations et le comportement de recherche et de prise de nourriture. En outre, l'étude du

régime permet de comprendre comment s'effectuent le partage des ressources dans le milieu et les phénomènes de compétition [1].

Pseudolithus elongatus, espèce démersale de la famille des Sciaenidae, se rencontre tout au long de la côte ouest-africaine, du Sénégal jusqu'à l'Angola. Cette espèce très côtière vivant au-dessus de fonds vaseux jusqu'à 50 m de profondeur est aussi présente dans les estuaires et les lagunes [2]. Sa distribution bathymétrique montre que les jeunes individus sont très côtiers alors que les gros individus s'éloignent le plus souvent des zones d'estuaires. Ce poisson semble aussi tolérer de grandes variations de salinité [3]. Comme la plupart des Sciaenidae, *Pseudolithus elongatus* tolère également de larges variations de température [4].

En Côte d'Ivoire, cette espèce est régulièrement débarquée dans les prises de la pêche artisanale en lagune Ebrié [5]. Du fait de la valeur commerciale extrêmement élevée que présente *P. elongatus* et de la place de choix qu'il occupe dans l'assiette du consommateur, l'étude de sa biologie notamment de son régime alimentaire permet de préciser le réseau trophique auquel il appartient.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MILIEU D'ETUDE

Située dans le sud de la Côte d'Ivoire, la lagune Ebrié est limitée à l'ouest par le canal d'Assagny et à l'est par le canal d'Assinie. C'est un système lagunaire (lagunes Adjinn et Potou, baies de Cocody et Biétry) de forme allongée avec une superficie de 566 km² [6]. Située entre les longitudes 3°47' et 5°29' ouest et les latitudes 5°02' et 5°42' nord, la lagune a environ 130 km de longueur et une largeur moyenne de 4 km. Son volume total est d'environ 2,7 10⁹ m³. La profondeur moyenne de l'eau est de 4,8 m bien qu'on puisse observer des profondeurs de 20 m près d'Abidjan [5], [7], [8].

La lagune Ebrié est séparée de l'Océan Atlantique par un cordon littoral sableux traversé en sa partie centrale par le canal de Vridi depuis 1951. Ce canal, large de 300 m et profond d'environ une vingtaine de mètres est la seule voie de communication avec la mer. L'eau de l'Océan Atlantique pénètre la lagune par le canal de Vridi (longueur : 300 m) en permanence et se mélange avec les eaux douces du fleuve Comoé, des rivières Agnèby et Mé [9], [10]. Elle bénéficie d'un climat de type équatorial de transition avec 4 saisons annuelles : deux pluvieuses (avril, mai, juin, juillet et octobre, novembre) et deux sèches (décembre, janvier, février, mars et août, septembre).

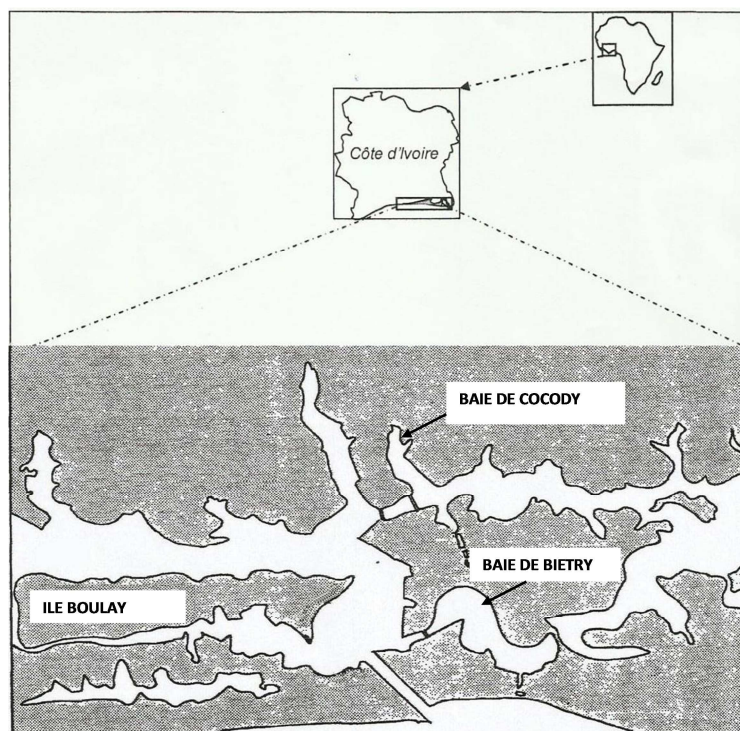


Fig. 1. Présentation de la zone d'étude [11]

2.2 ECHANTILLONNAGE ET ANALYSE DES CONTENUS STOMACAUX

Les poissons ayant servi à cette étude ont été collectés mensuellement de juillet 2013 à juin 2015. Ceux-ci capturés aux filets maillants (mailles comprise entre 20 et 40mm), provenaient de l'île Boulay, de la Baie de Cocody et celle de Biétry (Fig. 1). Les estomacs de 437 spécimens de longueur totale comprise entre 14,5 cm et 42,7 cm ont été examinés. Les estomacs prélevés ont été conservés dans du formol à 5%. Au laboratoire, après incision, les estomacs sont vidés de leur contenu dans des boîtes de pétri et lavés à l'aide d'une pissette. Selon l'état de digestion et la taille, les proies sont identifiées soit à l'œil nu, soit à l'aide d'une loupe binoculaire. Les différents taxons sont ensuite triés, identifiés, dénombrés et pesés après essorage sur du papier buvards.

Les données obtenues ont permis de calculer le coefficient de vacuité (Cv), le pourcentage d'occurrence (%Fc), le pourcentage numérique (%N), le pourcentage pondéral (%P) et l'indice d'importance relative (%IRI) selon [1]:

$$Cv = \frac{\text{Nombre d'estomacs vides}}{\text{Nombre d'estomacs examinés}} \times 100$$

$$\%Fc = \frac{\text{Nombre d'estomac contenant l'item i}}{\text{Nombre d'estomacs plein}} \times 100$$

$$\%N = \frac{\text{nombre total de l'item i}}{\text{nombre total de tous les aliments}} \times 100$$

$$\%P = \frac{\text{poids total de l'item i}}{\text{poids total de tous les aliments}} \times 100$$

$$IRI = \%Fc (\%N + \%P)$$

Cet indice est exprimé en pourcentage selon la formule suivante :

$$\%IRI = \frac{IRI}{\sum IRI} \times 100$$

L'indice d'abondance spécifique (% Si) exprime la proportion de chaque catégorie de proies, uniquement pour les estomacs où cette catégorie de proies est rencontrée [12]. Les différents indices d'abondances spécifiques de chaque groupe de proies permettent d'établir le diagramme de [12]. Ce diagramme sert à connaître la stratégie trophique de l'espèce étudiée qui peut être soit généralisée en la consommation de plusieurs types de proies, soit spécialisée en la consommation d'une catégorie de proies ou les deux à la fois.

$$\%Si = \frac{ai}{ati} \times 100$$

ai : abondance totale (poids, volume ou nombre) de la proie i

ati : abondance totale (poids, volume ou nombre) de toutes les proies seulement dans l'ensemble des estomacs contenant la proie i.

L'observation macroscopique des gonades a permis de classer les poissons en deux groupes en utilisant la taille de première maturité sexuelle (L50) des mâles et des femelles. La plus petite L50 (20,5 cm) a été utilisé comme taille de référence. Le groupe 1 renferme les immatures c'est-à-dire les individus dont la taille est inférieure à 20,5 cm. Quant au groupe 2 (les matures), il rassemble les individus dont la taille est supérieure ou égale à 20,5 cm.

L'indice de Schoener a été utilisé pour montrer les similarités des régimes alimentaires entre les différentes saisons et les différentes classes de tailles. Cet indice a été calculé en utilisant le nombre (N) de chaque catégorie de proies selon la formule de la référence [13]:

$$\alpha = 1 - 0.5 (\sum |pxi - pyi|)$$

Pxi est la proportion de l'aliment i par un stade de maturité ou les individus d'une saison (X)

Pyi est la proportion de l'aliment i par un stade de maturité ou les individus d'une saison (y).

Les régimes alimentaires sont considérés significativement similaires lorsque la valeur de α est supérieure ou égale à 0,6 [14].

3 RESULTATS

3.1 COEFFICIENT DE VACUITE ET PROFIL GENERAL DU REGIME ALIMENTAIRE

Sur un total de 437 spécimens examinés, 182 avaient leurs estomacs vides, soit une vacuité digestive de 41,64%.

L'analyse de 255 estomacs contenant des aliments a permis d'identifier 4 catégories de proies (Tableau 1) qui sont : les crustacés, les poissons, les annélides, et les débris végétaux. Sur la base de l'indice d'importance relative, les crustacés sont les proies les plus consommées (% IRI = 89,26) avec une préférence plus prononcée pour la crevette *Penaeus notialis* (% IRI = 75,53). Les poissons constituent les proies secondairement ingérées (% IRI = 10,54), puis suivent les annélides (% IRI = 0,1) et les débris végétaux qui sont occasionnelles (% IRI = 0,1).

Tableau 1. Composition du régime alimentaire générale de *Pseudotolithus elongatus* de la lagune Ebrié

Proies	% Fc	%N	% P	% IRI	%Si
CRUSTACES					
Crevettes	67,19	80,02	24,6	86,6	
<i>Penaeus notialis</i>	38,17	63,53	15,74	75,53	84,54
<i>Macrobrachium vollehovenii</i>	19,24	12,54	8,14	9,93	51,18
Débris crevettes	9,78	3,95	0,72	1,14	100
Crabes	10,41	7,21	3,02	2,66	
<i>Callinectes amnicola</i>	10,41	7,21	3,02	2,66	39,49
POISSONS					
<i>Ethmalosa fimbriata</i>	6,94	63,53	31,94	6,03	75,75
<i>Sardinella maderensis</i>	3,47	12,54	30,13	2,76	88,23
Anguille	1,9	3,95	0,62	0,12	34,78
Débris poissons	5,68	7,21	8,87	1,63	70,96
ANNELIDES					
polychètes	1,26	2,56	0,64	0,1	84,61
DEBRIS VEGETAUX	3,15	1,16	0,18	0,1	17,24
TOTAL					
CRUSTACES	77,6	87,23	27,62	89,26	95,18
POISSONS	17,99	9,05	71,56	10,54	54,54
ANNELIDES	1,26	2,56	0,64	0,1	84,61
DEBRIS VEGETAUX	3,15	1,16	0,18	0,1	16,12

3.2 VARIATION DU REGIME EN FONCTION DES CLASSES DE TAILLES

La Figure 2 indique l'indice d'importance relative des proies du groupe 1 et 2. Pour le groupe 1 les crustacés constituent les proies majoritairement consommées (%IRI = 96,25). Parmi celles-ci *P. notialis* est la principale (% IRI = 51,67). Les aliments ingérés secondairement sont les poissons dont l'anguille (% IRI = 3,34). Les autres (annélides et débris végétaux) sont absents des contenus stomacaux. En ce qui concerne le groupe 2 les crustacés (%IRI = 86,38) demeurent les proies les plus recherchées dont la crevette *P. notialis* (%IRI = 77,47). Les spécimens de ce groupe introduisent de plus en plus le poisson (% IRI = 13,29) dans leur alimentation en l'occurrence *E. fimbriata* (% IRI = 8,02). Les annélides (%IRI = 0,16) et Les débris végétaux (%IRI = 0,17) sont des proies accessoires. L'indice de Schoener calculé entre ces deux groupes est $\alpha=1$.

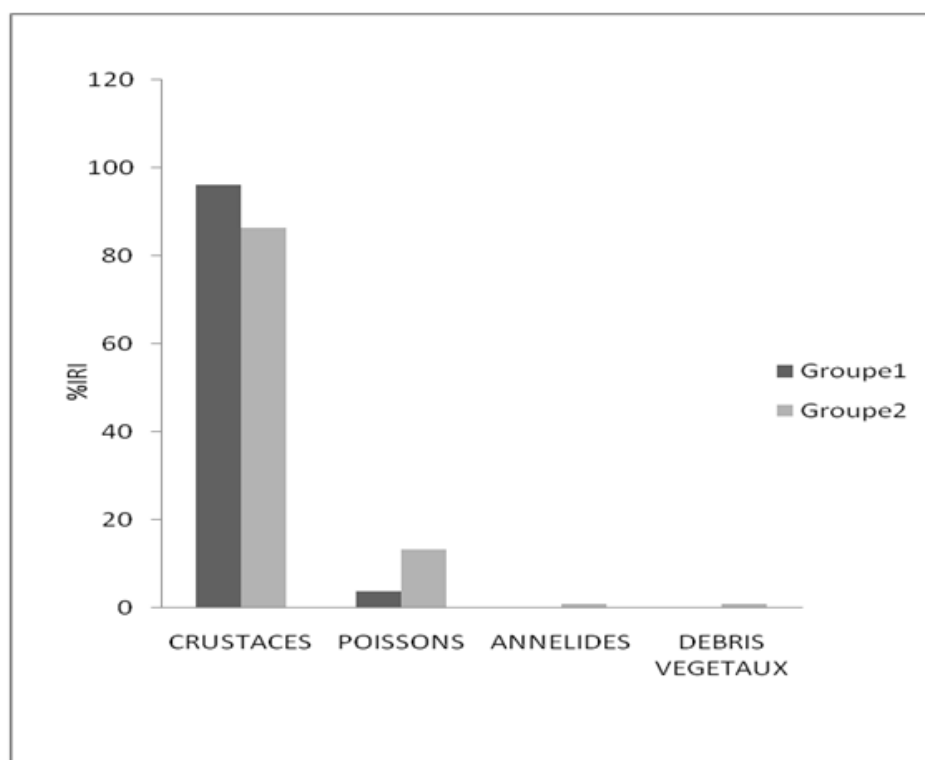


Fig. 2. Composition du régime alimentaire des différentes classes de tailles de *Pseudotolithus elongatus*.

3.3 VARIATION SAISONNIÈRE DU RÉGIME ALIMENTAIRE

La Figure 3 présente l'indice d'importance relative des proies selon les saisons (saisons sèches et saisons pluvieuses). En saisons sèche les proies préférentielles sont les crustacés (%IRI = 94,61). Les proies secondaires sont les poissons (%IRI = 5,37). Les annélides (%IRI = 0,01) et les débris végétaux (%IRI = 0,01) restent des proies rarement ingérées. En saisons pluvieuses les crustacés (%IRI = 75,05) dont les crevettes (*P. notialis*, %IRI = 77,47) sont toujours les proies les plus importantes. Les poissons apparaissent comme les proies secondaires (%IRI = 23,9) mais avec une proportion plus importante qu'en saison sèche. Les autres proies (annélides, débris végétaux) sont toujours rares dans le bol alimentaire avec des proportions respectives de 0,43 et 0,62. L'indice de Schoener calculé entre les deux saisons est $\alpha = 1$.

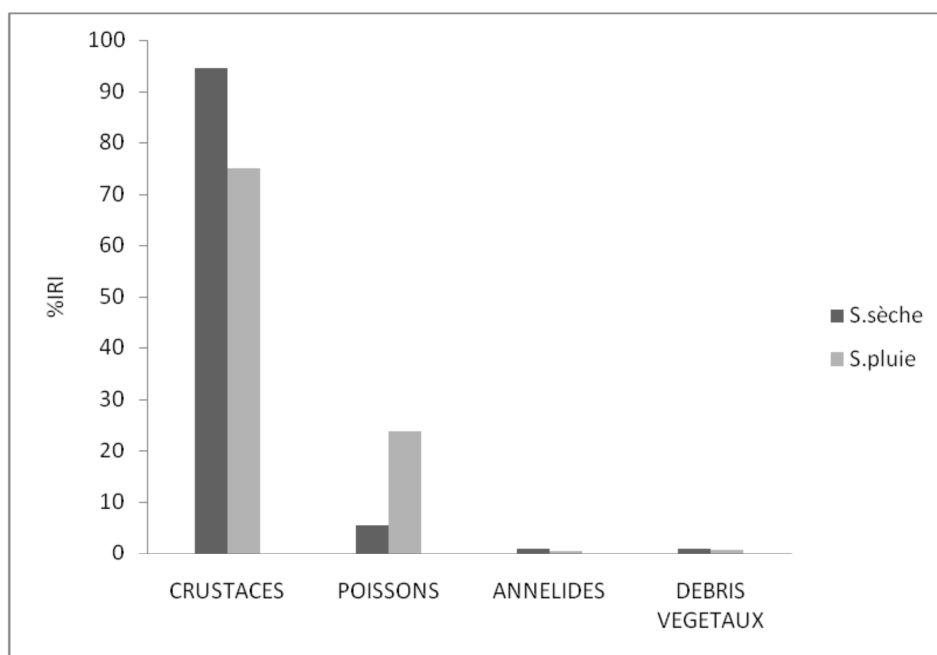


Fig. 3. Composition du régime alimentaire de *Pseudotolithus elongatus* en fonction des saisons

3.4 ETHOLOGIE ALIMENTAIRE

Les diagrammes de [12] représenté à la Figure 4, Figure 5, Figure 6, Figure 7 et Figure 8 décrivent respectivement l'éthologie alimentaire de *P. elongatus* pour l'ensemble de la population, les individus immatures, les individus matures, ainsi qu'en saison des pluies et en saison sèche. L'analyse de ces diagrammes révèle que la niche écologique de *P. elongatus* est restreinte. Il présente un régime alimentaire spécialiste. Toute la population se spécialise dans la consommation d'un nombre réduit de proies (les crustacés) quelque soit la taille des individus et quelque soit la saison.

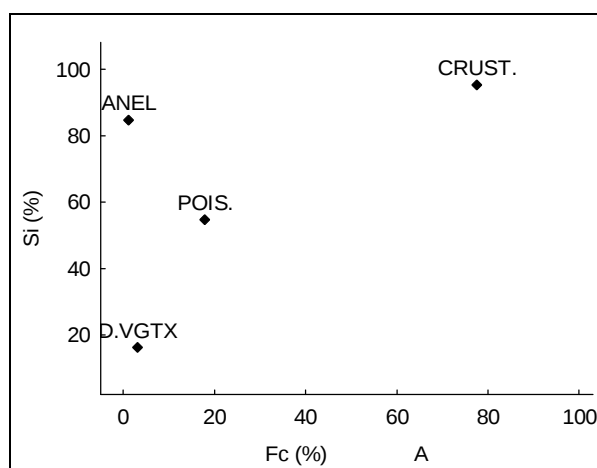


Fig. 4. Graphique de [12] décrivant l'éthologie alimentaire de l'ensemble de la population de *P. elongatus*. CRUST : crustacés, POIS : poissons, ANEL : annélides, D. VGTX : débris végétaux.

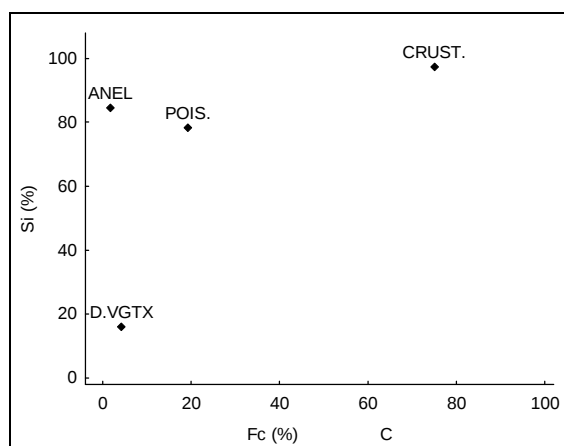


Fig. 5. Ethologie alimentaires des immatures

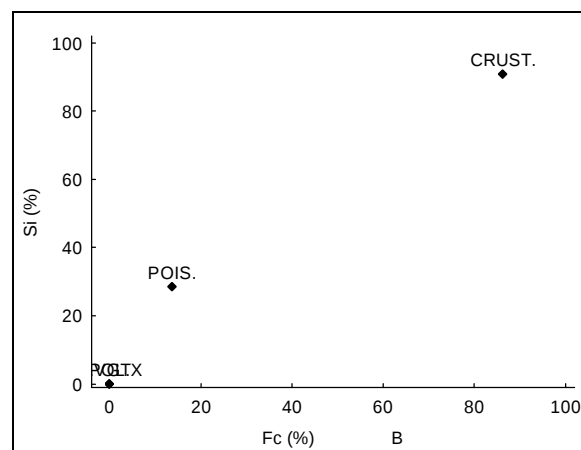


Fig. 6. Ethologie alimentaire des matures

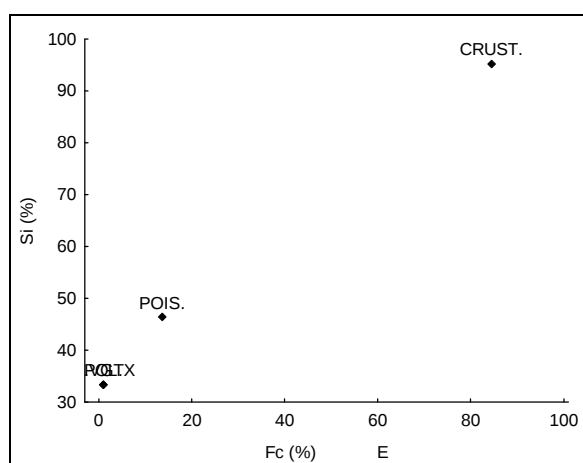


Fig. 7. Ethologie alimentaire en saison des pluies

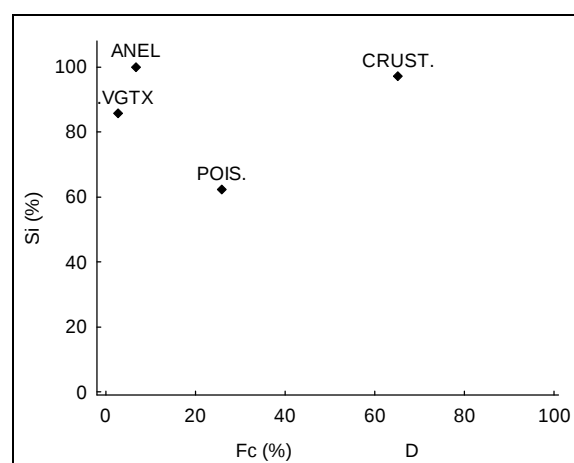


Fig. 8. Ethologie alimentaire en saison sèche

4 DISCUSSION

La valeur du coefficient de vacuité digestive de l'ensemble des échantillons examinés de la lagune Ebrié est de 41,64 %. Cette vacuité importante pourrait se justifier par une régurgitation des proies contenues dans les estomacs lors de la capture des poissons comme c'est le cas chez *Trachinotus teraia* dans la lagune Ebrié [15]. Le fort taux de vacuité s'expliquerait aussi par une augmentation de volume des glandes génitales exerçant une pression de plus en plus forte sur le tube digestif et ceci emmène le poisson à s'alimenter peu ou pas pendant la période de ponte [16].

L'analyse des contenus stomacaux de *P. elongatus* révèle que ce poisson est un prédateur. Il se nourrit de crustacés, de poissons, d'annélides et de débris végétaux. Cette espèce affiche une préférence alimentaire nette pour les crustacés plus particulièrement les crevettes. Les poissons constituent également un apport relativement important dans son alimentation. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par [17] et [18] lors de leurs travaux réalisés respectivement en Guinée et au Nigeria. La référence [17] met également en évidence l'importance des crevettes dans le régime alimentaire de *P. elongatus*. Selon la référence [19] le taux élevé de crevette dans les contenus stomacaux pourrait se justifier par l'abondance de celle-ci dans le milieu et par la valeur nutritive qu'elles possèdent. Ainsi, comme il est majoritairement prédateur des crevettes et dans une moindre mesure les poissons, il n'est pas rare qu'on retrouve parfois un certain nombre d'estomacs vides, qui pourrait être expliqué par l'insuccès éventuel de sa chasse [17]. Des travaux réalisés sur deux espèces du même genre (*Pseudotolithus senegalensis*, *Pseudotolithus typus*) par [20], [21] et [22] précisent que ces espèces portent un choix préférentiel sur les crevettes et les poissons. Le nombre réduit de polychètes et de débris végétaux pourrait indiquer qu'il s'agit là de nourritures accidentelles. L'analyse du régime alimentaire de *P. elongatus* montre que les crustacés sont les proies principales, particulièrement les crevettes quelle que soit la saison et la taille des individus. Les indices de Schoener selon les saisons ($\alpha = 1$) et selon la taille des individus ($\alpha = 1$) montrent qu'il n'y a pas de variation significative dans la

consommation des proies d'une saison à une autre ou d'une classe de taille à une autre. Ceci pourrait s'expliquer par une disponibilité plus grande des crevettes dans la lagune Ebrié, par le rôle important que joue la crevette dans la nutrition de *P. elongatus* et par le choix alimentaire que porte ce poisson sur la crevette. Ce résultat diffère de celui de [20] lors de ces travaux réalisés en Côte d'Ivoire sur *Pseudotolithus senegalensis* et *Pseudotolithus typus* en milieu marin. Selon cet auteur il existe des fluctuations relativement importantes qui surviennent dans le régime alimentaire due aux variations simultanées que l'on constate dans le milieu, en particulier les variations de température qui surviennent pendant les différentes saisons marines. Ces mêmes travaux ont révélés que ces prédateurs changeaient progressivement de régime alimentaire en grandissant. Ils introduisaient de plus en plus les proies de grandes tailles dans leur diète.

En ce qui concerne la stratégie alimentaire la population se spécialise dans la consommation des crustacés. Ce résultat se justifie par le fait que la fréquence d'occurrence et l'indice d'abondance spécifique des crustacés sont très élevés, d'où l'importance de cette catégorie de proies dans le régime alimentaire de *P. elongatus*. L'étroitesse de la niche écologique s'expliquerait par la similarité du régime alimentaire observé respectivement entre les différentes saisons et les différentes classes de tailles [23].

5 CONCLUSION

P. elongatus est un prédateur dont l'alimentation est composée généralement de crustacés et de poissons. Les proies majoritaires sont les crustacés (la crevette *Penaeus notialis*) durant toutes les saisons et pour les différentes classes de tailles. Les autres proies telles que les annélides et les débris végétaux sont des proies ingérées de façon occasionnelle.

REFERENCES

- [1] E. Rosecchi, et N. Nouaze., *Comparaison de cinq indices alimentaires utilisés dans l'analyse des contenus stomacaux*, Revue des Travaux de l'Institut de la Pêche Maritime, vol. 49, pp. 111-123, 1987.
- [2] D. Paugy, C. Lévêque, et G. G. Teugels., *Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest*, Tome II, 1992.
- [3] J. C. Le Guen, *Dynamique des populations de Pseudotolithus (Fonticulus) Elongatus (BOWDICH, 1825). Poissons Sciaenidae*, Cahier de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, série Océanographique, vol. 9, pp.3-84, 1971.
- [4] J. Chabanne, *Le peuplement des fonds durs et sableux du plateau continental sénégalais. Etude de sa pêche chalutière. Biologie et dynamique d'une espèce caractéristique : le rouget (Pseudopeneus prayensis)*, Thèse de Doctorat, Université Bretagne Occidentale, France, 1987.
- [5] Albaret, J. J., *Les poissons : Biologie et peuplement*. In : J. R. Durand, P. Dufour, D. Guiral, and S. G. Zabi, (Eds.), *Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire : Tome II, Les milieux lagunaires*, Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer, Paris, pp. 239-274, 1994.
- [6] F. Varlet, *Le régime de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Traits physiques essentiels*, Travaux du Document de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer, 1978.
- [7] Durand, J. R. et Guiral, D., *Hydroclimat et hydrochimie*, In : J. R. Durand, P. Dufour, D. Guiral, and S. G. Zabi, (Eds.), *Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire : Tome II, Les milieux lagunaires*, Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer, Paris, pp. 59-90, 1994.
- [8] R. Laë, "Does overfishing lead to a decrease in catches and yields? An example of two West African Coastal Lagoons," *Fisheries Management and Ecology*, vol. 4, pp. 4-149, 1997.
- [9] R. Laë, *Les pêcheries artisanales lagunaires ouest africaines: échantillonnage et dynamique de la ressource et de l'exploitation*, Thèse de Doctorat, Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer, Paris, 1992.
- [10] J. R. Durand, P. Dufour, D. Guiral, et S. G. Zabi, *Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire : Tome II, Les milieux lagunaires*, 1994.
- [11] J. M. Ecoutin, et M. Delahaye, *Les sennes tournantes de vridi (lagune Ebrié) caractéristiques générales du métier*, Document scientifique du Centre de Recherche Océanographique, Abidjan, vol. 17, pp. 59-77, 1989.
- [12] P. A. Amundsen, H. M. Gable, and F. J. Staldvik, "A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data-Modification of the Costello (1990) method," *Journal of Fish Biology*, vol. 48, pp. 607-614, 1996.
- [13] T. W. Schoener, "Nonsynchronous spatial overlap of lizards in patchy habitats", *Ecology*, vol. 51, pp. 408 - 418, 1970.
- [14] R.K .Wallace. "An assesment of diet overlap indexes", *Transaction of American Fisheries Society*, vol. 110, pp.72-76, 1981.
- [15] S. Sylla, B.C. Atsé, et N.J. Kouassi, " régime alimentaire de *Trachinotus teraia* (carangidae) dans la lagune Ebrié (cote d'ivoire) ", *Cybiurn*, vol. 32, no.1, pp. 81-87, 2008.

- [16] M. Layachi, M. Melhaoui, S. Abdallah, M. Ramdani, et A. Srou, *Etude préliminaire du régime alimentaire du Rouget-barbet (Mullus barbates L., 1758) de la côte nord-est méditerranéenne du Maroc (Nador) de l'année 2001 (poisson mullidae)*, Bulletin de l'Institut Scientifique, vol. 29, pp. 25-41, 2007.
- [17] E. Baran, *Dynamique spatio-temporelle des peuplements de poissons estuariens en Guinée – relation avec le milieu abiotique*, Thèse de Doctorat, Université Bretagne Occidentale, France, 1995.
- [18] J. F. N. Abowei, C. C. Tawari, A. D. I. George, and N. E. Amakiri, "A study of the food habit of *Pseudotolithus elongatus* (Bowdich, 1825) from bonny estuary, Niger delta, Nigeria," *African Journal of Applied Zoology and environmental biology*, vol. 10, pp. 27-37, 2008.
- [19] K. F. Lagler, J.E. Bardack, R.R. Miller, and D.R.M. Passino, *Ichthyology*, John Wiley Inc. New York. USA, 1977.
- [20] J. P. Troadec, *Le régime alimentaire de deux espèces de Sciaenidae ouest africains (Pseudotolithus senegalensis et Pseudotolithus typus)*, Document scientifique du Centre de Recherche Océanographique, Abidjan, vol. 30, pp.1-24, 1968.
- [21] J.P. Troadec, *Biologie et dynamique d'un Sciaenidae ouest africain, Pseudotolithus senegalensis*, Document scientifique du Centre de Recherche Océanographique, Abidjan, vol. 2, no 3, 1971.
- [22] F. K. E. Nunoo, E. Sossoukpe, A. Adite, and E. D. Fiogbe, "Food habits of two species of *Pseudotolithus* (Sciaenidae) of Benin (West Africa) nearshore waters and implications for management", *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, pp. 143-151, 2013.
- [23] A. Koné, J.P.A. Agnissan, S. K. Kouassi, and K. N'Da, "Regime alimentaire de deux requins: *Sphyrna zygeana* (Linnaeus, 1758) et *Isurus oxyrinchus* (Rafinesque, 1809) des côtes ivoiriennes", *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 8, pp. 1173-1186, 2014.

INFLUENCE OF INTIMATE PARTNER VIOLENCE (IPV) ON WOMEN'S PRODUCTIVE WORK IN THE INFORMAL SECTOR IN NAKURU MUNICIPALITY, KENYA

Lynette A. Onyando, Dolphine A. Odero-Wanga, and Rose A. Mwonya

Department of Applied Community Development Studies, Egerton University, Egerton, Kenya

Copyright © 2016 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: Globally, intimate partner violence is experienced in various cultures and affects people across societies irrespective of their economic status. This is also the case in Sub-Saharan Africa. Kenya is reported to show an increasing trend as reported by Medical and Human Rights groups. The influence of intimate partner violence on women's productive work in the informal sector is a subject of interest since women play an active role in the sector. The purpose of this study was to examine the influence of intimate partner violence (IPV) on women's productive work in the informal sector in Nakuru Municipality. The study was carried out in five rescue institutions handling intimate partner violence victims. The study employed *ex-post facto* research design while simple random sampling was used to select 176 participants who were victims of intimate partner violence and had registered the violence in the five rescue institutions. Data was collected by use of researcher administered questionnaire and focus group discussions. A pre-test was conducted among 25 randomly selected women in Lanet Deanery Centre to determine the instrument's reliability which was found through Cronbachs alpha to be 0.8. Data was analyzed using descriptive statistics for qualitative data while inferential statistics based on Chi square test and T-test were used to analyze quantitative data. The findings of the study showed that IPV significantly ($p < 0.05$) resulted into loss of hours of productive work, and reduced personal earnings. The findings therefore indicate that IPV has an influence on productive work of women. It has been recommended that policy makers and stakeholders should include measures to reduce IPV. The same should also be considered for further research so that feasible coping mechanisms can be developed.

KEYWORDS: Intimate Partner Violence (IPV), Women's Productive Work, Informal Sector.

1 INTRODUCTION

IPV is experienced in various cultures and affects people across society irrespective of economic status. A survey carried out in the USA by Bachman, Ronet and Saltzman, (1995) revealed that women are about six times as likely as men to experience IPV. Further research studies reveal that 30% of women surveyed in Barbados experienced IPV while in Canada the figure was 29%. The other parts of the world such as Egypt, New Zealand, Swaziland and the USA, the respective experiences were 34%, 35%, 21% and 22%, other countries such as Nicaragua reveal the same trend (Tonia & Hamel 2007). In East Africa, cases of IPV have also been reported. For example in Tanzania 21% of 1444 women reported such cases over a period of 12 months while 26% reported that the violence can occur anytime (McCloskey, Williams and Larsen, 2005). These women reported that the commonly experienced IPV were physical abuse and forced intercourse.

In Kenya, there has been an increased trend to IPV (Medical and Human Rights [MHR], 2010). The statistics at the Gender Violence Recovery Centre in Nairobi Women's Hospital indicate a drastic increase in IPV. Records in this institution show that cases of IPV were 299 in 2006, 412 in 2007 and 400 in 2008. These statistics are based on reported cases but the ones which go unreported could make the total figure much higher. Further statistics from the centre show that a minimum of eight new cases are reported daily. In Nakuru Municipality, cases of IPV are on the increase. This is confirmed by the increased presence of newly introduced rescue centres for women in abusive relationships such as Tumaina Jipya Centre, Filadelfia Women Crisis Centre, Catholic Diocese of Nakuru and Lanet Deanery within the Municipality.

2 LITERATURE

IPV is increasing in most families and taking different forms. According to the USA based survey on Family Violence Prevention Fund (FVPF) it is defined as a pattern of assaultive and coercive behaviours that may include inflicted physical injury, psychological abuse, sexual assault, progressive social isolation, stalking, deprivation, intimidation and threats (Healthy People, 2010). These behaviours are perpetrated by someone who is, was, or wishes to be involved in an intimate or dating relationship with an adult or adolescent, and are aimed at establishing control by one partner over the other. In the report, it is further stated that 85% of victims of IPV are female and that women are five to eight times more likely than men to be victimised by an intimate partner. The statistical reports are sometimes subjective depending on theory used or accuracy of data. Archer (2000) noted that IPV may be symmetric or asymmetric (in symmetric the perpetrator is either of the partner, while in asymmetric the perpetrator is the man) depending on the theory used and method of data collection.

IPV also described as family violence, domestic violence, women battering, wife beating and spouse abuse, is increasingly recognized as a serious societal problem throughout the world. According to Tjaden and Thoennes (2000), IPV cuts across all socio-economic and cultural boundaries and is seen in both developing and developed countries. IPV is the systematic, intentional use of physical, emotional and/or sexual abuse that one person in a relationship exerts over their partner in order to maintain power and control. Sattler (2000) argued that, abusive relationships cause devastating conditions most often labelled as "power and control". That is, the abuser takes all power in the relationship in order to control the partner. The power may include controlling the finances; keeping the car keys; determining what friendships a partner may have; and all of the other small, day-to-day experiences that are hardly noticed until their effects have reached a damaging extent.

IPV is a worldwide public health problem that significantly impacts on women's mental and physical well-being. A woman living with a violent intimate partner is usually exposed to repetitive acute episodes of physical, psychological and/or sexual violence. Bonomi, Thompson, Anderson, Reid, Carrell, Dimer, and Rivara (2006) reported pronounced negative health outcomes for abused women when compared to their non-abused counterparts. The negative outcomes included smoking, engaging in heavy drinking, and major and minor depressive symptoms. Coker, Davis, Arias, Desai, Sanderson, Brandt and Smith (2002) also reported poor perceived mental and physical health, substance abuse, symptoms of posttraumatic stress disorder (PTSD), depression, anxiety, lowered self esteem and suicide among abused women. With respect to physical health, IPV victims are more likely to report joint disease, current asthma, activity limitations, and HIV risk factors than non-IPV victims (Breiding, Black & Ryan, 2005).

Families who are prone to violence are often unstable socially, emotionally and economically. Stability is vital for progression and development in a family which forms the basic foundation for national development. In this context the set up of a family needs to create an environment that promotes productive work of all its members, which in turn enhances the economic status of the family. This research was carried out in order to determine the influence of IPV on women's productive work in the informal sector in Nakuru municipality.

Two thirds of the world's working hours are constituted by women, as such; they make a significant contribution to the world's economy. Women play a pivotal role in the economic growth and development of many countries through their involvement in the informal sector. Income generated from the informal sector contributes significantly to total household income. In many regions, for example, in several African countries, informal sector income accounts for nearly 30 percent of total income and over 40 percent of total urban income (Chen, 2000). The informal sector is the primary source of employment for women in most developing countries. The involvement of women in the informal sector, which accounts for over 95 percent of women in most countries in Sub-Saharan Africa, is evident in Kenya. In India and in Indonesia, the informal sector accounts for nine out of every ten women (Chen, 2000).

Women's involvement in the informal sector could however be adversely affected by Intimate Partner Violence (IPV) (CARE, 2005). Previous studies show that, Intimate Partner Violence has an influence on mental state of women, subsequently, influencing their productive work (Campbell, 2002). IPV refers to violence or abuse perpetrated by one intimate partner against another intimate partner that causes physical, psychological, or sexual harm to those in the relationship. Such behaviours include: acts of physical aggression such as slapping, hitting, kicking, and beating; psychological abuse such as intimidation, constant belittling, and humiliating; forced intercourse and other forms of sexual coercion; various controlling behaviours such as isolating a person from their family and friends, monitoring their movements, and restricting their access to information and assistance (Krug, Mercy, Dahlberg & Zwi, 2002).

2.1 WOMEN'S ROLES IN THE INFORMAL SECTOR

It is estimated that informal businesses account for 35-50% of GDP in many developing countries. Similarly, in Kenya, the informal sector is quite large, estimated at 34.3% and accounting for 77% of employment. Over 60% of those working in the informal sector are the youth, aged between 18-35 years, 50% being women (Ouma *et al.*, 2009). Informal sector is generally viewed as comprising of activities of petty traders operating on the streets of main urban centres. Most are involved in the sale of second-hand items like clothes and shoes, dairy products, poultry and poultry products, maize roasting and other street vendors, vegetable selling, fish selling and many other small businesses. It can also be described as any activity generating income and profits, though on a small scale, using simple skills, dynamic and not tied to regulation of the activities. In Kenya, as well as some other sub Saharan countries, women's participation in the informal sector accounts for over 50% of GDP (Hontz 2009). This shows that their role is very important to the country's economic growth.

The role of women in production contributes to the household economy as well as to the national development. In the past their roles were more concentrated in the informal sector with emphasis on domestic chores. However, with liberalisation women are increasingly getting involved in formal engagements. Despite this, they still manage to sustain their informal roles at household level. This is an indication that women have the potential to multi-task and therefore play a central role in prosperity at family level. It is noted that in many societies especially in third world countries, household work is the preserve of women even if they are engaged in formal employment. Studies show that women tend to compromise their formal employment for household work as compared to their male partners which confirms their concern for a stable family life in future (Maume, 2006).

White and Rogers (2000) reviewed family outcomes in relation to economic circumstances in 1990s with focus in the USA. The authors reported that both men's and women's economic advantage is associated with more marriage, less divorce, more marital happiness and greater child well being. In this review it was reported that women showed stronger income growth than men even though they were subjected to the same work environment as men. This reveals the potential of women to be more productive given an equal opportunity with men or when exposed to the same environment.

Women constitute two-thirds of the world's working hours. Despite this, they own only 10% of the world's income (Cohen, 2011). This is an indication that they are exploited because their wealth ownership is not commensurate with their contribution in the work force. This is likely to be due to the fact that they have no control of their earnings but instead the male spouse takes ownership. This leads to economic violence thereby depriving them of their rights which results in their productive work being underestimated. In Sub-Saharan Africa just like in many developing countries especially those with high poverty levels, women provide the backbone of rural economy.

In the industry, women provide backbone of rural labour force especially in agricultural industry where they form 47% of the labour. This constitutes 80% of economically active females in labour force. In addition, these women are involved in direct food production more so in the rural areas. Compared to their male counterparts especially in third world countries such as Africa, the role of women in food production is relatively high. Although the formal sector is more visible than the informal sector, the latter contributes significantly to productive work as well; especially in as far as the involvement of women is concerned. Production in the informal sector and in particular where women are involved can be considered in two classes namely home-based workers and street vendors. According to statistics, 85% of home-based workers in most countries are women (Chen, 2000). This is likely to be due to the fact that women are also home keepers and therefore they tend to develop activities at home which they can execute at home. Furthermore culturally women are socialised to remain at home and this promotes productive work within the home environment.

In street vending which mainly involves informal trade, about 73-99% of employment and 50-90% GDP is generated from this segment of informal production (Chen, 2000). Regarding informal employment, women constitute about 50-90%. However, this is likely to be so if mobility of women is not restricted outside the home. This situation is promoted by cultural practices which are counter-productive especially in developing countries where the freedom of association of women is restricted because they are considered to be passive by their male counterparts. A survey carried out in Benin shows that 80% of economic units are from street vending and 75% of all street vendors are women (Chen, 2000). This is an indication that where women are not restricted they can enhance production.

2.2 WOMEN AND ENTREPRENEURSHIP

The complexity of women's life and domestic responsibilities make them not to be very productive in the formal employment, because of the strict duration which often conflict with the many roles which they play. However, they are more productive if their work has some level of flexibility. According to research findings by Isidro (2010), many women were

found to be venturing into self-employment and getting inclined to start their own enterprises. This practice was viewed to pave way to face new challenges, be one's own boss and have a better organised working life. This way of life enables one to plan her activities in totality taking into account business oriented activities and other obligations such as domestic roles as well as reproductive roles. In this way, women are able to manage their responsibilities comprehensively and also appreciate their roles in the society.

Flexibility in terms of time is another factor that encourages women to get into entrepreneurship. It enables them allocate time appropriately for their various activities. In addition to this, working for other people or organisations more often than not frustrates them because in a number of occasions women are taken advantage of. This is so especially in circumstances where they are seeking promotion or increase in wages which is their right but they are occasionally denied or subjected to fulfil certain demands. In this scenario their performance is compromised. Consequently they opt for entrepreneurship despite its challenges but they can manage their destiny unconditionally (Isidro, 2010).

Being self-employed has the potential of controlling one's income which is preferred by most women. In this way they can allocate their income to take care of their diverse obligations. This empowers them to invest more and meet their demands in life independently. It further relieves them from dependency syndrome which otherwise would make them be a lesser people in the society. Further to this, entrepreneurship also offers challenges at personal and professional levels. It is also subjected to stiff competition which would enable women to maximise on the use of their talents and hence perform better than if in formal employment. Entrepreneurship rather than formal employment in large companies particularly offers women improved better chance in advancing in their careers (Griffey-Brown & Oakland, 2007). On the other hand studies in the US have revealed that women have been starting businesses at twice the rate of men over the past several years (Myers, 2005).

2.3 INTIMATE PARTNER VIOLENCE AND WOMEN'S PRODUCTIVE WORK

The social and economic costs of IPV are enormous and have ripple effects throughout the society. Women may suffer isolation, inability to work, loss of wages, lack of participation in regular activities and limited ability to care for themselves and their children. Since women make up for a significant proportion of the work force, any influence on their performance will lead to reduction in productive work and consequently to reduction in national economic development.

Studies by Reeves and Kelly (2007) on work organisation revealed that IPV victims missed more hours of work due to absenteeism and that they are distracted from work more than non-victims. This phenomenon has negative impact on the performance of the organisation. However, the extent of the influence of IPV on performance varied by the type of victimisation. This is an indication that IPV cannot be treated uniformly because different types have different influence on performance as revealed in this study, which focused on work organization in the formal sector. The same argument can be applied in the informal sector because in the same context the victims will in a similar way be affected and absent themselves from work as they will be engaged on issues that relate to IPV at that particular time. Since in the informal sector, competition is quite stiff, any form of absenteeism will heavily influence current and future production, unreliability leading to lack of customer confidence. As reported by Swanberg and Logan (2005), women who experience IPV are negatively affected even at their workplaces. This is because the abuse causes one to be absent and late, less productive while at work, lose advancement of opportunities which consequently results in reduced earnings.

Brush (2004) reported IPV as a predictor of poverty, welfare use, and unemployment. The author also noted that abuse at adulthood was linked to lower earnings and employment instability. This is because low income earners hardly meet their daily socio-economic needs and therefore they easily succumbed to IPV under the pretext of getting support from the partner. The female partner is not ideally physically coerced into the practice but the situation forces her to submit which she wouldn't have done if she was able to meet her needs. The same applies to when one's position is threatened in employment; she would in a similar way succumb to the demands of the partner in order to gain favours or support for sustainable employment or any form of entrepreneurship. These two scenarios are forms of IPV, which could easily go unreported. In the same study, the aspect of gender-biased sampling has been pointed out as a possible contributing factor to asymmetric findings.

Women form a significant proportion of the work force. They constitute two-thirds of the world's working hours. Despite this, they own only 10% of the worlds' income (Morgan, 1985). This is an indication that they are exploited because their wealth ownership is not commensurate with their contribution in the work force. This is likely because they have no control of their earnings but instead the spouse takes ownership.

Studies carried out by Shafer (2011) in the US revealed that, according to economic theories, women are more likely to exit the labour force if their partners have higher income. This is because if the income of the women is lower, then their husbands view it as a liability since they don't see any value addition to the economic status of the family. This is more common in developed world where domestic labour force is usually high and may be even commensurate with the wife's income. Therefore the male partner would opt for the wife to leave employment and stay at home and perform domestic work. However, leaving employment makes the female partner become insecure especially in the event that the husband loses his job. Therefore they would wish to continue working even if their wages are low. However, since their male partners insist because their wages do not add significant value, they are forced to leave labour force by their male partners, which constitutes IPV. Consequently this results in reduced productive work of women.

Male partners whose wages are lower than their female partners do not accept to leave employment and perform domestic work. This is because of gender stereotypes. This experience is found in most societies and is also reported by Coltrane (2004) that under those circumstances women still do more household work. In a similar argument relating to gender norms husbands do not do more housework even if their income are much lower than their female partners (Bittman, England, Sayer, Folbre & Matheson, 2003). The same argument is advanced by West and Zimmermann (1987) who reported that when women earn more, couples tend to have more traditional arrangements in housework. Further to this scenario, Blair-Loy (2003) reported that Men's limited contribution to household work makes balancing paid and unpaid labour challenging for women and might drive women's exit from the labour force. This is another form of IPV resulting from cultural norms that force women to do more work at home and work place. Due to the heavy burden on them, it will result in low production.

3 METHOD

3.1 THE STUDY LOCATION

This study was conducted in Nakuru Municipality of Nakuru County Kenya. This is situated within the Great Rift Valley. The county is the home of Lake Nakuru known for its large number of flamingoes. Agriculture, manufacturing and tourism are the main economic activities. Due to the high agricultural potential in the environs of the town, agro based industries have flourished in the town providing opportunities for entrepreneurship. Dairy farming is another major economic activity which has also attracted increased attention. The municipality is also a center for various retail businesses that provide goods and services to the manufacturing and agricultural sectors. These production sectors show the high potential of informal and formal employment. As a result of these, production institutions of small and large scale in both formal and informal sector have emerged providing opportunities for women engagement. On the other hand, there has been an increase of IPV in the Municipality. This is evidenced by the centers where IPV management is done. Examples are Filadelfia Crisis Centre, Tumaini Jipya Centre, St. Gabriel Learning Centre, NALEP, Catholic Diocese of Nakuru and Lanet Deanery.

3.2 STUDY POPULATION AND SAMPLE SELECTION

The study population for this research was drawn from the institutions in Nakuru Municipality dealing with victims of IPV. These include: Filadelfia Crisis Centre, Tumaini Jipya Centre, St. Gabriel Learning Centre, NALEP, Catholic Diocese of Nakuru. Purposive sampling was used to select the rescue centers which deal with women who have undergone IPV. The participants of the study were women who had experienced IPV and were participating in productive work in the informal sector. A sample size of 176 was used. To get representative sample, the accessible population was stratified based on the rescue institutions and proportionate simple random sampling was used to determine the number of participants from each strata. Proportionate simple random sampling procedure was used to select the participants for focus group discussions. This was carried out in two groups of 10 participants each giving a total of 20 participants for the focus group discussion. The 20 participants were drawn proportionately from the five institutions using the percentage proportion.

3.3 STUDY INSTRUMENTS

The study used researcher-administered questionnaires and focus group discussions to determine the various forms of intimate partner violence as experienced by women in the informal sector within Nakuru municipality. The use of the researcher's administered questionnaire and focus group discussions helped in triangulation of the results. In addition to this, they facilitated information flow from the respondents given that they were likely to comprehend issues differently. Furthermore the researcher administered questionnaires provided in-depth information important for the study. During

focus group discussions some respondents felt encouraged to speak after hearing what their fellow women were going through. This made them open up and share their experiences freely within the forum.

DATA ANALYSIS

The study collected both qualitative and quantitative data, which was then coded organized and cleaned for any errors and keyed into the SPSS programme. Content analysis was used for qualitative data, which was then coded and organized into thematic areas. Quantitative data was analyzed using frequency distribution and presented using frequency table.

4 RESULTS

4.1 INFLUENCE OF INTIMATE PARTNER VIOLENCE ON THE NUMBER OF HOURS SPENT IN PRODUCTIVE WORK

Data and information in this was meant to determine the influence of intimate partner violence on number of hours spent in productive work among women in the informal sector in Nakuru Municipality.

FREQUENCY OF INTIMATE PARTNER VIOLENCE IN A WEEK

The variable frequency of intimate partner violence was measured as a combined score developed from the women responses on the 25 different types of intimate partner violence they identified. These types of IPV identified by the women were each multiplied by the number of times the women reported they experienced them in a week to form the combined score of intimate partner violence in a week. The combined scores were divided into 8 categories. The reliability of the combined score based on its internal consistency using Cronbach's alpha was 0.8. The frequency distribution of the score is given in Table 13.

Table 1: Frequency of Intimate Partner Violence per Week

Frequency of IPV Per week	Number of women experiencing IPV	Percent
1 - 5	47	26.7
6 - 10	33	18.8
11 - 15	18	10.2
16 - 20	24	13.6
21 - 25	15	8.5
26 - 30	12	6.8
31 - 35	7	4.0
Above 36	20	11.4
Total	176	100

Mean 16.7±1.127, Median 12, Mode 3, Stddev14.96, Minimum 1, Maximum 83

Table 1 shows the proportion of women experiencing IPV when analyzed based on intervals of five units. The findings established cases of IPV with frequency of 1-5 having the highest cases of 47 at 26.7%, while the lowest case was at 31-35 intervals with a value of 7 at 4%.

4.2 NUMBER OF HOURS WORKED WHEN NOT EXPERIENCING IPV

The productivity of the participants was measured in terms of the number of hours spent working and earning income. Respondents estimated the number of hours in a day they spent working away from home to earn an income when not experiencing IPV. The hours worked by the women in a day were multiplied by 5 (number of working days in a week) to give the number of hours worked by the women in a week to earn income. The hours worked in a week were then categorized into five classes: (i) 5 to 15 hours, (ii) 16 to 31 hours, (iii) 32 to 47 hours, (iv) 48 to 63 hours, (v) above 64 hours. The frequency distribution of the hours worked by the women in a week when not experiencing IPV is given in Table 2.

Table 2: Frequency Distribution of the Number of Hours Worked by the Women in a Week When not experiencing IPV

Hours worked in a week	Frequency of women	Percent
5-15 hours	15	8.5
16-31 hours	55	31.3
32-47 hours	52	29.5
48-63 hours	43	24.4
Above 64 hours	11	6.3
Total	176	100.0

Mean 39.46±1.35, Std. dev. 17.95, median 40, mode 40, minimum 5, maximum 100

The women worked an average of 39.46 hours in a week. The minimum number of hours worked by the women was 5, while the maximum number of hours worked by the women was 100. The majority of the women (31.3%) worked between 16 and 31 hours in a week, with 6.3 % of them working for more than 64 hours in a week.

4.3 NUMBER OF HOURS WORKED WHEN EXPERIENCING IPV

The women were further asked to state the number of hours they worked when experiencing IPV. The number of hours worked by the women in a week when not experiencing IPV varied with the number of hours they worked when they were experiencing IPV. The women reported that when they were experiencing IPV they tended to work fewer hours or none at all. The number of hours worked by the women per week when they were experiencing IPV was computed based on the women's estimate of the number of hours they worked when they had undergone IPV. The frequency distribution is given in Table 3.

Table 3: Frequency distribution of the number of hours women worked per week when undergoing IPV

	Frequency	Percent
1 - 9 hours	52	29.5
9.1 - 18 hours	87	49.4
18.1 - 26 hours	32	18.2
26.1 – 36 hours	5	2.8
Total	176	100.0

Mean 13.15±0.45, Std. dev. 5.98, median 13, mode 13, minimum 1.67, maximum 33

The average hours worked by the women experiencing IPV were 13.15, the minimum hours were 1.67 and the maximum hours were 33 per week. The majority of the women 49.4% worked between 9.1 and 18 hours when they were affected by IPV, while 2.8% worked above 26 hours in a week.

To determine the influence of intimate partner violence on the number of hours spent in productive work, the average number of hours worked in a week when not experiencing intimate partner violence and the average number of hours worked when experiencing IPV were compared using the paired *t* test (Table 4). This was to determine, if indeed the violence that the women were exposed to, had a statistical significant influence on the number of hours worked

Table 4: Mean comparison of the hours worked by women when normal and when undergoing IPV using the Paired *t* test

Variables	Mean	df	t	P
hours worked per week with ought IPV	39.46			
hours worked per week when undergoing IPV	13.15	175	29.15	0.001

n=176

The mean comparison between the number of hours the women worked when they did not experience IPV and the hours they worked when they were undergoing IPV showed a statistical significant difference ($t = 29.15, p = \leq 0.05$). The women worked for an average of 39.46 hours when they were not affected by IPV as compared 13.15 hours per week when they

were undergoing IPV. This means that as the frequency of intimate partner violence increases, the number of hours worked by the women decreases, implying that their productive work reduced when they were experiencing IPV. Similar results were found by Reeves and Kelly (2007) who found out that IPV victims missed more hours of work due to absenteeism and that they are destructed from work more than non victims. Although the results were focusing on the formal sector, the same argument is applicable in the informal sector of this study. This confirmed the finding of the previous research (Coker et al., 2000; Golding, 1999; Plichta, 2004; Wisner et al., 1999) established that there are negative long term effects from IPV, which are likely to contribute to the victims being absent from their work places. The same argument has also been shared by the NCIPC (2003) and Max *et al*, (2004) who found out that there is a high estimated productivity loss by missed days of work which are attributed to IPV.

4.4 INFLUENCE OF INTIMATE PARTNER VIOLENCE ON EARNINGS

To find out the influence of intimate partner violence on earnings among women in the informal sector in Nakuru Municipality, the earnings of the participants were a reflection on their productivity and ability to self-sustenance.

WOMEN EARNINGS PER MONTH

The earnings by the women were determined by asking them to state their average profits which they earned in a period of one month when they were not experiencing IPV. The responses were then converted into six categories of income earned by the women as given in Table 5.

Table 5: Average earning by the women in a month in KShs.

K.Shs	Frequency	Percent
Below 1,000	29	16.5
1001 – 5,000	124	70.5
5,001 – 10,000	19	10.8
10,001 – 15,000	2	1.1
15,001 – 20,000	2	1.1
Total	176	100.0

Mean 3,415±223, Std. dev.2,961, median 3,000, mode 3,000, min.400, max.20,000

The average earning per month for the women was KShs 3,415±223, with a minimum of 400 and a maximum of KShs 20,000. These results reveal that majority of the respondents earn less than Kenyan minimum wage which is KShs 7578 per month (International Minimum Wage rates, 2014).

4.5 AMOUNT OF EARNINGS PER MONTH WHEN EXPERIENCING IPV

The amount of income earned by the women in a month due to intimate partner violence was determined by asking the women to state the amount of income that was earned when the women were undergoing intimate partner violence. The figure obtained was grouped into four income categories as given in Table 6

Table 6: Amount of money earned by the women in a month due to intimate partner violence

Amount earned K.Shs	Frequency	Percent
Below 1,000	161	91.5
1001 – 5,000	13	7.4
5,001 – 10,000	1	0.6
10,001 – 15,000	1	0.6
Total	176	100.0

Mean 642±88.98, Stddev. 1,190, median 300, mode 200, minimum 100, maximum 10,500

The average amount of money per month earned by the women who experienced violence from their spouses was KShs 642±89 while the minimum and maximum earnings were KShs 100 and KShs 10,500 respectively. The standard deviation was high indicating that a high level of variation in amount earned existed among the respondents. The average loss of income per day varied between KShs 300 and KShs 9500 with a mean of KShs 2773. These differences in earnings indicate the negative influence of IPV on income. This was further verified through comparative analysis using paired sample *t*-test. The results of the test are given in Table 19.

Table 7: Mean comparisons of earning by women when experiencing and when not experiencing IPV using the Paired *t*-test

Variables	Mean	<i>t</i> -value	<i>p</i>
Amount of income earned without violence	3,415	11.78	0.01
Amount of income earned with violence	642		

The mean difference using the paired sample *t*-test showed that the women's earnings were significantly influenced by the violence. The mean of the income earned in a month by women when not experiencing IPV was found to be significantly ($p \leq .05$) higher than the mean of the women when they experienced violence from their intimate partners.

The results of this study indicate that women earn much less when they experienced violence than. As reported by Brush (2004), IPV is a predictor of poverty and unemployment as well as being linked to lower earnings and employment instability. This argument is justified by the high deviation in earnings after the respondents experienced IPV.

Women have been reported to constitute two-thirds of the world's working hours (Morgan, 1985). The same argument is also advanced by Cohen (2011) who further emphasizes that women play a very important role in contributing to the economy. Therefore anything that affects their performance will directly have a negative impact in the economy at the macro level. As the results have shown by comparing the means in tables 17 &18, IPV influence women's earnings by about 80%, this means that a similar loss may be incurred in the economy if IPV is perpetrated. Local statistics indicate that in Kenya and Sub-Saharan countries at large, women are participating in the informal sector accounts for over 50% of GDP (Hontz, 2009). This is an indication that women play an important role in such countries as well. Therefore the loss incurred in the earnings by women as revealed by this study implies that the GDP is also likely to be affected if IPV is not prevented.

IPV as reported by O'Connell (1994) is also likely to relegate women to low cadre of employment where their performance is going to be very low and below expectation since in that state they will be demoralized. This will lead to low earning and therefore have negative impact on economy since they form the majority workforce (Cohen, 2011). Although initiatives have been put to enhance women's performance in the economy such as Millennium Development Goal 3 which seeks to empower and ensures equality for opportunities in all sectors., such initiatives are unlikely to succeed if IPV is not prevented as reveled in this study

5 CONCLUSION

The influence of IPV on the number of hours of productive work was analyzed by comparing the number of hours the women worked when they were free from IPV and the hours they worked when they were undergoing IPV. This showed a statistically significant difference ($t = 29.15, p = \leq 0.05$). The women worked for an average of 39.46 hours when they were not experiencing IPV as compared to 13.15 hours per week when they were undergoing IPV. The violence experienced significantly influences their productive work in terms of reducing time spent in productive work, income earned and

women's self efficacy. This implies that if IPV is not addressed among women in the informal sector, their contribution to the economy of their communities as well the country will be greatly affected.

REFERENCES

- [1] Ackerson, L. K., Kawach, I., Subramanian, S. V., & Barbeau, E. (2008). Effects of Individual and Proximate Educational Context on Intimate Partner Violence: A Population-Based Study of Women in India. *American Journal of Public Health*, 98: 507–514.
- [2] Bachman, R. & Linda, E. S. (1995). *Violence against Women: Estimates from the Redesigned Survey*. Bureau of Justice Statistics.
- [3] Bittman, M., England, E., Sayer, L., Folbre, N. & Matheson, G. (2003). When does Gender trump Money? Bargaining and time in household work? *American Journal of sociology*. 109:186-214.
- [4] Blair-Loy, M. (2003). *Competing Devotions: Career and Family among Women Financial Executives*. Cambridge: Harvard University Press.
- [5] Bonomi, A. E., Thompson, R. S., Anderson, M., Reid, R. J., Carrell, D., Dimer, J. A. & Rivara, F. P. (2006). Intimate partner violence and women's physical, mental, and social functioning. *American journal Prev Med*. 30:458–466.
- [6] Brush, L. D. (2004). Battering and the poverty trap. *Journal of Poverty*. 8:23-43.
- [7] Campbell, J. C. (2002): Health consequences of intimate partner violence. *Lancet*, 359:1331–6.
- [8] CARE (2005). *Women's Empowerment*. Retrieved on 5/2/2012 from <http://www.care.org>.
- [9] Chen, M. A. (2000). *Women in the informal sector A Global picture, the global movement US*. Kennedy School of Government.
- [10] Coker, A. L., Davis, K. E., Arias, I., Desai, S., Sanderson, M., Brandt, H. M. & Smith, P. H. (2002). Physical and mental health effects of intimate partner, violence for men and women. *American Journal Prev Med*, 23:260–8.
- [11] Cohen, N.P. (2011). *Stop that feminist viral statistic meme*. Retrieved on 5/11/2012 from http://www.huffingtonpost.com/philip-n-cohen/stop-that-feminist-viral_835743.html.
- [12] Griffy-Brown, C. & Oakland, N. (2007). *There are indications of global changes in venture businesses in Japan*. Graziadio Business Report, 10:1
- [13] Coltraine, S. (2004). Modelling and measuring the social embeddedness of routine family work. *Journal of Marriage and Family*, 62:1208-1233.
- [14] Healthy People (2010): *Intimate Partner Violence and Healthy People*. Fact Sheet. Retrieve on 10/3/2012 from <http://www.futureswithoutviolence.org/userfiles/file/ChildrenandFamilies/ipv>
- [15] Hontz, E. ed., (2009). *Women's business associations. Experiences from around the world: Africa*. Center for International Private Enterprise (CIPE).
- [16] Krug, E. G., Mercy, A., Dahlberg, L., Zwi, A., (2002). *The world report on violence and health*: Geneva, World Health Organization.
- [17] Isidro, I. M. (2010). *Women and Entrepreneurship: interview with the Authors of the Girl's Guide to Starting Your own Business*. Retrieved on 22/5/2012 from <http://www.powerhomebiz.com/vol129/women.htm>
- [18] Maume, D. J. (2006). Gender difference in restricting work efforts because of family responsibilities: *Journal of marriage and Family*. 6:859-869
- [19] Max, W., Rice, D. P., Finkelstein, E., Bardwell, R. A., & Leadbetter, S. (2004). The economic toll of intimate partner violence against women in the United States. *Violence and Victims*, 19:259-272.
- [20] MHR (2010). Cases of Domestic Violence Increase in Kenya. Retrieved on 1/1/2012 from <http://www.voanews.com/english/news/cases-of-domestic-violence-increase-in-Kenya-86691287.html>
- [21] McCloskey, L.A., Williams, C. & Larsen, U., (2005). Gender Inequality and Intimate Partner Violence Among Women in Moshi, Tanzania. *International Family Planning Perspectives*, 31 (3).
- [22] Myers, G. (2005). *Women Business Owners Continue to Thrive*. Retrieved On 5/1/2012 from <http://www.evancarmichael.com>
- [23] National Center for Injury Prevention and Control. (2003). *Costs of intimate partner violence against women in the United States*. Atlanta.
- [24] O'Connell H.. (1994). *Women and the family*. London: Zed.
- [25] Ouma S., J. Njeru, A. Kamau, D. Khainga, B. Kiriga, Onyango. C.O. (2007), *Estimating the size of the underground economy in Kenya*, Institute for Public Policy Research and Analysis (KIPPRA).
- [26] Reeves, C. & O'Leary-Kelly, A.M. (2007). The effects and cost of intimate partner violence for work organisations. *Journal of Interpersonal violence*: 22:327-344.

- [27] Sattler, C. (2000). Teaching to Transcend: *Educating Women Against Violence*. New York: University of New York.
- [28] Shafer, E. F., (2011). Wives relative wages, Husbands' paid work hours, and wives-labour force exit. *Journal of Marriage and family* 73:250-263.
- [29] Tjaden, P. & Thoennes, N. (2000). *Extent, nature, and consequences of intimate partner violence*. U.S. Department of Justice.
- [30] Wisner, C. L., Gilmer, T. P., Saltzman, L. E., & Zink, T. M. (1999). Intimate partner violence against women: Do victims cost health plans more? *Journal of Family Practice*, 48: 439-443.
- [31] White, L. & Roggers, S. J. (2000). Economic circumstances and family outcomes: *Journal of marriage and the family*, 62:1035-1051.

Etat du compactage réalisé dans la décharge publique de Tanger et son impact sur la durée de l'exploitation

[State of compaction realized in the public landfill of Tanger and its impact on the duration of the exploitation]

Hanae Hamidi¹, Abdelouahed El Ouazani Touhami¹, Kamal Targuisti¹, Abderrahim Mouhssine², and Jamal Bruigui²

¹Département de Géologie, Unité de Géosciences Géoressources et Environnement, Faculté des Sciences, Université Abdelmalek Essaâdi, B.P. 2121, M'hannech II, Tétouan, Maroc

²Département de Chimie, Laboratoire Génie Chimique et valorisation des ressources, Faculté des Sciences et techniques, Université Abdelmalek Essaâdi, Tanger, Maroc

Copyright © 2016 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: An urgent demand for the existing landfill Tanger to host household and industrial waste in the city until 2016 Expected opening of future landfill dates. This application requires to study at the exploitation and especially the compaction mode to estimate the remaining life of the landfill and to propose improvements to withstand up to 2016. This article presents an overview of the physical characteristics of household and similar waste of the Tanger landfill, especially composition, granulometry and moisture. The aim of this work is to know whether the mode of compaction used is valid for the landfill persists until 2016 if not what are the appropriate solutions improvements in this case.

KEYWORDS: waste, landfill Tanger, granulometry of waste, compaction, service life, surface discharge.

RÉSUMÉ: Une demande urgente pour la décharge actuelle de Tanger d'abriter les déchets ménagers et industriels de la ville jusqu'à 2016, date d'ouverture prévisionnelle de la future décharge contrôlée. Cette demande exige à faire une étude au niveau de l'exploitation et surtout le mode de compactage, afin d'estimer la durée de vie restante pour cette décharge et de proposer des améliorations pour résister jusqu'à 2016. Cet article présente un aperçu sur les caractéristiques physiques des déchets ménagers et assimilés de la décharge de Tanger, spécialement la composition, la granulométrie et l'humidité. Le but de ce travail, c'est de savoir si le mode du compactage utilisé est valable pour que la décharge persiste jusqu'au 2016, si non quelles sont les solutions d'améliorations adéquates dans ce cas?

MOTS-CLEFS: déchets, décharge de Tanger, amélioration, granulométrie, compactage, durée de vie, surface de la décharge.

1 INTRODUCTION

Généralement, les activités socio-économiques couplées à l'accroissement démographique et aux changements dans le mode de consommation génèrent une production de plus en plus importante de déchets solides municipaux (DSM).

Sur le plan quantitatif la production annuelle des déchets solides ménagers au Maroc est d'environ 6 millions de tonnes soit en moyenne 0,75kg/hab/jour.

Les ratios moyens de production des déchets par habitant sont différents en zone rurale ou en zone urbaine et sont influencés par un certain nombre de paramètres, notamment :

- Le niveau de vie de la population
- La spécificité de la zone
- Les habitudes de consommation ...

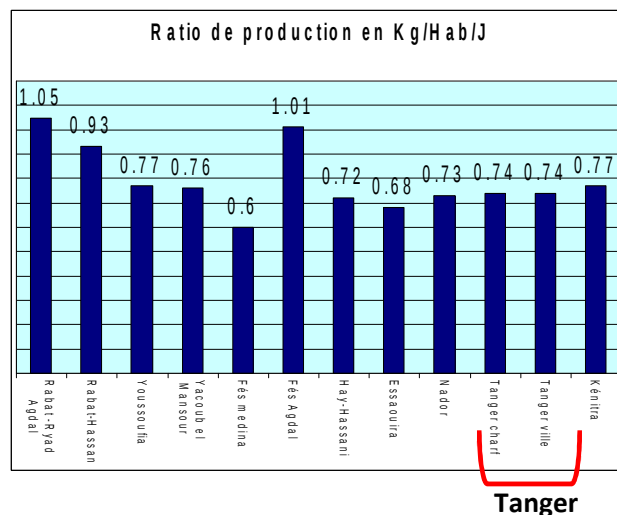


Fig.1. Ratio de production des déchets ménagers et assimilés au sein de certaines communes marocaine. [1]

1.1 PRESENTATION DE LA DECHARGE PUBLIQUE DE TANGER [2]

La décharge publique de Tanger est située au sud-est de la ville à 5km de son centre sur la route (R.N.2) allant vers Tétouan.

Les coordonnées Lambert de l'emplacement de la décharge sont: X : 467,500Km et Y : 571,500Km ;

Elle desserve les arrondissements suivants : Charf Mghogha, souani, Tanger médina et Bni makkada plus les déchets des Zones industrielles.

Elle s'étend sur une superficie de 25ha (en 2011, 12ha ont fait l'objet d'une demande d'acquisition, ce qui élèvera sa superficie à 32 ha dans le futur). Le terrain est marqué par une pente moyenne de 40%.

Cette décharge n'est clôturée que partiellement et dispose de deux locaux et d'un engin pour le tassement des déchets reçus quotidiennement.

A une distance de 100m, la décharge est limitée au sud par une carrière d'extraction d'argile et par le quartier industriel à 1km environ au sud-ouest. A l'Ouest de la décharge, à une distance d'environ 200 mètres, se trouve une petite agglomération résidentielle.

A l'Ouest de l'entrée principale de la décharge publique, on trouve les abris des chiffonniers qui sont construits soit en métal, soit en bois.

Le périmètre de la décharge est seulement clôturé au sud, sur les autres côtés, la décharge est bornée par des obstacles naturels (fond de vallée au nord, coupure d'un talus à l'ouest), ainsi elle est facilement accessible au public.



Fig.2. Carte de situation de la zone d'étude (google map) (2013)

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES D'ÉTUDE

2.1 CARACTÉRISATION PHYSIQUE DES DECHETS MENAGERS ET ASSIMILES

La connaissance quantitative et qualitative des déchets solides et leur traitement pour la commune urbaine de Tanger sont des questions de première importance. La caractérisation des déchets nous permet justement de mieux cerner entre autre, la taille, la composition, la densité et l'humidité des déchets destinés à l'enfouissement et d'appréhender au préalable, leur risque potentiel pour le milieu récepteur afin de choisir le mode de traitement optimal le plus approprié.

2.1.1 GRANULOMETRIE DE DECHETS MENAGERS ET ASSIMILES (DMA)

Une étude de granulométrie des DMA menée sur la décharge publique de Tanger a montré que la moyenne statistique révèle une prédominance de la fraction des moyens (100–30mm) avec plus de 60%, suivie par la fraction des gros (>100mm) avec environ 30%. Les fines et les plus fines représentent les fractions les plus faible ne dépassent guère 20% (figure3).

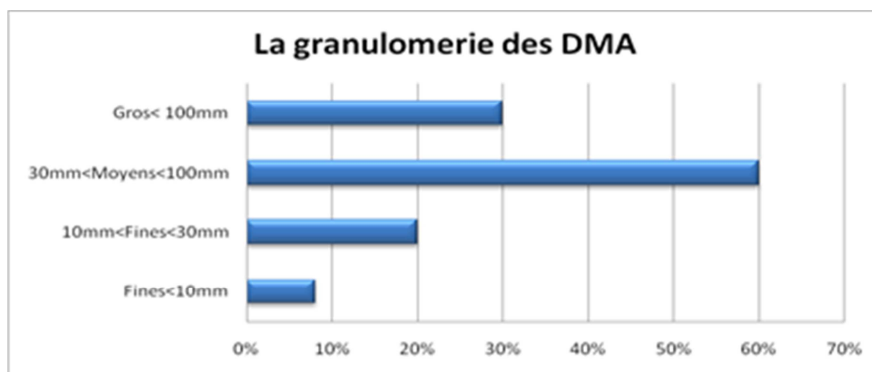


Fig.3. Taille des déchets entrants à la décharge publique de Tanger (2012)

2.1.2 COMPOSITION DES DECHETS MENAGERS ET ASSIMILES (DMA)

Les déchets admis sur la décharge publique de Tanger sont les suivants :

- Les déchets ménagers et assimilés,
- Les encombrants d'origine domestique,
- Les déchets de voirie,
- Les déchets industriels et commerciaux assimilables aux déchets ménagers,
- Les déchets verts.

Tableau1. Composition moyenne des déchets Ménagers et Assimilés (DMA) de Tanger [3], [4]

Catégories	Moyenne au Maroc (1999) [3]	Tanger(2002) [3]	Tanger(2014) [4]
Papier	1 à 5%	8,9%	9%
Verre	1 à 2%	1,2%	1%
Métal	1 à 4%	1,1%	1%
Plastique	6 à 8%	10,7%	11%
Organiques	50 à 70%	65,3%	66%
Textiles	16%	11,2%	12%

Malgré que la région de Tanger est caractérisée par la présence de quatre zones industrielles, les fermentescibles (matières organiques) représentent la fraction la plus importante 66% sur l'ensemble de la décharge (fig. 4). On trouve en faible quantité les métaux et les verres qui sont récupérés à la source. La proportion des déchets comme les plastiques, les papiers et carton et les textiles sont presque égales entre 12% et 9%.

2.1.3 TAUX D'HUMIDITE DES DECHETS MENAGERS ET ASSIMILES (DMA)

Sur le plan qualitatif, la nature des déchets ménagers au Maroc est très différente de celle des pays industrialisés et surtout en ce qui concerne la teneur en eau et la proportion de matières organiques fermentescibles qui se caractérisent par des niveaux plus élevés dans le contexte marocain : Selon le (Tableau 2), les déchets ménagers au Maroc se caractérisent par une prédominance de matières organiques, dans une tonne de déchets ménagers il y a en moyenne 700 à 800kg de produits organiques fermentescibles contre seulement 350kg en Europe Occidentale et aux Etats-Unis d'Amérique, une forte humidité, les teneurs en eau peuvent atteindre 60 et 75 % et varient de manière notable avec les saisons), une densité élevée et un pouvoir calorifique faible, ce qui accélère leur fermentation et ne permet pas leur séjour prolongé au niveau des lieux de production sans conditionnement approprié.

Tableau. 2. Comparaison « indicative » de la composition des déchets solides municipaux au Maroc par rapport à celle de la Tunisie, de la France et des USA [5].

Composition	Paramètres (%)			
	Maroc	Tunisie	France	USA
Fraction organique fermentescible	60 – 80	68	30	15 - 20
Humidité	60 – 75		35	30
Papier	7 – 10	11	30	20
Bois	7		-	2
Plastique et Caoutchouc	4 – 7	7	15	10
Textile	3	3	2	2
Cuir et peau	0,3	-	-	1
Métal	1,0	4	6	10
Verre et Céramique	1,5	2	12	10
Cendres	10,5	-	-	-

2.2 CALCULE DU VOLUME DE (DMA) ET ESTIMATION DE LA SURFACE ET LA DUREE D'EXPLOITATION RESTANTE DE LA DECHARGE

Le calcul du volume annuel de la décharge est réalisé soit par des levés topographiques soit par les tonnages réels des déchets déversés dans la décharge publique de Tanger.

2.2.1 CALCUL DU VOLUME DE DECHETS MENAGERS ET ASSIMILES

La production des déchets se répartit entre la population avec ses ménages et les activités commerciales, industrielles, sanitaires et administratives qui l'accompagnent. L'analyse démographique et socioéconomique permettra d'approcher au mieux la question surtout sous l'angle quantitatif et ses évolutions.

Les quantités réelles des déchets collectés et mis en décharge depuis l'installation du pont bascule à l'entrée de la décharge publique de la ville de Tanger depuis 2007 sont [6]:

Pour la décharge publique de Tanger, quatre levés topographiques ont été réalisés, le 1er en décembre 2003, le deuxième en janvier 2006, puis le troisième en décembre 2009 et en fin le quatrième en juillet 2012.

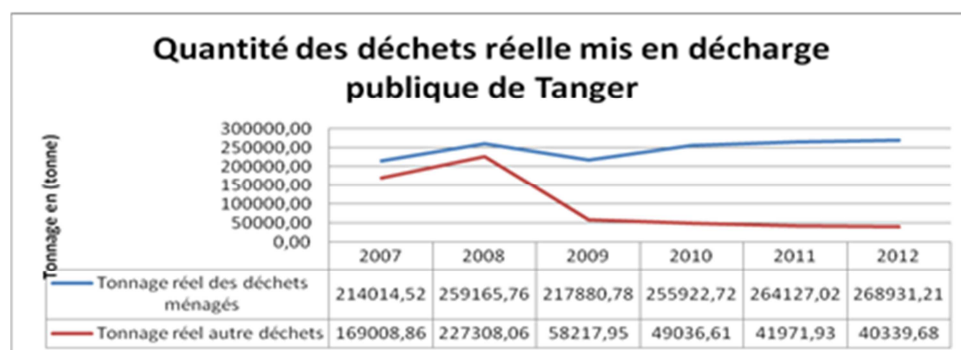


Fig.4. Quantités réelles des déchets ménagers et assimilés accédant à la décharge publique de Tanger

A partir de ces levés topographiques, on a pu réaliser trois cartes qui représentent les épaisseurs cumulées des déchets dans la décharge. La première entre 2003 et 2006, la deuxième entre 2003 et 2009 et la dernière entre 2003 et 2012.

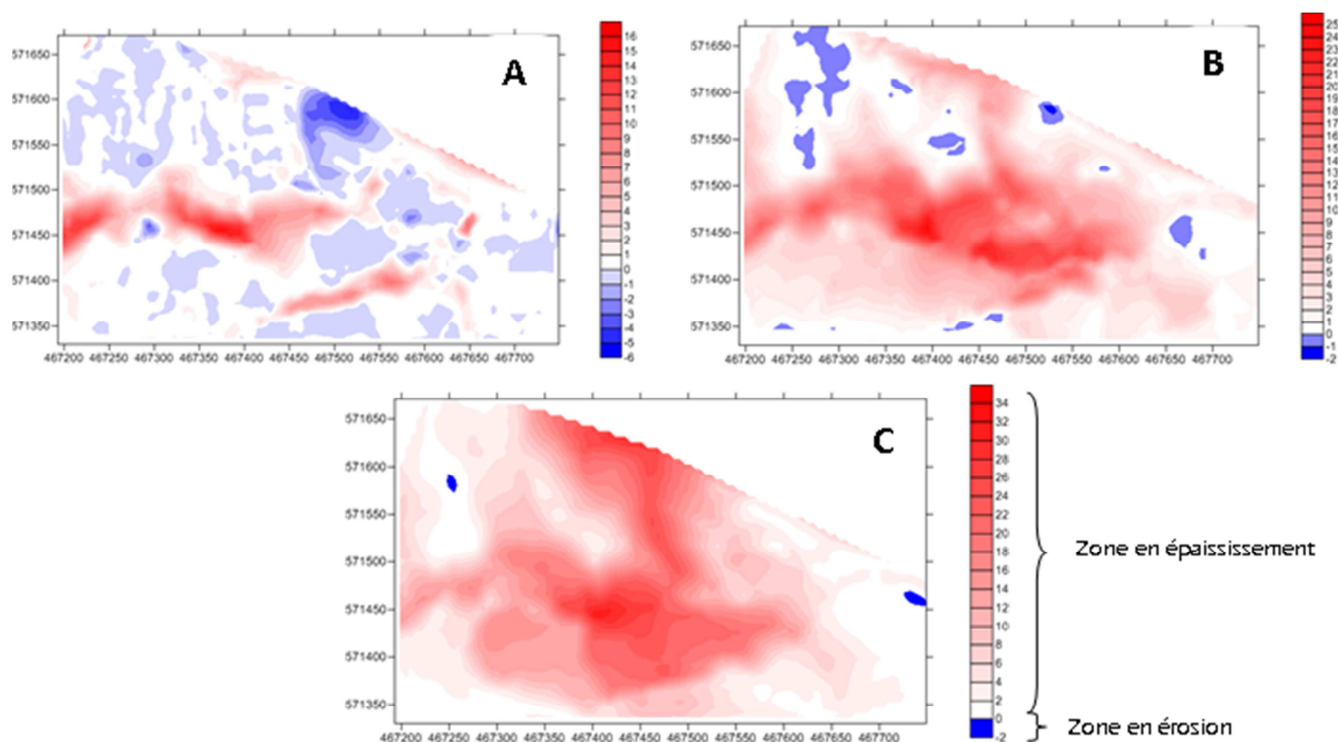


Fig.5. cartes de l'état de développement de l'épaisseur de la décharge publique de Tanger : gauche A :(2003-2006) , B :(2003-2009) et C :(2003-2012)

Le calcul des volumes de DMA a été réalisé sur la base des données des levés topographiques, le calcul donne, un volume :

- de 203106m³ de déchets enfouis entre le mois janvier 2003 et janvier 2006 avec un volume annuel de 65872,2m³ et mensuel de 5489,35m³
- de 318228m³ de déchets enfouis entre le mois février 2006 et octobre 2007 avec un volume annuel de 166694m³ et mensuel de 15153,71m³
- de 331678m³ de déchets enfouis entre le mois novembre 2007 et janvier 2009 avec un volume annuel de 287456m³ et mensuel de 22111,86m³
- et de 809936m³ de déchets enfouis entre le mois février 2009 et juillet 2012 avec un volume annuel de 212126.2m³ et mensuel de 19284.19m³

Tableau. 3. calcul de la densité moyenne de compactage des déchets ménagers et assimilés dans la décharge publique de Tanger

Années	Population	Quantité réelle	Volume réel	Densité (valeurs réelles Q&V)
2007	817555,6194	383023,3748	521327	0,734708494
2008	838812,0655	486473,8211	897231	0,54219462
2009	860621,1792	276098,7278	1109357,2	0,24888172
2010	873530,4969	304959,333	1340767,6	0,2274513
2011	886633,4543	306098,9512	1552893,8	0,197115187
2012	899932,9562	309270,8892	1687883,2	0,18323003
2013	913431,9505	320087,1420	1883643,2	0,169929816

2.2.2 ESTIMATION DE LA SURFACE ET LA DUREE D'EXPLOITATION RESTANTE DE LA DECHARGE

Le calcul du volume a été réalisé à partir des levés topographiques déjà cité au-dessus, et celui des années projetées 2013 et 2014 sont estimés à partir :

- Le recensement général de la population de 2004 fait ressortir que la préfecture de Tanger-Asilah abrite 756.964 habitants avec un taux de croissance moyen annuel de 2,6% [7].

Pour l'estimation de la population de Tanger depuis la dernière statistique de 2004, on applique la projection géométrique dont la formule de cette projection est la suivante :

$$Px = Px0 (1+r)^{x-x0}$$

Avec

Px : année de projection (2013-2016)

Px0 : année de dernier recensement (2004)

r : taux de croissance est de (2,6 % pour la période entre 2004 et 2009) et de (1,5% pour la période entre 2010 et 2030) [7]

x-x0 : le nombre de périodes de temps par rapport au nombre d'années

- Le ratio ou le coefficient kg/hab/j

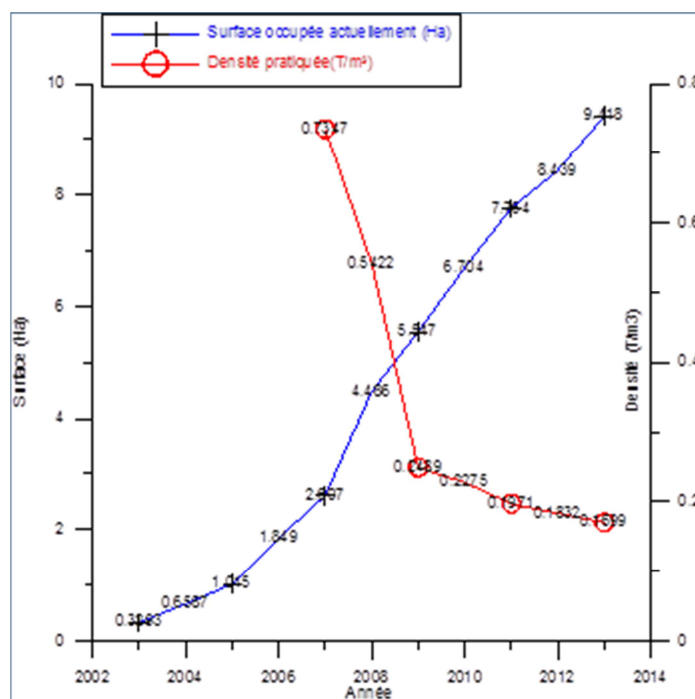


Fig. 6. L'impact de la qualité du compactage sur l'expansion de la zone exploitée

Actuellement la surface de la décharge publique de Tanger est d'environ **43Ha**. En supposant que ce site à une hauteur de 20m, donc la durée qui reste devant cette décharge pour recevoir les déchets ménagers et assimilés est 0 ans.

3 CONCLUSION : RESULTAT, DISCUSSION ET RECOMMANDATION

D'après cette étude la décharge de Tanger ne pourra plus résister jusqu'au 2016, date prévue de sa fermeture, et l'ouverture d'une nouvelle décharge qui respecte les normes est devenue très urgente.

Cette décharge a passé d'une surface de démarrage de **12Ha** à environ **43Ha** en 2013, à cause des contraintes qui s'opposent à sa bonne gestion (actuellement la recherche d'un nouveau site est obligatoire, vu que l'ancien est entouré par des terrains privés et des lotissements urbains).

Actuellement, le déchargement et la mise en place des déchets en l'absence d'une zone d'enfouissement définie sur le plateau de la décharge se fait d'une manière non professionnelle : les déchets sont déchargés selon la praticabilité des pistes et ensuite déversés par la chenille au-dessus des talus des déchets sans être bien compactés, broyés ou réparties.

Étant donné que les déchets ne sont pas bien compactés, des talus de déchets escarpés en résultent et par conséquent, la stabilité du corps de déchets est compromise.

L'état actuel de la décharge publique de Tanger impose une nouvelle vision et une intervention rapide, à savoir:

- L'aménagement des pistes internes de la décharge ; pour faciliter l'accessibilité des camions vers les zones d'enfouissements des déchets, surtout durant l'hiver. Ce problème pousse les camions à décharger les déchets dans d'autres endroits non destinés au déversement des ordures ménagers. Ce qui conduit à une gestion techniquement non professionnelle,
- Les ouvriers de la commune ou ceux de la société délégataires, manquent une bonne formation sur les techniques d'exploitation des déchets dans la décharge, ce qui explique le manque d'un concept et d'un plan de gestion de la décharge,
- La décharge reçoit tout type de déchets : ménagers, verts, industriels, gravats..., Et malgré la récupération de certaines matières, le volume ne cesse d'augmenter.
- La densité moyenne de compactage des déchets entrants calculée entre 2007 et 2013 se situe entre 0,9 et 0,18T/m³, ce qui explique la demande d'un compacteur à chenille pour bien compacter les déchets afin d'atteindre la densité convenable et de garder la surface initiale du site jusqu'au 2016.

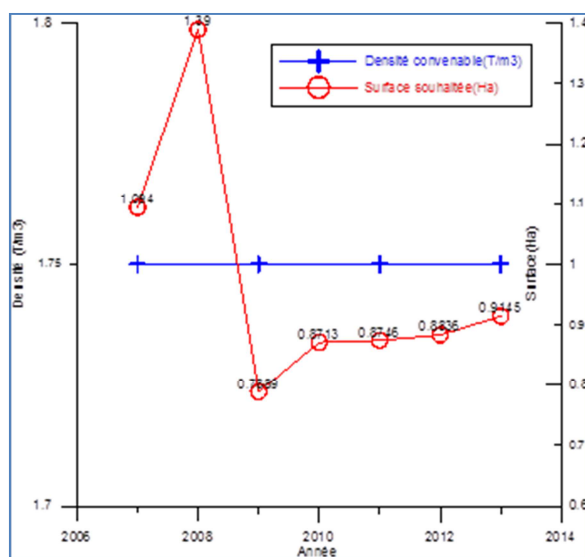


Fig.7. La vitesse d'évolution de cette surface diminue si on maintient la densité de 1,75

- La demande urgente d'un casier pour abriter les déchets, aussi d'une digue dans la zone Nord de la décharge pour éviter le glissement de ces derniers vers le bas de la vallée dans des terrains privés°.
- La nécessité d'un bassin de stockage de lixiviat, pour limiter l'écoulement de ce jus vers la baie de Tanger, de plus son infiltration dans le sous-sol.

Si on se réfère à la gestion d'un site de déchet à long terme, on doit prendre en considération la réalisation d'un compactage optimal c'est à dire:

- L'élimination de la matière plastique existante qui cause l'élasticité du déchet et par la suite une réduction de l'efficacité du compactage.
- La teneur en eau du déchet convenable pour favoriser certains déchets comme les cartons et papiers de devenir souple (non rigide) à l'état humide.
- Les engins utilisés pour le compactage pour assurer :
 - La trituration du déchet qui permet la déstructuration et la réduction de la taille des déchets.
 - La réduction des vides sous l'effet du poids de l'engin
 - L'interpénétration des couches successives pour éviter l'apparition de discontinuités internes
- L'épaisseur de couches compactées doit être (environ 30 – 50 cm) avec un nombre de passes du compacteur suffisant pour qu'il y ait une densité convenable.

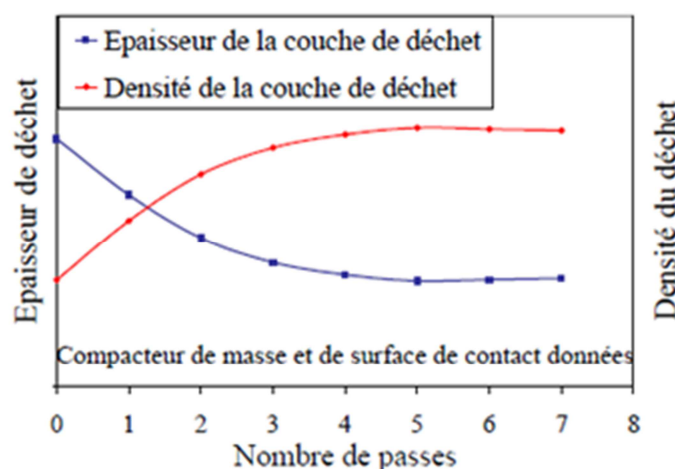


Fig.8 .l'effet du nombre de passes sur l'épaisseur et la densité du déchet [8]

- Le tri en amont des objets volumineux, pour qu'il ne reste que les matières organiques.
- Le mode d'exploitation doit absolument changer la procédure actuelle du stockage des déchets pour garantir la stabilité du corps de la décharge :

Après déchargement des déchets par les camions dans les zones d'exploitation, l'opération doit être suivie par les opérations de répartition, broyage et compactage des déchets en couches horizontales (environ 30 – 50 cm) est réalisée par le bulldozer. Pour une stabilisation et compactage élevée, il est recommandé d'épandre les couches en gravats régulièrement au-dessus des couches de déchets peu stables ou portantes. Ces couches doivent être installées avec une pente de 3 – 5° au sens inverse de l'inclinaison définitive du talus du corps de la décharge.

REMERCIEMENTS

On tient à remercier tous ce qui ont contribué de prêt ou de loin à l'élaboration de ce travail de recherche, et plus particulièrement au cabinet du topographe Jean THIBEAU qui nous a aidé par les levés topographiques de la décharge publique de Tanger.

REFERENCES

- [1] Programme national de gestion Des déchets ménagers et Assimiles par le Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement chargé de l'Eau et de l'Environnement et le Ministère de l'Intérieur (2007)
- [2] Rapport final de l'étude de faisabilité relatif à l'amélioration de la gestion de la décharge publique de Tanger par ICP – Ingenieur gesellschaft Prof Czurda and Partner GmbH (2006)
- [3] Plan de gestion des déchets solides Ville de Tanger par EDIC Etudes Développement Ingénierie Conseil (2006)
- [4] Caractérisation des déchets solides de la décharge publique de Tanger par division de l'environnement de la commune urbaine de Tanger (2012)
- [5] Soudi B. et Chrifi H., Enda Maghreb, Options de gestion des déchets solides municipaux adaptées aux contextes des Pays du Sud (2007/2008)
- [6] Rapport technique annuel de la gestion de la décharge de Tanger par la commune urbaine de Tanger (2007/2008/2009/2010/2012/2013)
- [7] HCP Haut-commissariat au plan : Taux d'accroissement de la population du Maroc (en %) par période et milieu de résidence entre (1960 – 2050) (2004)
- [8] Guide méthodologique pour le suivi des tassements des centres de stockages de classe II (déchets ménagers et assimilés) par Ademe (2005)

Etude géotechnique et contrôle de stabilité du port de Mushimbakye et de ses environs à Baraka, en territoire de Fizi, Sud-Kivu, RD Congo

[Geotechnical study and control of stability from port of MUSHIMBAKYE, and its surroundings, at Baraka, in Fizi territory, South-Kivu, DR Congo]

Gloire KWETU SAMBO¹, Prosper PELO ISANDA-NONDO², Bembe M'BOWA DENIS³, King IRAGI BIRINDWA¹, Ephrem KAMATE KALEGHETSO¹, and Théophile BASOSHI IUBWE²

¹Département de Géodésie et Déformations, Observatoire Volcanologique de Goma, Nord-Kivu, RD Congo

²Sous service des Techniques et Opérations, SAESSCAM, Sud-Kivu, RD Congo

³Licencié en Exploration et Géologie Minière, Sud-Kivu, RD Congo

Copyright © 2016 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 work is a contribution to the knowledge of the geotechnical characteristics of soils of Baraka and especially at port Mushimbakye. We present the results of tests of permeability in situ, of compaction, of granulometric analysis, of Atterberg limits and of direct shear tests. All these have helped to classify the soil of Baraka silty loam, moderately plastic and hard, bad qualities but good for compaction and construction. These soils are stable and of high permeabilities. Here permeability In situ varies according to the texture and soil moisture. We also present the studies of foundation at the port of Mushimbakye and MWAMBANGU. To these sites, allowable stresses are large and the insoles squares are the only that can withstand large loads. A Mushimbakye and Mwambangu the allowable stresses are respectively for square footings 218.1KN / m² and 270.3KN / m². These results provided the necessary data to manufacturers for treatment and soil improvement of this sector to ensure the stability of structures in general at Baraka and for Mushimbakye port in particular.

KEYWORDS: bearing capacity, soils (materials), stability, foundations, cohesion, and allowable stresses.

RESUME: Ce travail est une contribution à la connaissance des caractéristiques géotechniques de sols de Baraka et plus particulièrement au port de Mushimbakye. Nous présentons les résultats des essais de perméabilité in situ, de compactages, d'analyses granulométriques, des limites d'Atterberg et des essais de cisaillements direct. Tous ces essais ont permis de classer les sols des Baraka en des limons silteux, moyennement plastiques et durs, de mauvaises qualités mais bons pour les compactages et la construction. Ces sols sont stables et de fortes perméabilités. La perméabilité in situ varie ici en fonction de la texture et l'humidité du sol. Nous présentons aussi les études de fondations au port de MUSHIMBAKYE et à MWAMBANGU. A ces sites les contraintes admissibles sont grandes et les semelles carrées sont les seules pouvant supporter de grandes charges. A Mushimbakye et à Mwambangu les contraintes admissibles sont respectivement pour les semelles carrées de 218.1KN/m² et 270.3KN/m². Ces résultats fournis aux constructeurs les données nécessaires pour les traitements et l'amélioration des sols de ce secteur afin d'assurer la stabilité des ouvrages à Baraka en général et au port de Mushimbakye en particulier.

MOTS-CLEFS: capacité portante, sols (matériaux), stabilité, fondations, cohésion, contraintes admissibles.

1 INTRODUCTION

Le développement des infrastructures et des ouvrages d'arts (ports, aéroports, routes, maisons, ponts, voies rapides souterraines,...) nécessite un sol des meilleures caractéristiques. Ainsi, les ingénieurs civils étudient les sols avant toutes constructions. Les spécialistes géotechniciens comme tous les autres ingénieurs constructeurs se sont donc intéressés à l'importance des problèmes d'interaction sol-structure, aux problèmes liés à l'hydrodynamique dans les sols, à la consolidation des sols et à leurs stabilités.

La région du Kivu précisément à Baraka dans le territoire de Fizi en République Démocratique du Congo n'a connu jusqu'à présent très peu d'études géotechniques. Or nous observons aujourd'hui l'émergence des infrastructures et la présence d'un port très important, le port de Mushimbakye. Malheureusement dans le cadre de l'aménagement et la construction des ouvrages à Baraka, aucune mesure d'amélioration de la qualité du sol et/ou étude géotechnique n'est faite pour servir de guide aux ingénieurs civils. Cette partie du pays se trouve donc ignorée des chercheurs géotechniciens, raison pour laquelle nous avons trouvé impérieux d'orienter nos investigations dans ce territoire.

Ce travail est donc une contribution à la connaissance des caractéristiques géotechniques des sols de Baraka et du port de Mushimbakye en particulier.

L'intérêt accordé à ce présent travail est la détermination de différentes caractéristiques des sols de Baraka, leurs classifications, leurs comportements mécaniques et enfin l'étude de stabilité, des fondations du port de Mushimbakye. Il faudra déterminer le type de charge que ces sols pourraient supporter pour la construction des ouvrages stables.

Ce travail fournira enfin des recommandations sur l'amélioration de la qualité des sols de ce secteur et sur leurs applicabilités en génie civil.

2 CONTEXTE GEOLOGIQUE ET LOCALISATION

Notre secteur d'étude se trouve en territoire de Fizi au Sud-Est de la province du Sud-Kivu en République Démocratique du Congo. Il est situé dans le secteur de Mutambala, l'un des quatre secteurs qui composent le territoire de Fizi. Il se localise et s'étend entre 3°36min et 15° et/ou 18° de latitude Sud et entre 27°54min et 29°5° de longitude Est. Il est limité à l'Est par le lac Tanganyika, à l'Ouest par le secteur de Lulenge, au Nord par le secteur de Tanganyika et au Sud par le secteur de Ngandja [15].

On y observe une plaine côtière ou littorale plus large à plusieurs endroits, une plaine littorale tapissée de divers dépôts pluviaux lacustres, des plages terrasses anciennes et des cordons des galets.

La végétation est essentiellement dominée par la forêt de montagnes, des bambous, savanes boisées et herbeuses, des brousses ayant des arbres formant des buissons à divers endroits. Mais aujourd'hui cette végétation est déboisée par le feu de brousse et les briquetiers qui s'en servent pour cuire les briques.

D'une manière générale, le secteur de Mutambala jouit d'un climat tropical humide qui est relativement modéré et variable selon les saisons. On y rencontre deux saisons : la saison sèche de Juin à Septembre et la saison pluvieuse d'Octobre à Mai. La température moyenne varie entre 21 et 24,5°C.

La partie orientale du secteur de Mutambala est dominée par les eaux du lac Tanganyika. Dans ce secteur nous y trouvons une seule grande rivière, rivière Mutambala ; mais aussi d'autres petites rivières telles que: Lu'é, Mkela, Lwende, Mkemakye, Sange, Misha, Nemba, Asangyala, Luvu et d'autres cours d'eau notamment : Natete, Malala,...

Ce secteur se trouve dans les formations du protérozoïque inférieur (de 2000 à 1800 Ma) plus précisément dans les formations Ruziziennes (la chaîne Ruzizienne) considérées comme le prolongement septentrional de la chaîne Ubendienne qui affleure entre le lac Tanganyika et le Malawi (**RUMVEGERI, 1987**).

Nos observations sur le terrain ont fait preuve des roches métamorphiques. Il s'agit essentiellement des quartzites, des micaschistes et aussi des conglomérats et des grès. Mais les couvertures alluvionnaires et les sables non consolidés prédominent dans toutes les espaces bordières du lac Tanganyika. Ceci nous a permis de réaliser des essais in situ et de prélèvement d'échantillons en vue d'observer, identifier et caractériser les sols de Baraka.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats présentés et discutés dans ce point sont issus des essais de perméabilité in situ, d'indentification et de classification des sols. Pour l'échantillonnage, nous avons considéré cinq sites. Il s'agit du site de Mushimbakye (Port), Mwemezi (Pont), Matata (au nord du Piste aérodrome), Mwambango (Pont Natete) et Kalinga Sud (Antenne Vodacom). Il est à noter que notre secteur d'étude est une plaine présentant très peu d'affleurements importants.

III.1. ESSAIS DE PERMEABILITE IN SITU

Bien qu'il existe deux types d'essais de perméabilité (perméabilité intrinsèque et perméabilité relative), dans ce travail nous nous sommes intéressés à la perméabilité relative. Ce dernier est l'aptitude d'un terrain à se laisser traverser par l'écoulement d'infiltration. Elle a été déterminée par « Méthode de Porchet simplifiée ».

Le principe de la méthode dite de « Porchet simplifiée » consiste à creuser sur terrain un trou cylindrique de rayon « r » et de longueur quelconque, à surface basale bien horizontale où on enfoncera un tube cylindrique creux de même rayon que ce trou. On verse de l'eau à un débit « Q », au temps $t = 0$, la hauteur de l'eau dans le tube cylindrique est « H » et pendant un intervalle de temps « dt », on observe l'abaissement à la surface libre de l'eau dans le tube « dz » par suite d'une infiltration quasi verticale à travers le fond du tube.

Dans notre travail, nous avons utilisé un cylindre de diamètre $D = 8\text{cm}$ et de longueur (ou hauteur $H = 20\text{cm}$). Grâce à ce principe, nous avons déterminé le coefficient de perméabilité K, pour tous les essais que nous avons réalisés sur terrain en utilisant la relation : $K = \left[\frac{D}{2} * \ln \frac{h_1}{h_2} \right] : 2(t_2 - t_1)$; avec

- **K** : Coefficient de perméabilité
- **D** : Diamètre du tube PVC ;
- **h₁** : le niveau de l'eau dans le tube au début de la mesure (ici $h_1 = H$, la hauteur du trou).
- **h₂** : niveau de l'eau à la fin de la mesure (à la fin de la période considérée).
- **t₁ et t₂** : sont respectivement les temps au début et à la fin de la mesure.

Illustration : considérons les données récoltées au site MARCHE MWEMEZI, où $h_1 = 20\text{cm}$, $h_2 = 3\text{cm}$, $t_1 = 0\text{s}$, $t_2 = 265\text{s}$, avec $D = 8\text{cm}$

Par application de $K = \left[2 \frac{D}{2} * \ln \frac{20}{3} \right] : 2(265 - 0) \rightarrow K = 19.10^{-3} \text{cm/s}$

Nous avons fait sur terrain dix-sept (17) essais de perméabilité relative sur différents sites.

Tableau1 : Tableau représentant les essais de perméabilité in situ aux différents sites

SITES	COORDONNEE GOGRAPHIQUE	K (cm/s), Texture et humidité	SITES	COORDONNEE GOGRAPHIQUE	K (cm/s), texture et humidité
MWAMBANGU	Longitude: 731028 Latitude : 9543480 Altitude : 827m	$2,57.10^{-3}$, sol fine et humide	MWEMEZI PONT	Longitude: 732298 Latitude : 9546808 Altitude : 777m	$2,23.10^{-3}$; fine et peu humide
KALINGA SUDANTENNE VODACOM	Longitude: 731535 Latitude : 9545694 Altitude : 810m	$16,55.10^{-3}$; grenue et peu humide	AEBAZ	Longitude: 732897 Latitude : 9546089 Altitude : 783m	$1,59.10^{-3}$; fine et humide
KALINGA SUD	Longitude:731643 Latitude: 9545511 Altitude : 799m	$18,06.10^{-3}$; microgrenue, peu humide	PISTE AERODROME SUD	Longitude: 732131 Latitude : 9544510 Altitude : 784m	$3,07.10^{-3}$; fine et peu humide
STADE EBONDJWA	Longitude:731611 Latitude: 9544955 Altitude : 801m	$9,3.10^{-3}$; microgrenue et humide	MALALA : EP MUZINDA	Longitude: 732062 Latitude : 9546279 Altitude : 795m	$5,7.10^{-3}$; fine et peu humide
MUSHIMBAKYE PORT II	Longitude:732346 Latitude: 9543005 Altitude : 765m	$12,3.10^{-3}$; microgrenue et humide	MWEMEZI : E.P BWISEELELO	Longitude: 731870 Latitude : 9546629 Altitude : 802m	$13,10.10^{-3}$; microgrenue et peu humide
MARCHE MWEMEZI	Longitude:733121 Latitude: 9547179 Altitude : 772m	19.10^{-3} ; microgrenue, peu humide	PISTE AERODROME NORD	Longitude: 732334 Latitude : 9545647 Altitude : 773m	$4,12.10^{-3}$; microgrenue et peu humide
SOGELAC	Longitude:732673 Latitude: 9546493 Altitude : 779m	$7,8.10^{-3}$; microgrenue, peu humide	MAJENGO RN5	Longitude:732255 Latitude: 9545856 Altitude : 785m	$7,65.10^{-4}$; fine et peu humide
MUSHIMBAKYEPO RT III	Longitude:732152 Latitude: 9543000 Altitude : 768m	$2,66.10^{-3}$; fine et humide	STADE MAENDELEO	Longitude:732765 Latitude: 9545630 Altitude : 773m	$7,02.10^{-4}$; fine et humide
INSTITUT MUSHIMBAKYE	Longitude:731538 Latitude: 9543382 Altitude : 800m	$6,11.10^{-3}$; microgrenue et humide			

Toutes ces valeurs de K ont été plotées sur l'échelle des perméabilités en fonction de K (m/s).

10^{-3}	10^{-5}	10^{-7}	10^{-9}	K(m/s)
Forte	Moyenne	Faible	Très Faible	Nulle

Nous trouvons que ces sols sont en général de **FORTE PERMEABILITE** ; seulement deux sites (Stade Maendeleo et Majengo RN5) sont inclus dans l'intervalle des moyennes perméabilités.

Tableau 2 : tableau de variation de perméabilité

SOL S FINS	SOLS MICROGRENUES	SOLS GRENUES	SOLS HUMIDES	SOLS PEU HUMIDES
$2,66.10^{-3}$	$6,11.10^{-3}$	$16,55.10^{-3}$	$1,59.10^{-3}$	$7,8.10^{-3}$
$2,57.10^{-3}$	$7,8.10^{-3}$		$2,66.10^{-3}$	$16,55.10^{-3}$
$5,7.10^{-3}$	19.10^{-3}		$2,57.10^{-3}$	19.10^{-3}
$2,23.10^{-3}$	$4,12.10^{-3}$		$6,11.10^{-3}$	$4,12.10^{-3}$
$1,59.10^{-3}$	$12,3.10^{-3}$		$9,3.10^{-3}$	$5,7.10^{-3}$
$7,65.10^{-4}$	$13,10.10^{-3}$		$12,3.10^{-3}$	$13,10.10^{-3}$
$7,02.10^{-4}$	$9,3.10^{-3}$		$7,02.10^{-4}$	$18,06.10^{-3}$
	$18,06.10^{-3}$			$3,07.10^{-3}$
	$3,07.10^{-3}$			$2,23.10^{-3}$
				$7,65.10^{-4}$

A la lumière de ce tableau, nous remarquons que la perméabilité in situ varie en fonction de la texture du sol. Elle est plus élevée dans les sols à texture grenue, peu élevée dans le sol microgrenu et très faible dans les sols fins. Nous constatons en plus que dans les sols à même texture, elle varie en fonction de l'humidité ; elle est faible dans le sol humide et considérable dans les sols peu humides. Au point d'alt. 732580, long. 9543230, lat. 764 les descriptions de la perméabilité in situ étaient très difficile parce que le terrain est marécageux.

3.1 ANALYSE DES ECHANTILLONS

Pour la classification et l'identification des sols, cinq échantillons des sols ont été prélevés dans cinq sites différents pour les analyses. Tous ces essais ont été réalisés au laboratoire géotechnique de la Faculté des Sciences Appliquées et Institut Technique Supérieur (FSA/ITS) de l'Université du Burundi (UB) à Bujumbura. Les essais permettront de comprendre les principes [1] et les domaines d'application de chaque essai.

Tableau 3 : tableau montrant la description et les coordonnées des sites d'échantillonnage

SITES	CORDONNEES GEOGRAPHIQUES	CODE DE L'ECHANTILLON ET DESCRIPTION
MWEMEZI (PONT)	Longitude : 732298 Latitude : 9546808 Altitude : 777m	PONT MWZ Echantillon prélevé dans l'horizon B après excavation, à 70 cm de la surface
KALINGA-SUD ANTENNE VODACOM	Longitude : 731535 Latitude : 9545694 Altitude : 810m	BRK ANT VOD Echantillon prélevé dans l'horizon B après excavation, à 85 cm de la surface
PISTE AERODROME NORD	Longitude : 732334 Latitude : 9545647 Altitude : 773m	BRK AERO N Echantillon prélevé dans l'horizon B après excavation, à 90cm de la surface
MUSHIMBAKYE PORT III	Longitude : 732152 Latitude : 9543000 Altitude : 768m	MSHBK Echantillon prélevé dans l'horizon B après excavation, à 58 cm de la surface
MWAMBANGU	Longitude : 731028 Latitude : 9543480 Altitude : 827m	BRK MWBG, Echantillon prélevé dans l'horizon B après excavation, à 75cm de la surface

3.1.1 ANALYSES GRANULOMETRIQUES

Les résultats du laboratoire ont permis de déterminer les proportions de sables, argiles et limons dans chaque échantillon. Nous avons ploté ces données sur le diagramme de la "Public Roads Administration" afin de nommer chaque échantillon. Ce diagramme de présentation texturale des particules fines (c'est-à-dire : sable, limon et argile) est un diagramme tertiaire (triangulaire) dont les trois sommets correspondent aux pourcentages d'argile, limon (silt) et sable dans un échantillon.

Tableau 4 : tableau de composition texturale des échantillons

Echantillon	% Partiel	%Rendus à 100%	Particules
BRK-MWZ	0.5	0.5	Argile
	64	67.4	Limon
	30.5	32.1	Sable
BRK-ANT-VOD	0	-	Argile
	2	-	Limon
	43	-	Sable
BRK-AERO-N.	10	10.2	Argile
	67	68.4	Limon
	21	21.4	Sable
BRK-MSHBK	4	4.1	Argile
	59	60.2	Limon
	35	35.7	Sable
BRK-MWBG	0	0	Argile
	50	50	Limon
	50	50	Sable

Le diagramme tertiaire de la PRA, "Public Roads Administration"

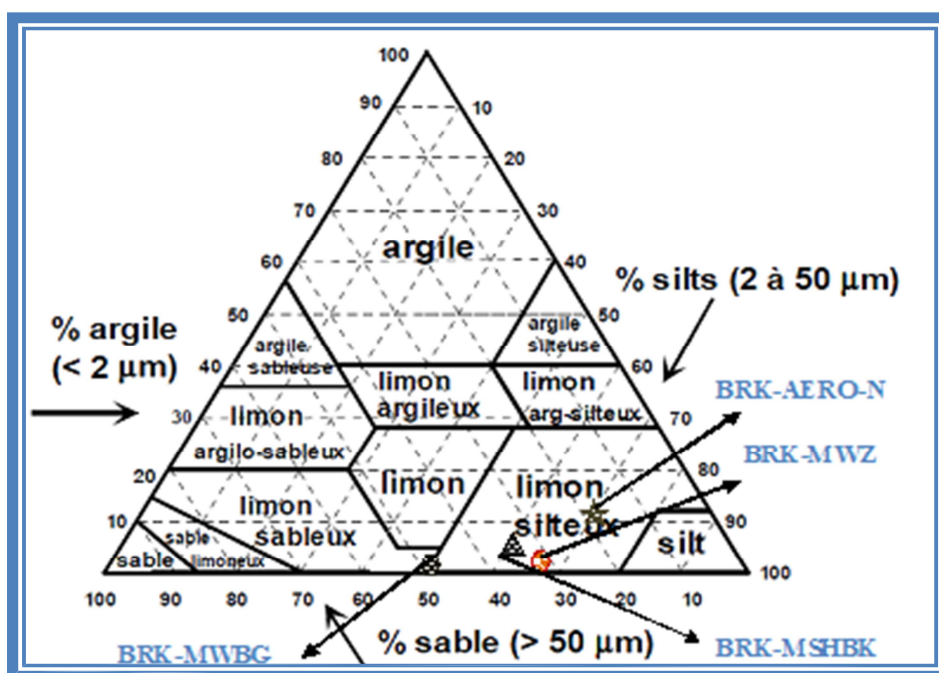


Diagramme de composition texturale des échantillons analysés.

★ : BRK-AERO-N; ● : BRK-MWZ; ▲ : BRK-MSHBK et ■ : BRK-MWBG

Nous trouvons que plus de 75% des sols de Baraka sont des limons silteux alors que seulement moins de 25%, sont à la limite des limons silteux et limons sableux. Cependant, l'échantillon BRK-ANT-VOD n'a pas été présenté dans ce graphique car étant constitué d'une grande proportion des graviers fins.

3.1.2 LIMITES D'ATTERBERG

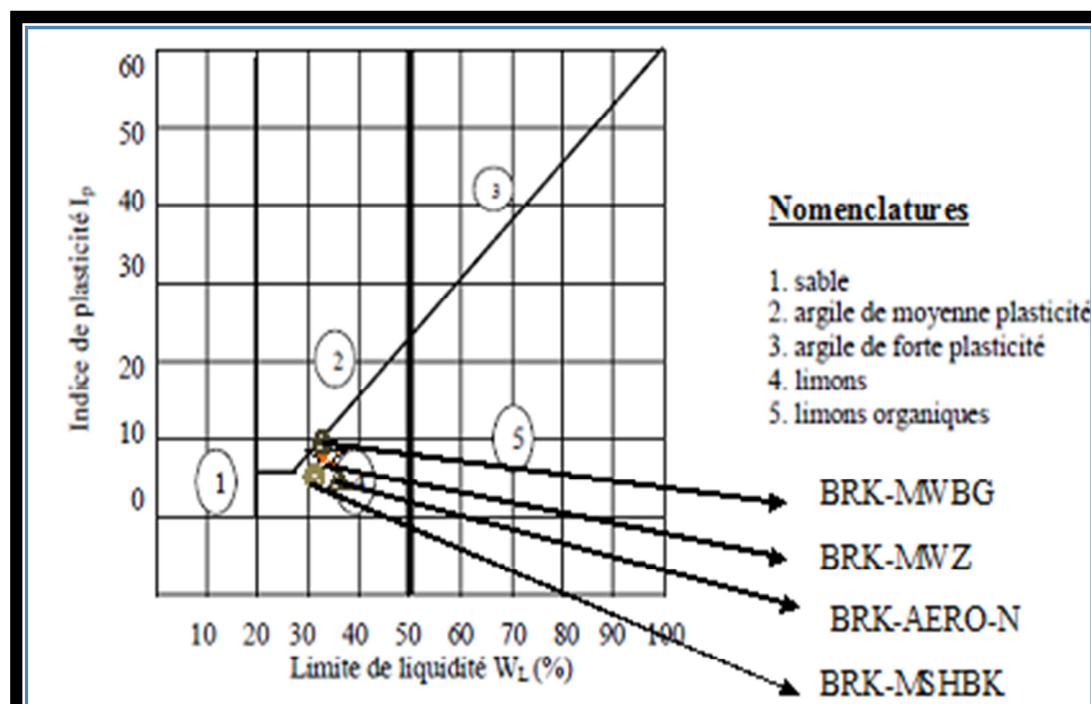
Cet essai permettra de déterminer l'état de consistance du sol qui permet de définir conventionnellement les frontières entre l'état liquide, l'état plastique et l'état solide d'un sol. Les limites à définir sont la limite de liquidité W_L , la limite de plasticité W_p . Aussi, il faudra déterminer l'indice de plasticité I_p et de consistance I_c enfin de classer le sol suivant sa consistance [1]. La consistance d'un sol varie de façon continue selon la teneur en eau : lorsque celle-ci augmente, le sol passe successivement de l'état solide à l'état plastique puis à l'état liquide. Pour le faire, nous nous sommes servis des classes démontrées par le Centre des Recherches Routières (1947) et Craterre (1985).

Tableau 5 : Présentation des indices de plasticité et limites de liquidité des sols analysés

Echantillon	Limite de liquidité (Teneur en eau) W_L , Limite de Plasticité W_p , Teneur en eau naturelle W , Indice de Plasticité $I_p(\%)$ et Interprétation	Indice de consistance I_c + Interprétation
BRK-MWZ	$W_L=35,9\%$; $W_p=27,3\%$, $W=12,3\%$, $N=25$ $I_p=8,6\%$, Sols Moyennement Plastiques	$I_c=2,74$, sols durs
BRK-ANT-VOD	$W_L=5,9\%$, les limites d'Atterberg n'ont pas été déterminées au laboratoire car les particules constitutives de l'échantillon de ces sols sont essentiellement des graviers fins et des sables grossiers ne permettant pas ainsi la réalisation de cet essai.	
BRK-AERO-N	$W_L=36,9\%$; $W_p=30,4\%$ $I_p=6,5\%$, Sols Moyennement Plastiques	$I_c=4$; sols durs
BRK-MSHBK	$W_L=35\%$; $W_p=27\%$, $W=9,2\%$ $I_p=8\%$, Sols Moyennement Plastiques	$I_c=3,2$; sols durs
BRK-MWBG	$W_L=35,4\%$; $W_p=26,6\%$, $W=10,3\%$ $I_p=9\%$, Sols Moyennement Plastiques	$I_c=2,79$, sols durs

Selon les classes données par le Centre des Recherches Routières (1947) et Craterre (1985), nous constatons que les sols sont moyennement plastiques et durs.

Présentation graphique sur un diagramme binaire [8]



Plotage des résultats sur le diagramme binaire des nomenclatures basées sur I_p et W_L

Nous constatons que les sols de Baraka sont généralement des limons. En se référant à l'analyse granulométrique et la limite d'Atterberg, nous constatons que ces sols étudiés sont généralement des limons précisément des limons silteux moyennement plastiques et durs.

3.1.3 ESSAI DE COMPACTAGES

Dans le cadre de cette étude, le seul essai de compactage réalisé est l'essai Proctor. Cet essai s'applique sur le matériau constitué des particules fines de dimension inférieure à 20mm. Cet essai se réalise dans le but de déterminer pour un compactage normalisé d'intensité donné, la teneur en eau maximale et la densité sèche maximale du matériau ; c'est-à-dire définir le comportement de ce matériau en présence d'une charge donnée. Nous allons donc déterminer les qualités du sol et son comportement vis-à-vis du compactage. Sur base de normes de Proctor, nous savons que pour une densité inférieure à 1,6 nous avons un mauvais sol ; pour une densité comprise entre 1,8 et 1,9 nous avons un sol convenable et pour une densité supérieure à 2,05 nous avons un sol excellent. Aussi une teneur en eau optimale supérieure de 20% est un indice d'un mauvais sol pour le compactage. Les résultats sont les suivants :

Tableau 5 : tableau des résultats des essais de compactage

ECHANTILLON	DENSITE SECHE ρ_d	TENEUR EN EAU OPTIMALE W_{op}
BRK-MWZ	$\rho_d = 1.69 \text{ g/cm}^3$	$W_{op} = 18.0\%$
BRK-ANT-VOD	$\rho_d = 1.88 \text{ g/cm}^3$	$W_{op} = 10.9\%$
BRK-AERO-N	$\rho_d = 1.62 \text{ g/cm}^3$	$W_{op} = 16.1\%$
BRK-MSHBK	$\rho_d = 1.70 \text{ g/cm}^3$	$W_{op} = 15.2\%$
BRK-MWBG	$\rho_d = 1.67 \text{ g/cm}^3$	$W_{op} = 14.1\%$

Les densités sèches varient entre $1,62\text{g/cm}^3$ et $1,88\text{g/cm}^3$ avec une moyenne de $1,71\text{g/cm}^3$. Cela montre que Baraka est constitué par des mauvais sols. Ainsi les travaux de traitements du sol sont nécessaires avant tous travaux de construction.

Les teneurs en eau optimale varient entre 10,9% et 18,0% avec une moyenne de 14,86% inférieur à 20%, qualité de bons sols pour le compactage.

3.1.4 ESSAIS MECANIQUE DE CISAILEMENT

Dans de ce travail nous avons prélevé deux échantillons non remaniés pour la réalisation des essais mécaniques de cisaillement [4]. Le premier échantillon était prélevé au port de Mushimbakye et deuxième à Mwabangu site proche du port. Tout ceci pour savoir les comportements du sol au port de Mushimbakye et dans ses environs. Nous allons aussi faire l'étude de fondation à ces deux sites. Les résultats de cette étude permettront aux ingénieurs civils de connaître les types de fondation qui pourraient y être érigées.

Présentation des résultats et interprétations

Tableau 6 : présentations des résultats des essais de cisaillement direct

ECHANTILLON	COHESION C ET ANGLE DE FROTTEMENT INTERNE ϕ	CONTRAINTES MOYENNE σ
BRK-MSHBK	$C=20\text{KN/m}^2$; $\phi=22.6^\circ$	$\sigma_1=50\text{KN/m}^2, \sigma_2=150\text{KN/m}^2, \sigma_3=250\text{KN/m}^2$ $\sigma = 150\text{KN/m}^2$
BRK-MWBG	$C=30\text{KN/m}^2$; $\phi=21.8^\circ$	$\sigma_1=50\text{KN/m}^2, \sigma_2=150\text{KN/m}^2, \sigma_3=250\text{KN/m}^2$ $\sigma = 150\text{KN/m}^2$

Nous constatons que les sols de ces deux sites sont généralement stables car les cohésions sont positives. Les ruptures sont apparues aux mêmes contraintes normales ($\sigma_1=50\text{KN/m}^2$, $\sigma_2=150\text{KN/m}^2$, $\sigma_3=250\text{KN/m}^2$), ce qui signifie que ces sols présentent les mêmes caractéristiques mécaniques.

TRAVAUX DES FONDATIONS

Toute construction que l'on désire édifier à la surface du sol ou en profondeur pose le problème de sa fondation. Cette dernière est liée à la charge exercée par l'ouvrage sur le terrain et l'aptitude qu'a celui-ci à supporter cette charge [11]. C'est ainsi que les essais de cisaillements que nous venons d'évoquer vont nous permettre de calculer la capacité portante ainsi que la contrainte admissible du sol au port de Mushimbakye et à Mwabangu, pour enfin déterminer le type de fondation favorable dans ces deux sites. Dans nos calculs, nous nous limiterons à la fondation superficielle (semelles filantes, isolées ou radiers) [3]. La fondation est dite superficielle lorsque le rapport entre l'encastrement (D) et la largeur (B) est inférieur à quatre ($\frac{D}{B} < 4$) [5]. La détermination de la capacité portante Qd et du contrainte admissible Qad seront faites à partir de différents paramètres mécaniques (cohésion du terrain C, angle de frottement interne ϕ , poids volumique apparent du terrain γ), aussi avec la largeur de la fondation B, l'encastrement D et du terme de surface Ny, de profondeur Nq et de cohésion Nc). Nous nous sommes servis ici de la loi de CAQUOT et KERISEL pour la détermination des valeurs des termes de surface Ny, de profondeur Nq et de cohésion Nc [3]. Nous avons considéré une fondation de 0.5m de largeur enfoui à 1m en profondeur (B=0.5m et D=1m).

POUR LE SITE DE MWAMBANGU

$$\phi = 21.8^\circ ; \quad C = 30 \text{ kN/m}^2 ; \quad ds = 1.67 \text{ g/m}^3 ; \quad \gamma = 16.7 ;$$

$$Nq = 7.82 ; \quad Nc = 16.88 ; \quad Ny = 6.73 ; \quad D = 1 \text{ m} ; \quad B = 0.5 \text{ m} ; \quad L = 0.8 \text{ m}$$

Calcul de la capacité portante du sol (Qd)

$$a) \quad \text{Pour la semelle filante : } Qd = \gamma \cdot Ny \cdot \frac{B}{2} + \gamma \cdot D \cdot Nq + C \cdot Nc$$

$$Qd = 665 \text{ kN/m}^2$$

$$b) \quad \text{Semelles isolées: Semelle circulaire: } Qd = 0,6 \cdot \gamma \cdot Ny \cdot \frac{B}{2} + \gamma \cdot D \cdot Nq + 1,3 \cdot C \cdot Nc = 805,8 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Semelle carrée : } Qd = 0,8 \cdot \gamma \cdot Ny \cdot \frac{B}{2} + \gamma \cdot D \cdot Nq + 1,3 \cdot C \cdot Nc = 811,4 \text{ kN/m}^2$$

Calcul de la contrainte admissible (Qad)

$$a) \quad \text{Pour la semelle filante: } Qad = \gamma \cdot D + \frac{[\gamma \cdot Ny \cdot \frac{B}{2} + \gamma \cdot D \cdot (Nq - 1) + C \cdot Nc]}{3}$$

$$Qad = 232,83 \text{ kN/m}^2$$

$$b) \quad \text{Pour la semelle isolée carrée } (\frac{B}{L} = 1): Qad = \gamma \cdot D + \frac{[\gamma \cdot Ny \cdot \frac{B}{2} (1 - 0,2 \frac{B}{L}) + \gamma \cdot D \cdot Nq + (1 + 0,2 \frac{B}{L}) \cdot C \cdot Nc]}{3}$$

$$Qad = 270,3 \text{ kN/m}^2$$

$$c) \quad \text{Semelle rectangulaire } (L = 0,8 \text{ m}): Qad = \gamma \cdot D + \frac{[\gamma \cdot Ny \cdot \frac{B}{2} (1 - 0,2 \frac{B}{L}) + \gamma \cdot D \cdot Nq + (1 + 0,2 \frac{B}{L}) \cdot C \cdot Nc]}{3}$$

$$Qad = 252,8 \text{ kN/m}^2$$

SITE PORT DE MUSHIMBAKYE

$$\phi = 22.6^\circ ; \quad C = 20 \text{ kN/m}^2 ; \quad ds = 1.70 \text{ g/m}^3 ; \quad \gamma = 17.0 ; \quad Nq = 8.66 ; \quad Nc = 18.05 ;$$

$$Ny = 6.73 ; \quad D = 1 \text{ m} ; \quad B = 0.5 \text{ m} ; \quad L = 0.8 \text{ m}$$

Calcul de la capacité portante du sol (Qd)

$$a) \quad \text{Pour la semelle filante : } Qd = \gamma \cdot Ny \cdot \frac{B}{2} + \gamma \cdot D \cdot Nq + C \cdot Nc$$

$$Qd = 536,8 \text{ kN/m}^2$$

$$b) \quad \text{Semelles isolées: Semelle circulaire: } Qd = 0,6 \cdot \gamma \cdot Ny \cdot \frac{B}{2} + \gamma \cdot D \cdot Nq + 1,3 \cdot C \cdot Nc$$

$$Qd = 633,7 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Semelle carrée : } Qd = 0,8 \cdot \gamma \cdot Ny \cdot \frac{B}{2} + \gamma \cdot D \cdot Nq + 1,3 \cdot C \cdot Nc$$

$$Q_d = 639.4 \text{ KN/m}^2$$

Calcul de la contrainte admissible (Qad)

a. Pour la semelle filante: $Q_{ad} = \gamma \cdot D + \frac{[\gamma \cdot N \gamma \cdot \frac{B}{2} + \gamma \cdot D \cdot (Nq - 1) + C \cdot Nc]}{3}$
 $Q_{ad} = 190.3 \text{ KN/m}^2$

b. Pour la semelle isolée carrée ($\frac{B}{L} = 1$): $Q_{ad} = \gamma \cdot D + \frac{[\gamma \cdot N \gamma \cdot \frac{B}{2} (1 - 0.2 \frac{B}{L}) + \gamma \cdot D \cdot Nq + (1 + 0.2 \frac{B}{L}) \cdot C \cdot Nc]}{3}$
 $Q_{ad} = 218.1 \text{ KN/m}^2$

c. Semelle rectangulaire ($L=0.8m$): $Q_{ad} = \gamma \cdot D + \frac{[\gamma \cdot N \gamma \cdot \frac{B}{2} (1 - 0.2 \frac{B}{L}) + \gamma \cdot D \cdot Nq + (1 + 0.2 \frac{B}{L}) \cdot C \cdot Nc]}{3}$
 $Q_{ad} = 209.8 \text{ KN/m}^2$

On constate qu'à MWAMBANGU, pour une fondation de 0,5 m de largeur avec un encastrement de 1 m, la charge qu'il ne faudra pas dépasser pour les semelles filantes est de 232.82 KN/m², pour les semelles carrées, elle est de 270,3KN/m² et 252,8 KN/m² pour les semelles rectangulaires.

On constate qu'au port de MUSHIMBAKYE, pour une fondation de 0,5 m de largeur avec un encastrement de 1 m, la charge qu'il ne faudra pas dépasser pour les semelles filantes est de 190.3 KN/m², pour les semelles carrées, elle est de 218.1 KN/m² et 209.8 KN/m² pour les semelles rectangulaires.

Remarquons que les contraintes admissibles sur ces sols sont grandes. Ces sols peuvent donc supporter des immeubles des grandes charges, mais si et seulement si les couches profondes ont les mêmes caractéristiques que les couches superficielles. En comparant les contraintes admissibles obtenues pour chaque forme de fondation, pour les dimensionnements proposés dans les calculs, on constate que seules les semelles isolées carrées peuvent supporter les grandes charges qui peuvent aller jusqu'à 270,3 KN/m² à MWAMBANGU et 218.1KN/m² au port de MUSHIMBAKYE. Au-delà des différentes contraintes admissibles calculées, on assistera au tassement de l'ouvrage. Remarquons également que les contraintes admissibles augmentent au fur et à mesure qu'on s'éloigne du port.

Chaque dimensionnement de fondation dépend des paramètres tels que : la largeur, la longueur et l'encastrement, c'est-à-dire que les dimensionnements des fondations font intervenir la notion de surface et de profondeur. Lorsque la surface augmente, la pression diminue proportionnellement à la charge exercée par l'ouvrage, ceci revient à dire qu'on peut augmenter la capacité portante d'un sol en augmentant la surface de la fondation. La capacité portante augmente aussi avec la profondeur c'est-à-dire plus la profondeur augmente, plus la capacité portante augmente. Lorsque l'encastrement est faible, la charge devient aussi faible et lorsque l'encastrement est grand la charge augmente aussi. Donc ces charges qu'il ne faudra pas dépasser pour les fondations superficielles, donnent une idée les types d'autres fondations.

3.2 DOMAINE D'APPLICATION ET AMELIORATIONS DES SOLS DE BARAKA EN GENIE CIVIL

Cette partie aborde non seulement les différents domaines d'application découlant des caractéristiques géotechniques des sols de Baraka en génie civil mais aussi, des diverses améliorations à y appliquer pour envisager les constructions d'ouvrages durables et stables.

3.2.1 DOMAINES D'APPLICATIONS

Ces sols identifiés limoneux ou limons silteux, moyennement plastiques, durs et stables de part leurs propriétés mécaniques (cohésions positives), en génie civil, sont essentiellement destinés aux :

- Assises des fondations d'ouvrages d'art ;
- Assises des chaussées : premièrement ils peuvent être utilisées pour les chaussées à faible trafic (zones pavillonnaires, parkings, centres commerciaux, plates formes industrielles, ...), mais actuellement les limons traités sur place sont d'application élargie aux chaussées à trafic moyen et lourd (routes départementales, routes nationales : utilisés jusqu'aux niveaux des couches de base et de fondation des chaussées). En France de l'ouest par exemple, l'assise de la fondation de chaussée est bâtie par les limons traités à la chaux et/ou au ciment (LTCC) sur la route n°74 et compte plus de 50km à trafic fort; [8]

- Remblais des fondations et des chaussées, des digues et barrages ;
- Supports des murs de soutènement, rideaux de palplanches.

3.2.2 AMELIORATION DES SOLS LIMONEUX EN GENIE CIVIL

Cette partie du présent travail traite les différents mécanismes d'amélioration de l'état des sols pour lutter contre les dégâts qui guettent la stabilité des ouvrages en génie civil. Pour le cas de notre secteur d'étude, nous avons pu identifier essentiellement deux phénomènes susceptibles d'entraîner l'instabilité des ouvrages d'art. Il s'agit particulièrement de l'affaissement des édifices et la liquéfaction des sols. A ces principaux phénomènes ils peuvent s'ajouter la fissuration des édifices. Face à ces dangers, nous proposons aux distingués usagers de ces sols, dans les différents domaines d'application précités, les traitements préalables des sols qui consistent à améliorer leur capacité portante et à minimiser l'indice des vides afin d'augmenter les caractéristiques mécaniques (cohésion et angle de frottement interne) et de diminuer les déplacements sous les surcharges apportées par les ouvrages. Citons quelques mécanismes d'amélioration de ces sols :

- Le domaine d'amélioration par compactage qui permet d'améliorer la portance des sols par application d'une énergie mécanique.
- Les compactages statiques des solides consistant à introduire à l'aide d'une pompe à haute pression un mortier très visqueux afin d'améliorer en profondeur un sol lâche.
- Le domaine de traitement par consolidation.
- Le domaine de traitement par injection des liants : Cette technique de traitement chimique est utilisée surtout pour colmater les vides épinglés dans le massif sur lequel on veut ériger un édifice permettant de rendre imperméables les limons.
- Les traitements à la chaux et au ciment.

4 CONCLUSION

Ce travail présente les pistes de solution sur la connaissance des caractéristiques physiques et mécaniques des sols de Baraka en général et du port de MUSHIMBAKYE en particulier. Ce secteur est classé dans les terrains Ruziziens constitué en général des grès, quartzites, des conglomérats et d'abondants dépôts des sables très récents et d'argiles.

Les résultats des essais de perméabilité, de classification géomécanique, d'identification des sols (l'analyse granulométrique et les limites d'Atterberg), de compactage (l'essai Proctor) et des essais mécaniques (les essais de cisaillement simple) révèlent que les sols de ce secteur sont des limons silteux qui affichent de très fortes perméabilités. Il s'agit des matériaux cohérents moyennement plastiques, durs, de mauvaises qualités mais bons pour les compactages et la construction. La densité sèche varie entre $1,62\text{g/cm}^3$ et $1,88\text{g/cm}^3$, avec une teneur en eau moyenne de 14,86% ; la cohésion est positive, l'angle de frottement interne moyen est de $22,2^\circ$ (à MUSHIMBAKYE $C=20\text{KN}$, $\phi=22.6^\circ$ et à MWAMBANGU $C=30\text{KN/m}^2$, $\phi=21.8^\circ$) avec une contrainte moyen de 150KN/m^2 .

Les capacités portantes et les contraintes admissibles ont été établies en fonction de différents types de fondation. Ainsi les terrains de Baraka aux sites étudiés présentent une bonne capacité portante et contrainte admissible.

A MWAMBANGU, pour une fondation de 0.5m de largeur, enfoui à 1m de profondeur et $L=0.8\text{m}$, les contraintes admissibles est de 232.83 KN/m^2 pour les semelles filantes, 270.3 KN/m^2 pour les semelles carrées et $252,8\text{ KN/m}^2$ pour les semelles rectangulaires. A MUSHIMBAKYE, pour les même types de fondations, les contraintes admissibles est de 190.3 KN/m^2 pour les semelles filantes, 218.1 KN/m^2 pour les semelles carrées et 209.8 KN/m^2 pour les semelles rectangulaires. Les semelles isolées carrées peuvent donc supporter les grandes charges. Au-delà ces différentes contraintes admissibles, on assistera au tassement de l'ouvrage. Ce secteur est donc relativement stable pour les ouvrages conçus au respect des normes de portance et contraintes admissibles des sols en place.

Les traitements par compactage, par consolidation, par injection des liants, les traitements à la chaux et au ciment seraient les moyens d'amélioration et traitement de ces sols pour leur applicabilité saine et stable en génie civil.

La perméabilité in situ dans ce secteur varie en fonction de la texture du sol. Elle est plus élevée dans les sols à texture grenue, peu élevée dans le sol microgrenu et très faible dans les sols fins. Elle varie aussi pour les sols à même textures en fonction de l'humidité du sol; elle est faible dans le sol humide et considérable dans les sols peu humides.

Le port de Mushimbake étant parmi nos sites d'investigation, nous avons trouvé que ce site est stable. Les paramètres développés ci-dessus sont à ne pas ignorer lorsqu'on veut y ériger les édifices ou ouvrages stables.

REFERENCES

- [1] COLLAS, J. et HAVARD, M, *Guide de Géotechnique-Lexiques et essais*, Eyrolles, Paris, 1983, 135p
- [2] Costet J. Guy Sanglerat, *Cours pratique des mécaniques des sols, calculs des ouvrages*, 2^e ed. Dunod. tomesII, 1975- 351 pages.
- [3] Costet J., G. Sanglerat, *Cours pratique de mécanique des sols Tomes 2*, calcul des ouvrages, 3^e Ed. Dunod, 1983
- [4] Lérau, J., *Cours de géotechniques I (en ligne)*, Institut National des Science Appliquées(INSA) Toulouse, *Département de sciences et Technologie pour ingénieur*, 3^{ème} année Ingénierie de construction, année universitaire 2005-2006
- [5] KOGNONSA, C.B., *Méthodologie de dimensionnement des fondations d'ouvrages d'art en béton armé : application aux ponts-routes sur micro-pieux*, Université Cheik Anta Diop de Dakar – Ecole Supérieure Polytechnique, Dpt de Génie civil, TFE en ligne, Juillet 2004.
- [6] COLLOQUE DE SAINT-MAXIMIN, *Propriétés mécaniques des sols : fondations superficielles, méthodes numérique*, Paris : L.C.P.C., 1978. - 196p
- [7] T. Martinenghi et F. Oboni, *Problème de consolidations primaires*, Laboratoire de Mécanique des Sols de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.
- [8] SETRA/Laboratoire central des Ponts et chaussées (LCPC), *guide technique des traitements des sols à la chaud et/ou aux liants hydrauliques*, Paris, Décembre 2000.
- [9] MAURICE CASSAN, *les essais de perméabilité sur site dans la connaissance des sols. PARIS* ; presses de l'école nationales des ponts et chaussées, 2005-568p.
- [10] PORTET,F., *aide-mémoire de la mécanique des sols*, ENTE Aix, Bordeaux, 2003.
- [11] Pierre HABIB, *précis de géotechnique des sols et des roches*, Ed. Dunod. Bordas, Paris, 1982, 145p
- [12] Jacques BEAUCHAMP 2003, *mécaniques des sols et des roches*, Université de Picardi, inédit
- [13] Khaled MEFTAM, 2008, *livre de mécanique des sols*, université de tunis, 120p
- [14] LUONGA KIZET, G., *rapport sur la dégradation de l'environnement dans le Territoire de FIZI*, Fondation ITOMBWE, 2011
- [15] Bureau Sectoriel, *rapport administratif du 2ème trimestre du Secteur de MUTAMBALA en Territoire de FIZI*, 2010.

ETUDE FLORISTIQUE, PHYTOGEOGRAPHIQUE ET PHYTOSOCIOLOGIQUE DE LA VEGETATION DU PARC NATIONAL DE LA SALONGA (BAS-KASAI – RDC) (SYNTHESE)

K. Honoré BELESI KATULA

Laboratoire de Systémique, Biodiversité, Conservation de la nature et Savoirs Endogènes (LSBCSE), Département des Sciences de l'Environnement, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190, Kinshasa XI, RD Congo

Copyright © 2016 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: Floristic, phytogeographical and phytosociological studies of the vegetation using phytosociological methods, have been realised out in Bas-Kasai (18°E, 4-5°S, 400-500 m of altitude, Congo D. R.), covered on an area of 1.000.000 ha. Using Twinspan, Canoco and MVSP software, the result of floristic analysis based on **325** samples, allowed us to establish a matrix of **1616** species. One new species of *Sapindaceae*, *Pancovia lubiniana* Belesi. in Central Africa was described. One new species, *Prioria joveri* in RDC and more than ten species or so were harvested for the first time in our region. These species are distributed in **771** genus and **152** families. Phytosociological plots were being realized in four- types of vegetations: savanna, mainland mature forest, secondary forest and hydromorphy soil ground forests. Many new groupments and alliances are described. Most forests are dominated by *Caesalpinioideae*. Those studies vegetable forms present at once the agronomic, sylvan, economic and environmental interest not only for local populations of the region but as for the country in general. Whence the obvious presence of secondary groupings.

KEYWORDS: Bas-Kasai, flora, phytosociology, phytogeographical spectrum, autecological spectrum, botanical diversity.

RESUME: La synthèse présentée ici est le fruit d'une étude floristique, phytogéographique et phytosociologique de la végétation qui a été réalisée au Bas-Kasai (18°E, 4-5°S, 400-500 m d'altitude, RDC) sur une superficie couvrant 1.000.000 ha entre 1996 et 2008, au moyen de la méthode sigmatiste. A l'aide des logiciels Twinspan, Canoco et MVSP, l'analyse floristique, autoécologiques et phytogéographiques basée sur plus de 2000 excursions d'herbiers et **325 relevés**, a mis en évidence **1616 espèces** dont une nouvelle espèce des *Sapindaceae*, *Pancovia lubiniana* Belesi a été décrite pour la science tandis que *Prioria joveri* vient d'être signalée pour la première fois en RDC, et plus d'une dizaine récoltées pour la première fois dans la région étudiée. Ces espèces sont réparties dans 771 genres et 152 familles. Les relevés phytosociologiques ont été réalisés dans quatre types de végétation: forêts matures sur terre ferme, forêts sur sols hydromorphes, forêts secondaires et formation herbeuse. Un bon nombre des groupements et alliances nouveaux sont notés avec une prédominance des *Caesalpinioideae*. Les formations végétales étudiées présentent à la fois des intérêts agronomiques, sylvicoles, économiques et environnementaux non seulement pour les populations locales de la région étudiée, mais aussi pour le pays en général.

MOTS-CLEFS: Bas-Kasai, flore, phytosociologie, spectres phytogéographiques, spectres autécologiques, diversité végétale.

1 INTRODUCTION

La République Démocratique du Congo présente une grande biodiversité végétale. Mais sa composition floristique demeure encore très peu connue pour plusieurs entités biogéographiques. A l'heure des inventaires des ressources naturelles, il est important que chaque nation dispose des informations relatives à ses ressources. C'est ce que rappelait déjà [1]. La connaissance claire et précise de ses potentialités est un des éléments qui permet d'élaborer un programme de mise en valeur et de développement local, régional et national qui doivent intégrer dans leur plan, la gestion des ressources

naturelles. En ce qui concerne les ressources naturelles biologiques en général et végétales en particulier, les données actuellement disponibles sont sectorielles, parfois incomplètes. Cela nécessite le développement des recherches dans des régions et des zones relativement peu ou pas du tout explorées ou pour la mise en jour des informations souvent anciennes.

En effet, la flore et la végétation de nombreuses régions congolaises ont fait l'objet de plusieurs travaux floristiques et phytosociologiques, notamment la région montagneuse de l'est [2] [3] [4] [5] [6] [7]. Ces travaux se rapportent à la flore du parc national Albert, à la végétation des plaines alluviales au sud de lac Edouard et à la végétation de la plaine de la Ruzizi ainsi que l'étude de la flore du Ruwenzori flanc ouest. Dans le sud-est, on peut citer [8] [9] [10] [11] [12] [1]. Ces travaux traitent la flore et la végétation des forêts claires zambéziennes et de la zone de transition régionale guinéo-congolaise et zambézienne ainsi que des formations herbeuses. Plus récemment le travail de [13] sur les ressources des forêts claires du Haut-Katanga complète les aspects floristiques et phytosociologiques. Dans la région de Yangambi, de Kisangani et Mbandaka dans la cuvette centrale, les travaux sur la flore et la phytosociologie remontent, notamment à [14] [15] [16] [17]. Cette dernière contrée, a néanmoins bénéficié d'apports plus récents grâce aux travaux floristiques, écologiques et phytosociologiques des chercheurs des Universités de Kinshasa et de Kisangani après l'indépendance [18] [19] [20] et [21] [22] [23] [24] [25] [26] [27] [28] [29] [30]. Cette zone est parmi les mieux floristiquement et phytosociologiquement connue. Dans le sud-ouest, nous retiendrons les travaux de [31] [32] [33] [34] [35] [36] [37] [38]. Les travaux de ces divers auteurs se rapportent à l'analyse de la flore, à la phytosociologie et à l'utilisation des ressources phytogénétiques.

La zone de contact des Secteurs Forestier central au nord et Kasai au sud concernée par la présente étude est l'une des entités phytogéographiques de la RDC, floristiquement la moins connue. Les premières récoltes botaniques datent du début du XX^{ème} siècle avec [39] [40] dans la région d'Ipamu pour la partie sud et avec [41] lors d'une mission d'exploration botanique du lac Léopold II, actuel lac Mai-Ndombe dans la partie nord.

Le survol de la littérature botanique consacrée à ce territoire nous permet de signaler qu'excepté les récents travaux de [42] [43] [44] [45] [46] [47] [48] [49] [50] [51] la connaissance de sa flore et surtout des études phytosociologiques et écologiques de sa végétation ne s'est basée que sur quelques ouvrages généraux de [39] et [41] ainsi que [37] [52] [53] [54] respectivement au Congo belge (RDC), au Kwango-Kwilu, au Lac Tumba et au Kwilu.

Ce survol rapide de la littérature confirme le caractère sectoriel des connaissances botaniques de l'espace congolais. Il apparaît nécessaire de poursuivre et de diversifier les recherches floristiques et phytosociologiques sur l'ensemble du pays, particulièrement dans les zones forestières où la phytodiversité est naturellement élevée. En vue de donner au Congo les bases d'une gestion rationnelle de ces ressources, gage de son développement durable. C'est ainsi que nous avons choisi pour notre étude le nord du territoire d'Idiofa dans le District du Kwilu et le nord des territoires d'Inongo, Kutu et Oshwe dans le District de Mai-Ndombe (partie sud du Parc National de Salonga), l'ensemble appartenant à la Province du Bandundu.

Du point de vue géographique, les quatre territoires administratifs étudiés se situent dans le bassin hydrographique du Kasai. Ce bassin est caractérisé par des variations de l'altitude. Dans sa partie sud, cet affluent du fleuve Congo prend sa source sur le plateau de Lunda où l'altitude culmine à plus de 2000 m [55]. A partir d'Ilebo (420 m d'alt.), il traverse une région où l'altitude s'abaisse progressivement pour atteindre Mushie, localité située entre 400 et 500 m [56]. Ainsi on peut diviser la rivière Kasai en deux parties: le cours supérieur et le cours inférieur. Notre zone d'étude s'intègre dans le cours inférieur du Kasai. C'est cette partie qui est nommée «Bas-Kasai».

Les zones prospectées couvrent approximativement 10. 000 Km² (Soit le tiers de la superficie totale de ces quatre entités administratives et 0,43 % de la superficie ou 235^{ème} partie du territoire national de la RDC).

Les principales localités prospectées sont les suivantes. Dans le Territoire d'Idiofa, entre les rivières Kasai au nord et les rivières Kamtsha et Pio-pio à l'est ; dans le Territoire de Oshwe à l'ouest, les Secteur Lokolama, Lukenie et Kangara ; en Territoire d'Inongo, nous avons couvert le Secteur Bolia tandis qu'en Territoire de Kutu, les localités concernées sont Nioki, Mpole et Kutu (fig. 1).

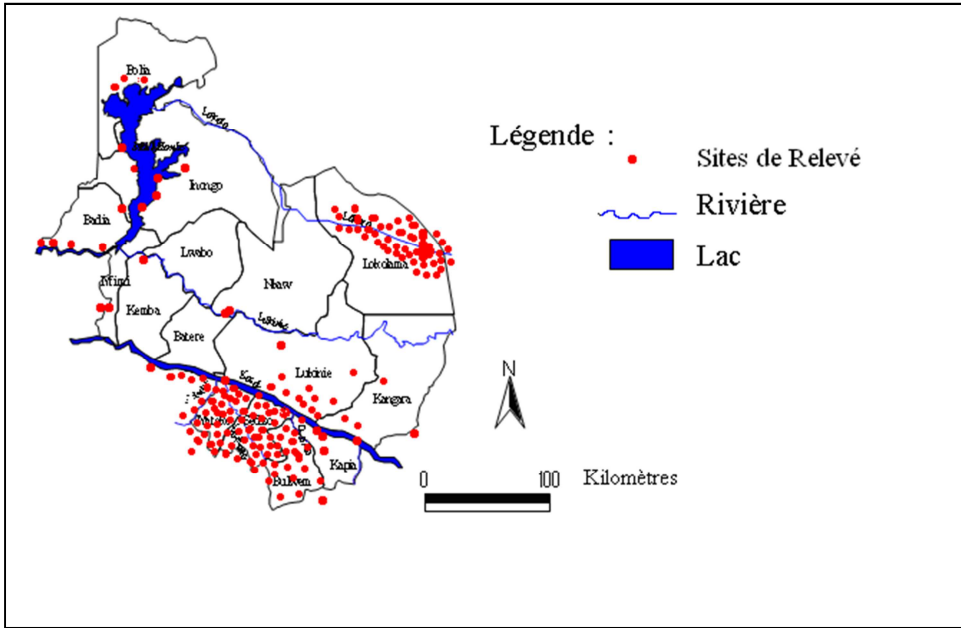


Figure 1: Cadre géographique de l'aire étudiée (redessinée d'après de Saint Moulin et al (2006)) et localisation des relevés

Les quatre aspects qui nous préoccupent sont la flore, la végétation, l'appartenance phytogéographique et les aspects phytosociologiques.

Les recherches menées dans cette contrée présentent un triple intérêt:

Du point de vue **scientifique**, comme signaler ci-dessus, les résultats de cette note combleront les lacunes sur la connaissance botanique du Bas-Kasai.

Un autre intérêt de cette étude est de nature **didactique**. Les méthodes d'études utilisées pourront servir aux enseignants et aux chercheurs juniors. Ils y trouveront le mode de traitement des données des relevés phytosociologiques, des tableaux récapitulatifs des groupements végétaux tels qu'adapté par plusieurs auteurs [57] [2] [58] [59] [60] [61] [62] [63]. Notre herbier de référence déposée à l'herbarium de la Faculté des Sciences de l'Université de Kinshasa est un apport utile pour l'identification ultérieure des matériels botaniques récoltés dans le Bas-Kasai.

Sur le plan **socio-économique**, les groupements végétaux étudiés dans ce milieu permettront l'identification des espèces ou des associations indicatrices pour le choix des terrains agropastoraux, de culture, et d'agroforesterie dans la contrée étudiée.

Les inventaires floristiques, l'étude des groupements végétaux, les listes de la composition floristique et les informations sur la raréfaction ou la disparition de certaines espèces locales sont des informations très utiles pour les gestionnaires, les exploitants forestiers pour construire le système d'informations géographiques et l'établissement des inventaires d'exploitation et autres utilisateurs dont le gestionnaire qui en connaissance de causes, peuvent décider de la protection ou de l'utilisation libre d'une espèce. Une autre information utile que l'on peut extraire de cette étude est l'état de santé des écosystèmes étudiés. En effet, les espèces invasives actuellement observées et signalées dans notre étude peuvent servir à l'évaluation environnementale de la santé des écosystèmes naturels du Bas-Kasai. L'étude de la flore, de la végétation et leur localisation géographique apporte des informations utiles aux décideurs, aux gestionnaires et aux communautés locales pour une gestion concertée et durable des ressources sylvo-génétiques.

2 METHODOLOGIE

Cette étude s'est réalisée en deux temps, sur le terrain (phase analytique) et au laboratoire (phase synthétique). Pendant la phase analytique qui a consisté en de travaux de terrain, nous avons procédé à l'identification des types d'habitats naturels et à l'établissement des relevés phytosociologiques à l'aide de la méthode sigmatiste et à la récolte des spécimens botaniques. Les relevés phytosociologiques ont été réalisés dans quatre types de végétation: forêts matures sur terre ferme, forêts sur sols hydromorphes, forêts secondaires et formation herbeuse.

Au laboratoire, nous avons effectué l'identification scientifique du matériel botanique récolté et avons élaboré des tableaux phytosociologiques et défini des espèces caractéristiques à l'aide de certains logiciels couramment utilisés tels que :

- **Le Twinspan** (Two-Way Indicator Species Analysis) ou **AFC** (Analyse Factorielle par Correspondance),
- **Le Canoco** (*Canonical Community Ordination*) for Windows, version 4.5,
- **Le MVSP** (*Multi-Variate Statistical Package 3.1*) utilisés pour **comparer** les résultats et **individualiser** les groupements végétaux appuyés par des indices spécifiques dont:
- L'indice de Shannon Weaver; l'Indice de Simpson; l'Indice de Piélou; l'Indice Sørensen (similitude) et celui de Szymkiewicz (Sp / G).

L'étude floristique, phytogéographique et phytosociologique de la végétation réalisée au Bas-Kasai entre 1996 et 2008, au moyen de la méthode sigmatiste et synusiale a été effectuée sur une superficie de 1.000.000 ha.

Ces données de terrain ont été enrichies des travaux antérieurs consultés (au Musée Royal de l'Afrique centrale; à l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique; à l'Académie royale des Sciences d'Outre Mer).

3 RESULTATS

- **Flore**

A l'aide des logiciels Twinspan, Canoco et MVSP, l'analyse floristique basée sur plus de 2000 excisats d'herbiers et **325 relevés**, a permis d'établir une matrice de **1616 taxa** du rang spécifique, subsécifique au sein de laquelle une nouvelle espèce des *Sapindaceae*, *Pancovia lubiniana* [51] (photos 1, 2 et 3) a été décrite pour la science et une espèce, *Prioria joveri* vient d'être signalée pour la première fois en RDC dont plus d'une dizaine ont été récoltées pour la première fois dans la région étudiée. L'ensemble de ces espèces appartient à **771 genres** et **152 familles**.



Photo 1 : Rameau de Pancovia lubiniana Belesi portant des fleurs femelles et un fruit non mûr (Photo Fruth Barbara)

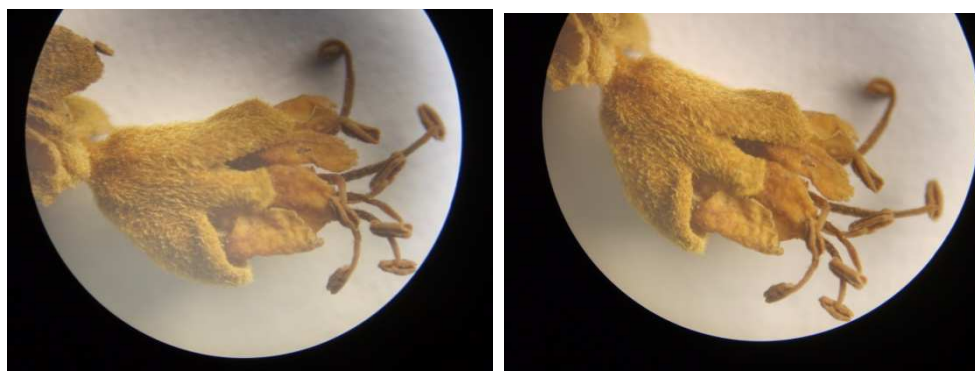


Photo 2 : Différentes fleurs mâles de Pancovia lubiniana Belesi (Photo Belesi)



Photo 3 : Coupe transversale d'un Fruit mûr 3-loculaire de *Pancovia lubiniana* Belesi avec une graine par loge (Photo Belesi et Fruth Barbara)

Les différentes espèces se répartissent dans les grands groupes systématiques suivants : les *Magnoliophyta* qui constituent le groupe le plus important (97,4 %) avec la prédominance des dicotylédones (*Magnoliopsida*, *Rosopsida*) par rapport aux monocotylédones (*Liliopsida*). Les autres groupes présentes mais en faible proportion sont respectivement les *Pteridophyta* (2,5 %) et les *Pinophyta* (0,1 %). Le tableau 1 en donne la représentativité par familles, genres et espèces en fonction des différentes formations végétales existant dans la région.

Tableau 1: Répartition de la flore dans les unités systématiques supérieures des formations végétales du Bas-Kasai

Formations végétales	<i>Pteridophyta</i>			<i>Pinophyta</i>			<i>Magnoliophyta</i>						
	Fa	Ge	Es	Fa	Ge	Es	Monocotylédones			Dicotylédones			Total Es
							Fa	Ge	Es	Fa	Ge	Es	
1	15	19	24	1	1	1	21	66	115	78	337	590	705
2	8	10	12	1	1	1	15	41	75	68	300	606	681
3	7	14	16	1	1	1	19	72	119	88	390	647	766
4	7	7	9	-	-	-	15	57	111	54	158	247	358
%			2,5			0,1							97,4

Légende: 1 = Forêts sur sols hydromorphes; 2 = Forêts matures sur sol de terre ferme; 3 = Forêts secondaires, formations synanthropique et hydrophytique; 4 = Formations herbeuses et anthropogènes; Es = Nombre d'Espèces; Fa = Nombre de familles; Ge = Nombre de genres

Lorsque l'on considère les groupes des familles constituant cette végétation, on note surtout les espèces des familles purement forestières (30 %) dominées par les *Caesalpinioideae*, les *Olacaceae*, les *Ebenaceae* et les *Mimosoideae*. Les familles des milieux ouverts ou formations herbeuses comptent un petit nombre d'espèces (fig. 1).

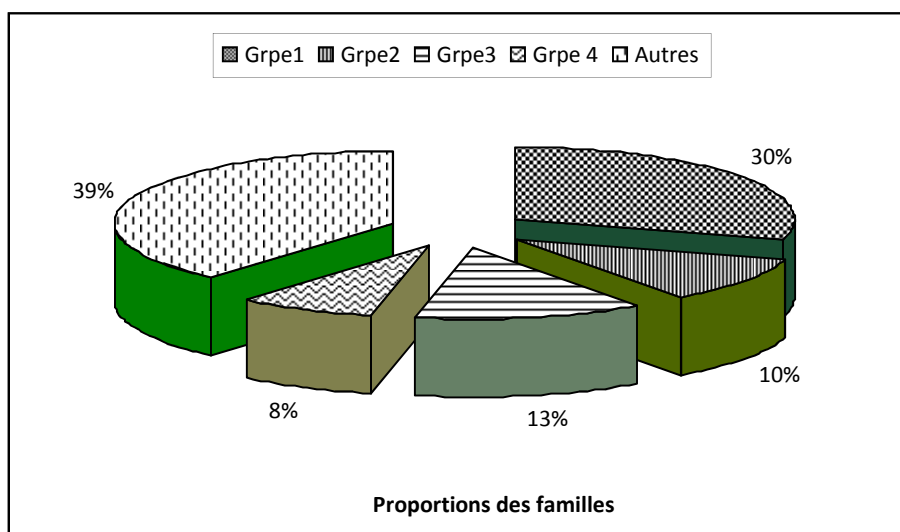


Figure 1. 1: Répartition des différents groupes (grpes) de familles de la flore du Bas-Kasai: Grpe 1 = Familles essentiellement forestières; Grpe 2 = Familles transitoires ou intermédiaires; Grpe 3 = Familles des milieux totalement ouverts; Grpe 4 = Familles de la flore sèche ou des formations herbeuses et rudérales.

• Végétation

Les ordinations et les classifications des relevés phytosociologiques, établis par les logiciels (Twinspan et Canoco) ont permis de décrire au sein de chaque type de formation végétale étudiée plusieurs groupements et associations végétaux (tableau 2).

Dans les forêts matures sur terre ferme, l'approche phytosociologique sigmatiste a permis de décrire 4 associations et 3 groupements végétaux nouveaux répartis dans 4 alliances de la Classe des *Strombosio-Parinarietea* [59]: *Gilbertiodendron*, *Brachystegion*, *Priorio-Scorodophloeion* et *Tessmannio-Klainedoxion* dans lesquelles s'insèrent les groupements nouveaux à *Strombosia pustulata* var. *pustulata* et *Drypetes gossweileri*, à *Dialium corbisieri* et *Anonidium mannii* et à *Entandrophragma angolense* et *Pipatadeniastrum africanum*. La plupart de ces forêts sont dominées par les *Caesalpinioideae*.

Les forêts sur sols hydromorphes appartenant à la classe des *Halleetea* [12] compte 3 alliances dans la végétation du Bas-Kasai, des *Uapacion heudelotii* [59], *Coelocaryo-Entandrophragmion* Evrard 1968, *Guibourtio-Oubangion* Schmitz 1988. Trois groupements nouveaux, à *Guibourtia demeusei* et *Cleistanthus ripicola*, à *Lasiodiscus mannii* et *Plagiostyles africana* et à *Aphanocalyx obscurus* et *A. microphyllus* ont été décrits.

Au sein de la Classe des *Musango-Terminalietea* [59] qui regroupent les forêts secondaires, se rangent 5 groupements nouveaux: à *Canarium schweinfurthii* et *Milicia excelsa* ; à *Millettia laurentii* et *Pentaclethra eetveldeana* ; à *Sapium cornutum* et *Oncoba welwitschii* S/ass. *Hypselodelphys scandens*; à *Chromolaena odorata* et *Palisota ambigua* (sur terre ferme); et *Sclerosperma mannii* et *Aframomum angustifolium* (sur sol hydromorphe). Ces groupements se répartissent dans six alliances dont une nov., *Triplochito-Terminalion* [59] *Macarango-Anthocleistian* [19], *Oncoba-Tremion* [59] et une nouvelle alliance des *Bosqueiopso-Milletion*.

Au sein de la classe des *Ruderali-Manihotetea*, l'alliance des *Eleusinion indicae* [63] [16] regroupe pour les formations rudérales le groupement à *Croton hirtus* et *Sesamum radiatum*. Les autres formations herbeuses sont caractérisées par les classes des *Hyparrhenietea* [12] et *Phragmitetea* [64]. La première couvre les groupements à *Hyparrhenia filipendula* et *Parinari capensis* (alliance des *Setario-Hyparrhenion diplandrae* [61] et à *Borassus aethiopum* et *Hyparrhenia diplandra* qui fait partie de la nouvelle alliance des *Loudetio-Borassion aethiopicarum*. La seconde regroupe la végétation herbacée semi-aquatique et intègre les groupements à *Loudetia phragmitoides* et *Andropogon schirensis* et celui à *Fimbristylis dichotoma* et *Solenostemon monostachyus*. La richesse spécifique des différents groupements et associations étudiés figurent dans le tableau 2.

Les formations végétales étudiées présentent à la fois des intérêts agronomique, sylvicole, économique et environnemental non seulement pour les populations locales de la région, mais aussi pour le pays en général.

Tableau 2: Richesse spécifique des associations et groupements étudiés dans le Bas-Kasai

Groupements	Nbre Rel.	Sup. (m ²)	Nbre d'espèces			Total Espèces
			Min.	Moy.	Max.	
Végétation des forêts matures de terre ferme						
<i>Brachystegia laurentii</i> et <i>Prioria balsamifera</i>	20	13275	48	90	132	410
<i>Scorodophloeus zenkeri</i> et <i>Staudtia kamerounensis</i> var. <i>gabonensis</i>	10	6850	48	77	106	295
<i>Dialium corbisieri</i> et <i>Anonidium mannii</i>	10	6375	82	101	120	328
<i>Entandrophragma angolense</i> et <i>Piptadeniastrum africanum</i>	19	12050	18	85	153	240
<i>Parinari excelsa</i> et <i>Diospyros conocarpa</i>	10	2932	71	87	104	297
<i>Strombosia pustulata</i> var. <i>pustulata</i> et <i>Drypetes gossweileri</i>	12	7625	60	83	106	295
<i>Julbernardia seretii</i> et <i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	9	5625	73	101	130	254
Végétation des forêts secondaires vieilles						
<i>Canarium schweinfurthii</i> et <i>Milicia excelsa</i>	6	4300	72	88	104	205
<i>Millettia laurentii</i> et <i>Pentaclethra eetveldeana</i>	10	6600	33	92	151	288
<i>Petersianthus macrocarpus</i> et <i>Zanthoxylon gillettii</i>	19	11875	45	81	117	299
Végétation des forêts secondaires jeune, recrus et jachères pré forestières						
<i>Musanga cecropioides</i> et <i>Elaeis guineensis</i>	13	8125	37	70	103	225
<i>Sapium cornutum</i> et <i>Oncoba welwitschii</i> S/ass. <i>Hypselodelphys scandens</i>	15	6875	43	71	105	178
<i>Chromolaena odorata</i> et <i>Palisota ambigua</i>	13	3000	33	63	94	211
Végétation synanthropique						
<i>Spermacoce latifolia</i> et <i>Calopogonium mucunoides</i>	17	675	12	26	40	68
<i>Croton hirtus</i> et <i>Sesamum radiatum</i>	12	495	15	21	28	46
Végétation des sols hydromorphes						
<i>Zeyherella longipedicellata</i> et <i>Parinari congensis</i>	14	7325	36	69	102	233
<i>Guibourtia demeusei</i> et <i>Cleistanthus ripicola</i> Typicum	11	6600	56	89	123	218
<i>Lasiodiscus mannii</i> et <i>Plagiostyle africana</i>	10	6400	63	88	113	218
<i>Uapacetum heudelotii</i> et <i>Irvingia smithii</i>	16	9275	48	73	98	234
<i>Uapaca guineensis</i> et <i>Hallea stipulosa</i>	18	11175	31	69	108	238
<i>Sclerosperma mannii</i> et <i>Macaranga saccifera</i>	13	7750	37	87	137	266
<i>Aphanocalyx obscurus</i> et <i>A. microphyllus</i>	4	2500	57	79	102	206
Végétation herbeuse des sols de terre ferme						
<i>Borassus aethiopum</i> et <i>Hyparrhenia diplandra</i>	11	575	43	59	76	119
<i>Hyparrhenia filipendula</i> et <i>Parinari capensis</i>	11	725	43	73	104	137
<i>Panicum maximum</i> et <i>Imperata cylindrica</i>	12	575	13	32	51	60
Végétation herbeuse semi-aquatique						
<i>Loudetia phragmitoides</i> et <i>Andropogonschirensis</i>	6	530	34	54	70	70
<i>Fimbristylis dichotoma</i> et <i>Solenostemon monostachyus</i>	4	400	14	19	24	31

Légende: Rel. = Relevés; Max. = maximum; Min. = minimum; Moy. = moyenne; Nbre = nombre; Sup. = superficie

Au point de vue dynamique et syngénétique, les différents groupements reconnus présentent deux séries évolutives, l'une progressive et l'autre régressive. Plusieurs stades évolutifs s'observent sur chaque type de végétation sur sols de terre ferme ou sur sols hydromorphes. La nature des sols permet de répartir ces groupements en séries diachroniques et synchroniques correspondant à l'hydrosère et à la sère. Lorsque l'action de l'homme et des feux courants n'est pas maîtrisée, la dégradation des types forestiers aboutit à une évolution régressive, c'est la déforestation définitive ou l'établissement des formations herbeuses arbustive à *Hyparrhenia* ou arborée à *Borassus aethiopum*.

L'étude autécologique de la flore de la région indique la présence de toutes les formes biologiques de [65] des types de diaspores et des grandeurs foliaires et permet de dégager : l'abondance d'espèces phanéophytes, catégorie généralement et naturellement dominant en forêt et induisant une structure pluristratifiée typique de la végétation forestière au sous bois riche en mégagéophytes ; la prédominance d'espèces sarcochores présumées propagées par les consommateurs des fruits ; ballochores et les sclérochores et les espèces mésophylles qui constituent la catégorie dominante des types de grandeurs foliaires de l'ensemble floristique étudié, avec une fréquence remarquable des espèces microphylls dans les forêts

ombrophylles semi-sempervirentes. Les trois types de diaspores ci-dessus correspondant respectivement aux modes de dissémination zoochore (endozoochores, stromatozoochores et épizoochores), autochore et anémochore.

Mais généralement en milieu forestier du Bas-Kasai, les espèces sempervirentes marquent le comportement du feuillage dans la partie nord, les espèces caducifoliées étant peut être dû à la longue durée de la sécheresse.

Sur le plan phytogéographique, le triage des composants de la flore de la végétation étudiée fait apparaître une faible individualité floristique des éléments de la zone de transition régionale et une prépondérance des espèces de l'élément base guinéo-congolais, qui par ricochet intègre cette entité floristique dans le Centre d'endémisme régional guinéo-congolais. Les espèces à large distribution rencontrées dans notre échantillon sont naturellement des espèces ubiquistes qui affectionnent les terrains ouverts surtout par les défrichements, formations herbeuses et forêts secondaires c'est le cas de. Aucune espèce endémique pour la région n'a été décelée parmi les 1616 de la florule étudiée.

Ces diverses ressources sont exploitées par des communautés locales pour leur établissement des cultures, pour la cueillette des produits forestiers autres que le bois, source de la dégradation du milieu, de l'apparition des espèces invasives et de la réduction de la productivité des sols.

4 CONCLUSION ET DISCUSSION

Notre étude a porté sur la végétation du Parc National de la Salonga (Bas-Kasai) en RDC. Il s'est agi de l'analyse phytogéographique, la phytosociologie et de l'impact des activités humaines sur la végétation de la région.

L'analyse floristique, phytogéographique et phytosociologique des groupements décrits porte sur 2700 échantillons d'herbiers et sur 325 relevés phytosociologiques.

La partie du Bas – Kasai étudiée, présente une flore riche et diversifiée. Elle compte à l'heure actuelle un lot de 1616 espèces appartenant à 717 genres regroupés en 152 familles qui se répartissent en *Pinophyta* (0,1 %), *Pteridophyta* (2,5 %) et *Magnoliophyta* (97,4 %) dont *Magnoliopsida*, *Rosopsida* et *Liliopsida*.

La région comprend deux zones naturelles. La zone nord jouissant d'un climat équatorial offre une flore rappelant celle de l'ensemble de la Cuvette centrale (flore du Secteur Forestier central). Tandis que la partie méridionale à climat tropical humide avec une saison sèche de 3 mois présente un mélange de la flore forestière et herbeuse mais avec prédominance de la première. L'analyse a révélé 770 espèces qui se retrouvent dans les deux parties. Cinq cent dix neuf espèces de la partie méridionale qui, en majorité ont une large distribution géographique n'ont pas été retrouvées dans le nord de la dition. Ce sont sans doute les «différentielles». De même, dans la partie nord nous avons recensé 327 espèces qui n'ont pas été observées dans le sud.

Nos prospections ont fait état de 19 espèces nouvellement récoltées dans la région parmi lesquelles deux espèces, *Prioria joveri* qui est une nouvelle récolte pour la flore de la RDC et *Pancovia lubiniana* Belesi qui est une nouvelle espèce pour la science. De plus certaines espèces telle que *Pavetta kasaica*, rare dans la contrée sont connues uniquement dans le Bas-Kasai. Ces taxons nouveaux constituent non seulement un des apports originaux à l'inventaire de la biodiversité végétale, mais aussi une preuve que l'aire du Bas-Kasai requiert des prospections nouvelles pour une connaissance botanique approfondie de la contrée.

Du point de vue écologique, la végétation du Bas-Kasai regorge de toutes les catégories de type biologiques de [65] avec une prépondérance des phanérophytes et une très faible proportion des hémicryptophytes; les hydrophytes sont très rares. L'analyse des types de diaspores a permis de distinguer neuf catégories de diaspores dont les mieux représentés sont les Sarcochores, ballochores et les sclérochores correspondant respectivement aux modes de dissémination zoochore (endozoochores, stromatozoochores et épizoochores), autochore et anémochore. Les types de grandeur foliaire de la majorité d'espèces de ce territoire sont mésophylles suivi des microphylles. Cela confirme les thèses antérieures sur cet aspect c'est-à-dire la prédominance d'espèces mésophylles en forêt tropicale.

Sur le plan phytogéographique, des espèces de la florule se répartissent en quatre grands groupes: les espèces à très large distribution dominées par les pantropicales et paléotropicales; les espèces africaines à large distribution à prédominance des espèces afrotropicales; la catégorie d'espèces de transition régionale qui sont les moins représentées dans notre dition et enfin le groupe d'espèces du Centre d'endémisme régional guinéo-congolais ou espèces de l'élément – base guinéo-congolais. Ce dernier constitue le fond floristique de la végétation du territoire étudié avec quelques espèces endémiques congolaises. Nous avons interprété ces faits en évoquant la dégradation très avancée des forêts par suite des activités de l'homme mais aussi par la nature paléogéographique de la contrée. On se rappellera que l'influence du désert de

Kalahari se fait sentir jusque dans la partie sud de cette zone. C'est ce que révèle l'élément zambézien présent dans les formations herbeuses que nous avons étudié.

L'étude de la végétation du Bas-Kasai nous a fait reconnaître une végétation forestière mature, une végétation forestière développée sur les sols hydromorphes, une végétation forestière secondaire et une végétation herbeuse. Dans l'ensemble, 27 communautés végétales comprenant 13 associations et 14 groupements végétaux nouveaux ont été décrites. L'analyse phytosociologique de ces différentes végétations a mis en évidence l'existence d'un certain nombre de groupements végétaux originaux, caractéristiques de cette contrée (tableau 2). Cette analyse phytosociologique fait ressortir six Classes, douze Ordres, dix neuf Alliances dont deux nouvelles sont proposées pour la science: l'alliance des *Loudetia-Borassia aetiopicae* en formations herbeuses et celle des *Bosqueiopsis-Milletia* regroupant les forêts secondaires matures. Mais dans l'ensemble nous notons une proportion plus élevée des taxons en forêts qu'en formations herbeuses d'une part et dans les forêts de terre ferme que celles sur sols hydromorphes d'autre part.

Les valeurs des indices de diversités spécifiques calculés pour les différents groupements et associations nous semblent comme une des caractéristiques structurales des forêts de la région étudiée. En effet, bien que taxonomiquement très hétérogènes, les forêts congolaises et de la région intertropicale montrent d'une façon générale une physionomie de laquelle on déduit une continuité de la couverture des sols par une masse de végétation apparemment continue.

Il apparaît aussi intéressant de poursuivre des études sur les zones peu explorées, sur certains groupements végétaux et espèces comme celles des genres *Dialium*, *Aphanocalyx*, *Sclerosperma*, etc qui constituent des groupements originaux. De même la présence de plusieurs espèces de *Dialium* dans cette zone mériterait une étude de leur caractérisation par l'ADN afin de clarifier et d'expliquer leur concentration dans cette contrée.

La flore et la végétation de la région étudiée font l'objet d'exploitation intense et diversifiée. Les forêts dans leur majorité sont plus exploitées d'autant plus que les terres forestières sont réputées plus fertiles que celles des formations herbeuses (du moins pour les premières cultures et que les essences utilisées pour le bois d'œuvre y sont largement extraites. D'où le développement d'une végétation secondaire qui caractérise les sites anthropisés (voies routières, les zones densément habitées et les périphéries des citées dont Nioki, Lokolama, Mangai, Mokala, Kalo, Panu, Eolo et Oshwe. Dans ces zones la végétation herbeuse s'étend de plus en plus : ce sont des jachères herbeuses qui malheureusement sont dédaignées par les paysans les considérant comme peu productives en produits agricoles. Cet argument nous paraît refléter l'ignorance car en effet, nombreuses cultures s'adaptent bien à ce type d'habitat, telles sont le cas de l'arachide, le cotonnier, le niébé, la courge. De plus elles constituent les pâturages naturels pour l'élevage de gros bétail par exemple.

De l'analyse des impacts de ces activités humaines, nous avons recensé certaines espèces d'introduction ancienne ou récente, c'est particulièrement le cas de *Chromolaena odorata* qui envahit les cultures tant dans les milieux forestiers secondaires que dans les formations herbeuses. La présence de ces espèces donne des indications sur le rôle de l'homme sur la flore et la végétation qui, de plus en plus s'enlaidissent, perturbant la santé de ces écosystèmes.

Cette influence de l'activité humaine se prolonge dans le Parc national de la Salonga qui subit de plus en plus une forte pression pour sa flore et sa faune. Les défrichements culturels s'avancent dangereusement en direction du Parc. Tandis que les cas de braconnage sont très courants. Ces cas malheureux résultent en grande partie par l'ignorance de l'importance et intérêt d'une aire protégée de la part de la population, le manque de concertation et la cogestion nécessaires pour garantir la collaboration entre le gestionnaire et les communautés locales. L'écotourisme est une des activités alternatives pour l'autofinancement de ce Parc qui pourtant contient certaines espèces animales phares dont le Bonobo et le faisan zairois qui y sont endémiques. Une autre piste pouvant garantir la conservation au Parc de la Salonga est la valorisation et l'intégration du savoir endogène des communautés locales. L'amélioration de la gestion et de l'utilisation durable des ressources naturelles biologiques de la contrée requiert le zonage, l'aménagement et l'éducation environnementale.

REMERCIEMENTS

Nous remercions à travers cette synthèse de nos recherches, les institutions scientifiques et universités belges qui nous ont aidés d'une façon ou d'une autre par la documentation appropriée pour enrichir nos recherches et les résultats présentés ici. Nous remercions également le CUD et l'ULB qui ont permis que nos recherches de terrain aboutissent par une thèse de doctorat. Nous remercions également les Professeurs LUBINI Constantin, LEJOLY Jean, LUKOKI Félicien et MUSIBONO Dieudonné, qui nous ont encadré et fait cheminer nos recherches jusqu'au bout.

REFERENCES

- [1] Mullenders W., 1954, La végétation de Kaniama (entre Lubishi–Lubilash, Congo belge). 499 P. Publ. INEAC Sér.Sc. 61.
- [2] Lebrun J., 1947, La végétation de la plaine alluviale au sud du lac Edouard. Expl. Parc Nat. Albert, Mission J. Lebrun (1937–1938), 467 p. Fasc. 1, Bruxelles, Inst. des parcs nationaux du Congo belge
- [3] Robyns W., 1950 a, La flore. In Encyclopédie du Congo belge, T. 1. Ed. Bieleveld, Bruxelles, pp. 390-398.
- [4] Robyns W., 1950 b, La phytogéographie du Congo belge. In Encyclopédie du Congo belge, T. 1. Ed. Bieleveld, Bruxelles, pp. 409-424.
- [5] Germain R., 1952, Les associations végétales de la plaine de la Ruzizi (Congo belge) en relation avec le milieu. 321 p. Publ. INEAC, Sér. Sci. 52.
- [6] Hauman L., 1933, Esquisse de la végétation des hautes altitudes sur le Ruwenzori. Bull. Acad. Roy. Belgique (Sciences) 5^e sér., XIX: 602-616, 702-717, 900-917.
- [7] Léonard A., 1962, Les savanes herbeuses du Kivu, Publs INEAC, sér. Sci. 95: 1-87.
- [8] Focan A. et Mullenders W., 1949, Communication préliminaire sur un essai de cartographie pédologique et phytosociologique dans le Haut Lomami (Congo belge), Bull. Agr. Congo belge 40: 511–532.
- [9] Duvigneaud P., 1953, Les savanes du Bas-Congo: Essai de Phytosociologie topographique. Lejeunia. Mém. N° 10. Bruxelles. 192 p.+ Planches.
- [10] Schmitz A., 1963, Aperçu les groupements végétaux du Katanga. Bull. Jard. Bot. Nat. Belg., 96(2): 233-347, 5 fig., 33 Tabl.
- [11] Schnitzer S.A. et Carson W.P., 2001. Treefall gaps and the maintenance of species diversity in a tropical forest. *Ecology* **82**: 913-919.
- [12] Schmitz A., 1971, La végétation de la plaine de Lubumbashi (Haut-Katanga). 388 p. + illustrations. INEAC, Sér. Sc. 113. Bruxelles.
- [13] Malaisse, F., 1997, Se nourrir en forêt claire africaine. Approche écologique et nutritionnelle. CTA, Wageningen, 384 p.
- [14] Louis J., 1947, Contribution à l'étude des forêts équatoriales congolaises, C. R. Sem. Agr. De Yangambi Publ. INEAC, Hors Sér., Bruxelles, pp. 902–924.
- [15] Léonard J., 1947, Contribution à l'étude des formations ripicoles arbustives et arborescentes de la région d'Eala, C. R. Sem. Agr. De Yangambi Publ. INEAC, Hors Sér., Bruxelles, pp. 863-877.
- [16] Léonard J., 1952, *Cynomeatreae* et *Amherstieae*. In Flore du Congo belge et du Ruanda-Urundi. Spermatophytes, Vol. III. INEAC. Bruxelles. pp. 279-495.
- [17] Germain R. et Evrad C., 1956, Etude écologique et phytosociologique de la forêt à *Brachystegia laurentii*, 105p. Publ. INEAC, Sér. Sc. 67.
- [18] Evrad C., 1968, Recherches écologiques sur le peuplement forestier des sols hydromorphes de la cuvette centrale congolaise. 295 p. O.N.R.D./ INEAC, Sér. Sc. 110. Bruxelles.
- [19] Lubini A., 1982, Végétation messicole et post-culturelle des Sous-Régions de Kisangani et de la Tshopo (Haut-Zaïre). 489 p.+annexes. Thèse de doctorat, Université de Kisangani Fac. Sci.
- [20] Mandango M.A., 1982, Flore et végétation des îles du fleuve Zaïre dans la Sous-Région de la Tshopo (Haut-Zaïre), T. 1 & 2, 425 p. Thèse de doctorat, Université de Kisangani Fac. Sc.
- [21] Mandango M.A., 1988, Associations nouvelles des îles du fleuve dans le Haut-Zaïre. Ann. Sci. Econ. Mus. Roy. Afr. Centr. Tervuren, Belgique, 17: 279-291.
- [22] Nyakabwa M., 1982, Phytocénose de l'écosystème urbain de Kisangani 1-3. 998 p. Thèse de doctorat, Université de Kisangani Fac. Sc.
- [23] Mandango M.A. et Nyakabwa M., 1988, Associations nouvelles de la région de Kisangani (Haut-Zaïre). Ann. Sci. Econ. Mus. Roy. Afr. Centr. Tervuren, Belgique, 17: 311-315.
- [24] Ntahobavuka H. et Nyakabwa M. 1988, Etude de l'association à *Synedrella nodiflora* et *Amaranthus* div. sp. dans les sous-régions de Kisangani et de la Tshopo (Zaïre). Ann. Fac. Sc. 5: 45-57.
- [25] Nyakabwa M., 1988, Associations nouvelles de l'écosystème urbain de Kisangani (Haut-Zaïre), in Schmitz A., 1988: 293-310, Mus. Roy. Afr. Centr., Tervuren, Publ. CIDAT.
- [26] Mosango M., 1990, Contribution à l'étude botanique de l'écosystème forêt en région équatoriale (Ile Kongolo, Zaïre), 446 p. Thèse de doctorat, ULB
- [27] Bebwa B. et Lejoly J., 1990: Dynamique et minéralomasse des jachères de premières années à Kinsangani (Haut-Zaïre), Mitt. Inst. Bot. Hambourg Band 23b. Comptes rendus de la XII^e réunion plénière de l'AETFAT Symposium VIII, 879-893.
- [28] Dhetchuvi M.M. et Lejoly J., 1990, Contribution à la connaissance des plantes médicinales du nord-est du Zaïre. Mitt. Inst. Allg. Bot. Hambourg Band 23b. Comptes rendus de la XII^e réunion plénière de l'AETFAT. Symposium VIII, 991-1006.

- [29] Apema A.K., Kambale K. et Lejoly J., 1994, La forêt marécageuse à *Wildemaniodoxa laurentii* et *Cercestis congensis* des environs de Kisangani (Haut-Zaïre). Proc. XIIIth Plenary Meeting Aetfat, Malawi, 2: 1471-1482.
- [30] Nday wel è Nziem I., 1972, Organisation sociale et Histoire : les Ngwi et Ding du Zaïre, T. 1& 2, 467 p.+annexes. Thèse de Doctorat, Université de Sorbonne, Paris.
- [31] Devred R., 1954, (In Denissoff I. et Devred R.), Carte des sols et de la végétation du Congo belge et du Ruanda-urundi, 2. Mvwazi, A et B. Notice explicative de la carte des sols et de la végétation. INEAC. Bruxelles. 33 p. Cartes hors texte.
- [32] Devred R., 1956, les savanes herbeuses de la région de M'vuazi (Bas-Congo). 115 p. INEAC, Sér. Sc. n° 65, Bruxelles-Belgique.
- [33] Devred R., 1957.- Limite phytogéographie occidente-méridionale de la région guinéenne au Kwango. Bull. Jard. Bot. Nat. Belg., 27 (3): 417-431.
- [34] Devred R., 1958a, la végétation forestière du Congo belge et du Ruanda-Urundi. Bull. Soc. Roy. Bot. Belg. 65 (6): 409-468, 1 carte hors-texte. INEAC, Bruxelles.
- [35] Lubini A. et Mandango A., 1981, Etude phytosociologique et écologique des forêts à *Upaca guineensis* dans le nord-est du district forestier central (Zaïre), Bull. Jard. Bot. Nat. Belg. 51 (3/4), pp. 231-254.
- [36] Lubini A., 1990, La flore de la Réserve forestière de Luki (Bas-Zaïre) In Comptes rendus de la XII ème Réunion plénière de l'AETFAT, Mitt. Allg. Bot. Hamburg, pp.135-154.
- [37] Lubini A., 1997, La végétation de la Réserve de Biosphère de Luki au Mayombe (Zaïre). 155 p. Jard. Bot. Nat. Belg. Opera Meise 10.
- [38] Masens D.M.Y., 1997, Etude phytosociologique de la région de Kikwit (Bandundu, RDC), 398 p.+annexes.Thèse de doctorat. Fac. Sc. ULB-Belgique.
- [39] Vanderyst Hyac., 1920, Origine des Palmeraies du Moyen Kwilu (Congo Belge). Ministère des colonies Adm. Agriculture. Bruxelles. (11p.)
- [40] Vanderyst Hyac., 1932, Etudes agronomiques congolaises – Introduction à la phytogéographie agrostologique de la Province Congo-Kasai– les formations et Associations; In Inst. Roy. Col. Belg. Sect. Sc. Nat. et Méd. N° 4, T. 1, Fasc. 3. Bruxelles. (154 p.).
- [41] Lebrun J., 1935, Rapport sur un voyage d'études botaniques dans le district du lac Léopold II, in Bull. Agr. Congo Belge, INEAC, Bruxelles. pp. 142-151.
- [42] Lubini A., 1995, Etude de la forêt à *Parinari excelsa* et *Diospyros conocarpa*, In Bull. Jard. Bot. Belg. n° 10, pp. 65-88.
- [43] Lubini A. et Belesi H.K.K., 1996 & 1999, Critères taxonomiques utilisées dans la classification botanique chez les Ding et Yansi de l'entre Kwilu-Kasai, In Pistes et Recherches/ISP Kikwit vol. 11 n° 3, pp. 315-334 et vol. 14 n°1, pp. 121-126. <http://www.congoline.com>
- [44] Lubini A., 2001, Analyse phytogéographique de la flore forestière du secteur Kasai au Congo Kinshasa, In Comptes rendus de la XVI ème réunion plénière de l'AETFAT vol. 72 n° 2, Bull. Jard. Bot. Nat. Belg. Bruxelles, pp. 859-872.
- [45] Belesi K.K.H., Lubini C. & Lejoly J., 2006, Forêt à *Canarium schweinfurthii* et *Milicia excelsa* dans le Kwilu Septentrional (RDC) (Poster). In Compte Rendu de la Journée mondiale des Jeunes Botanistes des pays du BENELUX (KU Leuven) Belgique.
- [46] Belesi K.K.H., 2004, Végétation secondaire de l'Entre Kasai-Kamtsha (Bandundu-RDC) . Mémoire de DEA. Inédit UNIKIN. 82 p.
- [47] Belesi K.K.H., 2007, Etude floristique, phytogéographique et phytosociologique des formations herbeuses du Kwilu Septentrional (RDC). Mémoire de DEA. Inédit. ULB. 87 p.
- [48] Mohnke M. and Fruth B., 2007, Bonobo (*Pan panicus*) density estimation in the SWSalonga National Park, DRC: Common methodology revisited, Max Planch institute For Evolutionary anthropology, Germany, 23p.
- [49] Belesi K.K.H., Lubini C. & Lejoly J., 2006, Forêt à *Canarium schweinfurthii* et *Milicia excelsa* dans le Kwilu Septentrional (RDC) (Poster). In Compte Rendu de la Journée mondiale des Jeunes Botanistes des pays du BENELUX (KU Leuven) Belgique.
- [50] Belesi K.K.H., Lubini C. & Lejoly J., 2007, La forêt à *Millettia laurentii* et *Pentaclethra eetveldeana* au Parc National de la Salonga et ses environs (Bandundu-RDC) (Poster). In Compte rendu du XVIII è Congrès de l'AETFAT, Yaounde/Cameroun, 2007.
- [51] Belesi K.K.H., 2009, Etude floristique, phytogéographique et phytosociologique de la végétation du Bas-Kasai (Bandundu) en RDC. Thèse doct. Inédit UNIKIN. 565 p.
- [52] Duchesnei F., 1938, Essences forestières du Congo belge III. Leurs dénominations indigènes. 225 p.Ed. G.Bothy-Bruxelles.
- [53] Deuse P., 1960, Etude écologique et phytosociologique de la végétation des Esobe de la région du lac Tumba (Congo belge). Acad. Roy. Des Sciences d'outre-mer. Bruxelles. 115 p. + Photos.
- [54] Nicolai H., 1963, Le Kwilu, Etude géographique d'une région congolaise. 472 p. Ed. Cemubac LXIX, ULB, Belgique.

- [55] Bourguignon et Callambart, 1960, L'Afrique et l'Asie. Ed. de l'Ecole, Paris. 135 p. Braun-Blanquet J. & Pavillard J., 1928, Vocabulaire de Sociologie végétale. Reprod. Imp. Lemaire, Ardres, 23 p.
- [56] Pain M., 1978, Relief et hydrographie. In Laclavère G., Atlas de la République Zaïre. Ed. Jeune Afrique, Paris. pp.6-11
- [57] Devineau J.L., 1984, Structure et dynamique de quelques forêts tropicales de l'ouest Africaine (Côte d'Ivoire),. Stat. Ecol. Trop. Lamto, Univ. D'Abidjan. 294 p.
- [58] Lebrun J., 1960, Etude de la flore et de la végétation des champs de la lave au nord du lac Kivu. 392 p. Expl. Parc Nat. Albert, Mission J.Lebrun, Fasc. 2, Bruxelles, Inst. des parcs nationaux du Congo belge.
- [59] Lebrun J. et Gilbert G., 1954, Une classification écologique des forêts du Congo, 89 p. Publ. INEAC, Sér. Sc. 63 Bruxelles.
- [60] Villiers J.F. 1981, formations climaciques et relictuelles d'un inselberg inclus dans la forêt dense camerounaise. Thèse de doctorat d'Etat es-Sciences, Muséum National d'Histoire Naturelle, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI. 508 p.
- [61] Schmitz A., 1988, Révision des groupements végétaux décrits du Zaïre, du Rwanda et du Burundi. 315 p. Publ. CIDAI, Mus. Roy. Afr. Centr. Tervuren.
- [62] Habiyaemye M.K., 1997, Etude phytocoenologique de Dorsale orientale du lac Kivu (Ruanda), 276 p. Mus. Roy. Afr. Centr. Tervuren Belgique, An. Sc. Econ. Vol.24.
- [63] Léonard J., 1950, Aperçu préliminaire des groupements végétaux pionniers dans la région de Yangambi, Vegetatio, 2 (4-5), pp.279-297.
- [64] Léonard J., 1950 b, Les groupements végétaux In Encyclopédie du Congo belge, T. 1. Ed Bieleveld, Bruxelles, pp.345-389.
- [65] Raunkiaer, C., 1934, The life forms of plants and statistical plant geography. 632 p. Oxford, Clarendon Press.

Régime et éthologie alimentaires de *Heterotis niloticus* (Cuvier, 1829) dans la rivière Agnéby

[Food and Feeding Habits of *Heterotis niloticus* (Cuvier, 1829) From River Agneby]

Irène Kessia Fokouo KOUAKOU, Tiéhoua KONE, Jean-Paul Aka AGNISSAN, Yaya SORO, and Konan N'Da

Laboratoire de Biologie et Cytologie Animale,
Université Nangui Abrogoua,
Abidjan, Côte d'Ivoire, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

Copyright © 2016 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 diet of 233 specimens of *Heterotis niloticus* (Cuvier, 1829) coming from artisanal fishing on the Agneby river was studied during one year according to the hydrological seasons and the size of fish. The stomach contents were analysed by using the methods of frequency of occurrence, numerical frequency and specific abundance. The results obtained reveal that this fish is omnivorous because its diet contains insects, microcrustacea, rotifer, nematodes, Arachnida, molluscs, seeds, phytoplankton, detritus and sand. It mainly fed on microcrustacea in particularly ostracoda. However, there is not variation in the diet according to the hydrological seasons and size of the individuals.

KEYWORDS: Artisanal fishing, Stomach contents, Feeding, Omnivorous, Côte D'Ivoire.

RESUME: Le régime alimentaire de 233 spécimens de *Heterotis niloticus* (Cuvier, 1829) provenant de la pêche artisanale sur la rivière Agnéby a été étudié durant une année en fonction des saisons hydrologiques et de la taille des individus. Les contenus stomacaux ont été analysés en utilisant les méthodes de fréquence d'occurrence, de fréquence numérique et d'abondance spécifique. Les résultats obtenus révèlent que ce poisson est omnivore car son régime est constitué d'insectes, de microcrustacés, de rotifères, de nématodes, d'arachnides, de mollusques, de graines, de phytoplancton, de détritus et de grains de sable. Cependant, il se nourrit principalement de microcrustacés en particulier les ostracodes. Toutefois, il n'existe pas de variation du régime en fonction des saisons hydrologiques et de la taille des individus.

MOTS-CLEFS: Pêche artisanale, Contenus stomacaux, Alimentation, Omnivore, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

Heterotis niloticus (Cuvier, 1829), de la famille des Osteoglossidae, est un poisson d'eau douce [1]. Cette espèce a été introduite en Côte d'Ivoire en 1959 en raison de son intérêt pour la pisciculture dans la station de recherche piscicole de Bouaké [2]. Puis, son adaptation rapide aux eaux a favorisé l'empoisonnement des grands lacs de barrage (Ayamé, Kossou, Buyo, Taabo) [3]. De nos jours, elle colonise presque tous les plans d'eaux continentaux du pays, mais reste cependant parmi les poissons introduits le moins étudié en milieu naturel. En effet, très peu d'études existent sur son écologie et ses paramètres biologiques. Les seules informations disponibles sont celles de [1] et [2]. Ces deux auteurs ont étudié le comportement et la reproduction de *Heterotis niloticus* respectivement dans des lacs artificiels et en étangs. Le présent travail entre dans un cadre global de l'étude des paramètres biologiques de cette espèce et porte principalement sur son régime alimentaire dans la rivière Agnéby. Dans cette zone, *H. niloticus* est beaucoup prisé par la population locale, ce qui fait d'elle une espèce régulièrement exploitée par la pêche artisanale. Pourtant, aucune donnée scientifique n'est disponible

sur le régime alimentaire de ce poisson dans ce milieu. Or la connaissance de l'alimentation des poissons en milieu naturel est une étape indispensable à la compréhension de leur biologie et de leur écologie [4]. La connaissance des préférences des poissons et les stratégies mises en œuvre pour coloniser les habitats sont des données importantes dans les stratégies de conservation et de gestion durable des stocks [5]. Ainsi, le but de ce travail est d'étudier le régime et l'éthologie alimentaire de *H. niloticus* en fonction de la taille des poissons et des saisons hydrologiques.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MILIEU D'ETUDE

La rivière Agnéby est située entre 5°10 et 6°08 de latitude nord et entre 3°50 et 4°41 de longitude ouest [6]. Elle s'écoule du nord au sud et prend sa source à Agoua dans le département de Bongouanou à l'altitude 250m [7]. Ses affluents sont le M'pébo, le Kavi et le Ségué [6]. Cette rivière traverse la région d'Agboville et se jette dans la lagune Ebrié près de Dabou et a un débit moyen annuel de 22 m³/s (Fig. 1).

Son bassin versant couvre une superficie d'environ 8500 km² et développe son lit sur environ 217 km. La pente du bassin, de l'ordre de 1,25m/km, est assez régulière et relativement faible. Une grande partie du bassin se trouve en dessous de 100m avec une altitude moyenne de 105m [6]. Plus de la moitié du bassin versant de cette rivière est occupé par des plantations de caféiers, de cacaoyers, de bananiers, et de palmiers à huile. Il existe également sur son cours de nombreux barrages à vocation agropastorale et pour l'alimentation en eau potable [8]. Ce bassin se trouve dans une zone de climat équatorial humide à quatre saisons. La grande saison des pluies s'étend d'avril à juillet et la petite saison des pluies d'octobre à novembre. Ces deux saisons sont entrecoupées par la petite saison sèche d'août à septembre. La grande saison sèche couvre de décembre à mars [9].

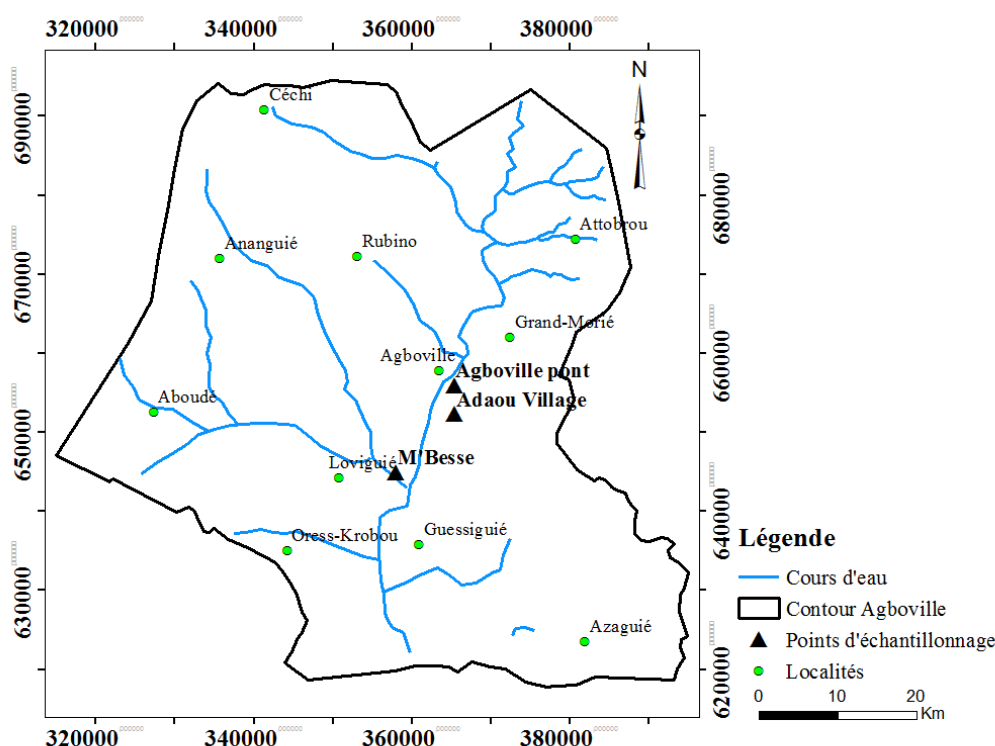


Fig. 1. Présentation du milieu d'étude

2.2 ECHANTILLONNAGE ET ANALYSE DES DONNEES

Un échantillonnage mensuel à partir des débarquements de la pêche artisanale commerciale a été effectué de juin 2013 à Juin 2014. Les engins de captures sont des filets éperviers (mailles de 10 à 30 mm). La pêche s'effectue de jour à l'aide de pirogues monoxyles.

Sur chaque spécimen, sont relevés le poids vif au gramme près ainsi que la longueur standard au millimètre près. Ensuite, après dissection, l'estomac est prélevé et conservé dans un pilulier contenant du formol à 5%. Lors de son dépouillement, l'estomac est sorti du pilulier, rincé abondamment à l'eau, essoré sur du papier buvard. Après incision et récupération de son contenu, une dilution volumétrique a été effectuée pour faciliter la séparation des différents aliments à raison de 10ml à 30ml d'eau selon la taille de l'estomac. Le tout est versé dans une boîte de pétri et observé à la loupe binoculaire. Une séparation des proies visibles à l'œil nu est faite à l'aide d'une pince. Ces proies ont été dénombrées et identifiées d'après les travaux de [10], [11] et de [12].

L'observation du plancton a été faite à partir des solutions du contenu stomacal montées entre lame et lamelle. L'identification du phytoplancton a été faite à l'aide des clés de [13], de [14] et de [15]. Leur comptage a été effectué au microscope binoculaire en utilisant une cellule de Bürker. Le zooplancton a été identifié à l'aide des clés de [16], de [17] et de [11], puis compté au microscope à l'aide d'une cuve de Dolfuss.

Les coefficients et les indices utilisés sont:

Le pourcentage d'occurrence corrigé permettant de déterminer les préférences alimentaires d'une espèce donnée :

$$F_c = (F_i / \sum F_i) \times 100, \text{ où } F_i = \text{fréquence d'occurrence avec } F_i = N_e / N_t$$

Avec N_e , le nombre d'estomacs contenant une catégorie de proies i et N_t , le nombre total d'estomacs contenant au moins une proie [18], [19].

Le pourcentage numérique (N) [20], [21] qui représente la proportion d'une catégorie de proie i dans l'ensemble du contenu stomacal :

$$N = (N_i / N_t) \times 100 \text{ où } N_i = \text{nombre total d'une catégorie de proies } i \text{ et } N_t = \text{nombre total de toutes les proies.}$$

L'indice d'abondance spécifique (S_i) qui se calcule sur la base de la connaissance du nombre, du volume ou du poids des proies et exprimant la proportion de chaque catégorie de proies i , uniquement dans les estomacs où elle est rencontrée [22] est déterminé selon la relation suivante:

$S_i = a_i / a_t$; avec a_i , abondance totale de la proie i et a_t , abondance totale de toutes les proies seulement dans l'ensemble des estomacs contenant la proie i .

Les estomacs vides ont été comptés et le coefficient de vacuité (C_v) qui exprime le pourcentage d'estomacs vides a été calculé par la formule:

$$C_v = (N_v / N_t) \times 100$$

L'observation macroscopique des gonades mâles et femelles a permis de regrouper les poissons en deux classes de taille selon la taille de première maturité sexuelle (L_{50}). La taille minimum de première maturité sexuelle (L_{50}) a été considérée comme limite. Ainsi tous les individus ayant une longueur standard inférieure à cette taille de référence, constituent la classe des immatures (juvéniles) et ceux de taille supérieure, la classe des matures (adultes).

Les comparaisons du régime alimentaire entre les deux stades biologiques et entre les saisons ont été faites à l'aide de l'indice de Schoener [23]. Il a permis d'évaluer le degré de similarité entre les stades de maturité et les saisons.

$$\alpha = 1 - 0,5 \left(\sum_{i=1}^n |p_{xi} - p_{yi}| \right)$$

P_{xi} = proportion d'une proie i consommée par un stade de maturité ou les individus d'une saison (x),

P_{yi} = proportion d'une proie i consommée par un stade de maturité les individus d'une saison (y).

Les régimes alimentaires sont considérés significativement similaires lorsque la valeur de α est supérieure à 0,6 [24].

2.3 ETHOLOGIE ALIMENTAIRE

La méthode graphique de Costello [25], modifiée par [22] a été choisie pour décrire les variations du régime alimentaire. Cette méthode met en relation le régime alimentaire d'une espèce donnée avec sa stratégie alimentaire (Fig.2). Elle permet d'analyser l'importance des proies, leur contribution à l'étendue de la niche trophique et leur stratégie alimentaire. Le diagramme de [22] représente l'abondance spécifique (Si) en fonction de l'occurrence (Fc). La diagonale partant du bas gauche vers le haut à droite caractérise l'importance de la proie qui peut être rare ou dominante. La diagonale partant du haut à gauche jusqu'à droite en bas indique la largeur de la niche. L'axe vertical indique la stratégie du prédateur qui peut être spécialiste (se nourrissant d'un type ou d'une gamme de proies) ou généraliste (pouvant se nourrir d'une grande variété de ressources).

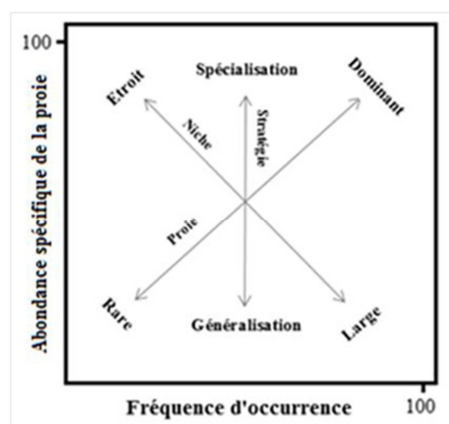


Fig. 2. Interprétation du diagramme de [22]

3 RESULTATS

3.1 PROFIL GENERAL DU REGIME ALIMENTAIRE

Sur un total de 233 estomacs examinés, 205 estomacs pleins et 28 vides ont été dénombrés, soit un pourcentage de vacuité de 12,01%. Les contenus stomacaux sont constitués d'insectes, de microcrustacés, de rotifères, d'arachnides, de nématodes, de mollusques, de graines, de phytoplancton, de détritus, de grains de sable et d'éléments indéterminés (Tableau 1). Sur le plan numérique, les aliments les plus importants sont les microcrustacés (85,27%) avec une dominance des ostracodes (51,43%). La classification des aliments à partir des pourcentages d'occurrence indique une préférence marquée par les microcrustacés (29,13%). Ils sont suivis de grains de sable et de détritus dans une même proportion (12,95%), d'insectes (11,88%) puis de graines (11,65%).

Tableau 1. Composition du régime alimentaire général de *Heterotis niloticus*, Fc : pourcentage d'occurrence N : pourcentage numérique, S : abondance spécifique

PROIES 1	Fc (%)	N (%)	S (%)
INSECTES	11,88	0,5942	0,65
Coléoptères			
<i>Hygrotus</i>	1,68	0,003	0,01
Hemiptères			
<i>Stenocorisea</i>	0,11	0,0002	0,006
Odonates			
<i>Ictinogomphus</i>	1,55	0,001	0,009
Larves de Chironomidae	8,54	0,59	0,69
MICROCRUSTACES	29,13	85,274	87,57
Copépodes	8,68	10,74	12,4
Cladocères	8,67	23,1	26,61
Ostracodes	10,36	51,43	52,57
Amphipodes	1,42	0,004	0,03
ROTIFERES	7,12	6,19	8,78
ARACHNIDES	1,68	0,7	6,57
<i>Hydracharina</i> sp.			
NEMATODES	0,64	0,2	4
MOLLUSQUES	4,31	0,0368	0,20
Bivalves	0,38	0,0018	0,07
Bithynidae			
<i>Gabiella africana</i>	0,38	0,002	0,05
Lymnaeidae			
<i>Lymnaea natalensis</i>	0,51	0,001	0,04
<i>Melanoides tuberculata</i>	0,25	0,006	0,43
Planorbidae			
<i>Biomphala pfeifferi</i>	1,81	0,016	0,08
Physidae			
<i>Physa marmorata</i>	0,98	0,01	0,09
GRAINES	11,65	0,98	1,02
SABLE	12,95	-	-
DETRITUS	12,95	-	-
PHYTOPLANKTON	7,32	5,875	10,58
Desmidiaceae			
<i>Closterium</i>	4,53	2,4	8,99
<i>Cosmarium</i>	0,38	0,45	5,65
<i>Micrasterias</i>	0,05	0,001	3,11
Zygnemataceae			
<i>Spirogyra</i>	1,42	2,7	14,2
Chroococcaceae			
<i>Chroococcus</i>	0,38	0,13	4,4
<i>Microcrocis</i>	0,05	0,001	2,76
Microcystis	0,25	0,16	2,68
<i>Synechocystis</i>	0,1	0,002	13,23
Diatomés			
<i>Amphora</i>	0,05	0,001	2,76
<i>Coscinodiscus</i>	0,11	0,03	2,33
INDETERMINEES	0,37	0,15	4,31

3.2 STRATEGIE ALIMENTAIRE

L'analyse du diagramme de [22] révèle que *H. niloticus* a un régime spécialisé sur les microcrustacés (Fig. 3). Les valeurs de pourcentage d'occurrence et d'abondance spécifique des insectes, des rotifères, des arachnides, des nématodes, des mollusques, des graines et le phytoplancton sont faibles et varient respectivement entre 0,37% et 12,95% et entre 1,02% et 10,58%. Quand aux microcrustacés, les valeurs de pourcentage d'occurrence (29,13%) et d'abondance spécifique (87,57%) sont les plus élevées.

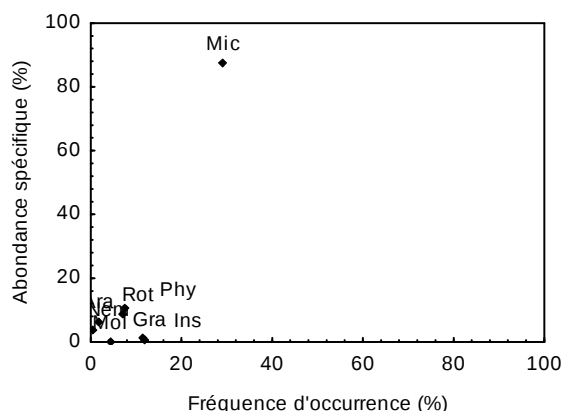


Fig. 3. Diagramme de [22] décrivant la stratégie alimentaire de *Heterotis niloticus*

Mic : Microcrustacés ; Phy : phytoplancton ; Rot : rotifères ; Ara : arachnides ; Nem : nématodes ; Mol : mollusques ; Ins : insectes ; Gra : graines.

3.3 VARIATION DU RÉGIME ALIMENTAIRE EN FONCTION DES SAISONS HYDROLOGIQUES

En saison des pluies, un total de 169 estomacs a été examiné. Sur cet effectif, 159 contenaient des aliments et 10 vides soit un pourcentage de vacuité de 5,91%.

Les microcrustacés (85,44%) sont les plus abondants avec une préférence pour les ostracodes (52,09%). Relativement à la fréquence d'occurrence, les microcrustacés (29,79%) sont les proies préférentielles, suivis d'insectes (13,34%), de grains de sable et de détritits dans une même proportion de 12,06% puis de graines (11,11%) (Tableau 2).

Concernant la stratégie alimentaire, l'analyse du diagramme de [22] montre qu'en saison des pluies, *H. niloticus* a un régime spécialisé sur les microcrustacés (Fig. 4A). Les valeurs de fréquence d'occurrence et d'abondance spécifique des insectes, des rotifères, des arachnides, des nématodes, des mollusques, des graines et phytoplancton sont faibles et varient respectivement entre 0,42% et 13,34% et entre 0,1% et 10%. Par contre chez les microcrustacés, les valeurs de pourcentage d'occurrence (29,79%) et d'abondance spécifique (87,92%) sont élevées.

En saison sèche, 64 estomacs ont été examinés dont 14 vides soit un pourcentage de vacuité de 21,87%. Numériquement, les microcrustacés (83,60%) sont les plus abondants avec une dominance des ostracodes (45,7%). Quant à la fréquence d'occurrence, les microcrustacés (26,55%) sont les plus importants, suivis des grains de sable et de détritits dans une même proportion (14,61%) puis de graines (13,75%) (Tableau 2).

L'indice de Schoener montre une similarité entre les saisons ($\alpha = 0,75$).

L'analyse de la stratégie alimentaire par le diagramme de [22] montre que *H. niloticus* a un régime spécialisé sur les microcrustacés (Fig. 4B). Les valeurs de fréquence d'occurrence et d'abondance spécifique des insectes, des rotifères, des arachnides, des nématodes, des mollusques, des graines et du phytoplancton sont faibles et varient respectivement entre 1,22% et 14,61% et entre 0,4% et 12,56%. Cependant, chez les microcrustacés, les valeurs de pourcentage d'occurrence (26,55%) et d'abondance spécifique (78,55%) sont élevées.

Tableau 2. Composition du régime alimentaire de *Heterotis niloticus* en fonction des saisons hydrologiques, Fc : pourcentage d'occurrence ; N : pourcentage numérique ; S : abondance spécifique

PROIES	SAISON DES PLUIES			SAISON SECHE		
	Fc(%)	N(%)	S(%)	Fc(%)	N(%)	S(%)
INSECTES	13,34	0,6353	0,72	5,61	0,1737	0,4
Coléoptères						
<i>Hygrotus</i>	1,95	0,003	0,013	0,93	0,003	0,06
Hemiptères						
<i>Stenocoris</i>	0,16	0,0003	0,006	-	-	-
Odonates						
<i>Ictinogomphus</i>	1,83	0,002	0,015	0,31	0,0007	0,03
Larves de Chironomidae	9,4	0,63	6,93	4,37	0,17	0,41
MICROCRUSTACES	29,79	85,445	87,92	26,55	83,6007	78,55
Copépodes	8,55	9,16	10,18	9,06	24,2	26,88
Cladocères	9,04	24,19	26,81	7,5	13,7	17,11
Ostracodes	10,5	52,09	28,13	9,68	45,7	49,36
Amphipodes	1,7	0,005	0,003	0,31	0,0007	0,05
ROTIFERES	7,2	6,15	7,83	6,87	6,4	12,7
ARACHNIDES	1,34	0,47	5,28	3,12	2,7	11,59
<i>Hydracharien</i> sp.						
NEMATODES	0,24	0,06	3,2	2,18	1,4	12,56
MOLLUSQUES	4,03	0,0197	0,1	6,83	0,1256	0,23
Bivalves	0,35	0,001	0,04	0,61	0,005	0,17
Bithynidae						
<i>Gabiella africana</i>	0,49	0,003	0,09	0,61	0,003	0,14
Lymnaeidae						
<i>Lymnaea natalensis</i>	0,35	0,0007	0,04	1,25	0,007	0,06
<i>Melanoides tuberculata</i>	0,16	0,004	0,3	0,93	0,02	0,87
Planorbidae						
<i>Biomphala pfeifferi</i>	1,58	0,003	0,032	3,12	0,09	0,24
Physidae						
<i>Physa marmorata</i>	1,1	0,008	0,09	0,31	0,0006	0,06
GRAINES	11,11	0,85	7,34	13,75	2	2,08
SABLE	12,06	-	-	14,61	-	-
DETritus	12,06	-	-	14,61	-	-
PHYTOPLANKTON	8,41	6,25	10,06	4,65	3,3	8,16
Desmidiaceae						
<i>Closterium</i>	4,76	2,36	7,64	3,43	2,7	7,94
<i>Cosmarium</i>	0,49	0,47	7,46	0,61	0,3	4,5
<i>Micrasterias</i>	0,07	0,018	2,55	-	-	-
Zygnemataceae						
<i>Spirogyra</i>	1,7	2,97	15,13	0,61	0,3	8,8
Chroococcaceae						
<i>Chroococcus</i>	0,6	0,14	4,25	-	-	-
<i>Microcrocis</i>	0,07	0,018	3,11	-	-	-
<i>Microcystis</i>	0,35	0,18	2,56	-	-	-
<i>Synechocystis</i>	0,14	0,036	13,23	-	-	-
Diatomés						
<i>Amphora</i>	0,07	0,018	2,55	-	-	-
<i>Coscinodiscus</i>	0,16	0,04	2,8	-	-	-
INDETERMINES	0,42	0,12	4,64	1,22	0,3	11,54

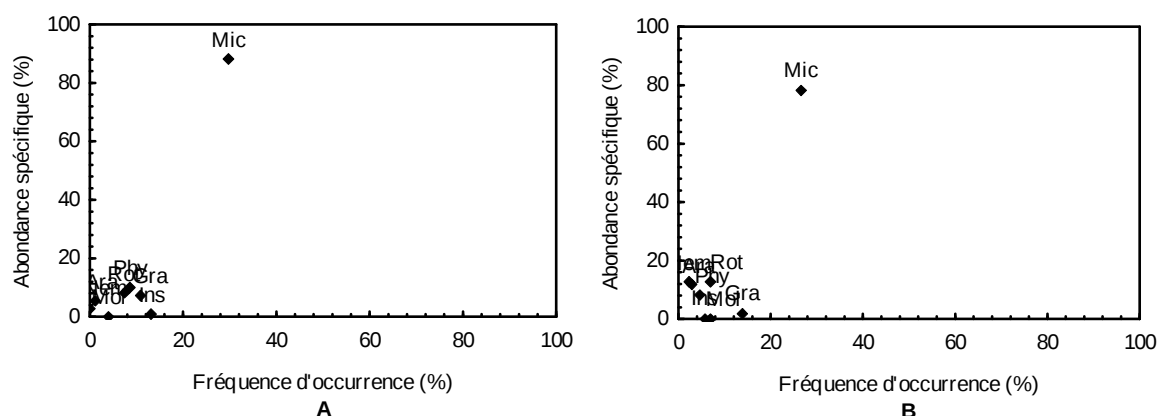


Fig. 4. Diagrammes de [22] décrivant la stratégie alimentaire de *Heterotis niloticus* en saison des pluies (A) et en saison sèche (B).

Mic : Microcrustacés ; Phy : phytoplancton ; Rot : rotifères ; Ara : arachnides ; Nem : nématodes ; Mol : mollusques ; Ins : insectes ; Gra : graines.

3.4 VARIATION DU RÉGIME ALIMENTAIRE EN FONCTION DE LA TAILLE

Les spécimens récoltés ont des longueurs standards (Ls) comprises entre 120 mm et 780 mm. Deux classes de tailles ont été établies selon la taille de première maturité sexuelle (L_{50}). Les spécimens de petite taille ($120 \leq Ls < 440$ mm) constituant le groupe 1 et ceux de grande taille ($440 \leq Ls < 780$ mm), le groupe 2. Ces deux groupes ont servi à l'analyse quantitative du régime alimentaire (Tableau 3).

Le coefficient de vacuité des individus du groupe 1 est de 5,09%. Ces individus consomment préférentiellement les microcrustacés (32,4%). Secondairement, les insectes (14, 62%) en particulier les larves de Chironomidae (10,77%), les graines, les détritiques et les grains de sable sont dans une même proportion de 10%. Sur le plan numérique, les proies les plus abondantes sont les microcrustacés (85,28%).

Le coefficient de vacuité des individus du groupe 2 est de 23,52%, les microcrustacés (24,94%) y sont les proies dominantes. Suivis des détritiques et des grains de sable dans une même proportion de 16,89%, puis des graines (14,21%). Sur la base du pourcentage numérique, les microcrustacés (85,70%) constituent les proies les plus abondantes.

L'indice de Schoener montre une similarité entre les spécimens des deux groupes ($\alpha = 1$).

Concernant la stratégie alimentaire, l'analyse du diagramme de [22] de chaque groupe montre que, quelle que soit la taille, ces poissons sont spécialistes (Fig. 5). Les microcrustacés dans le régime alimentaire des groupes 1 et 2 ont des valeurs d'abondance spécifique respectives de 87,95% et 87,80% et de fréquence d'occurrence respectives de 32,4% et 24,94% élevées ; les autres proies étant plus faiblement représentées.

Tableau 3. Composition du régime alimentaire de *Heterotis niloticus* en fonction de la taille, Fc : pourcentage d'occurrence ; N : pourcentage numérique ; S : abondance spécifique

PROIES	GROUPE1 (Juvéniles) (120 ≤ Ls < 440 mm) n=157			GROUPE 2 (Adultes) (440 ≤ Ls < 780 mm) n=68		
	Fc(%)	N(%)	S(%)	Fc(%)	N(%)	S(%)
INSECTES	14,62	0,6063	0,71	6,91	0,483	1,12
Coléoptères						
<i>Hygrotus</i>	1,93	0,004	0,01	1,01	0,002	0,03
Hemiptères						
<i>Stenocoris</i>	0,12	0,0003	0,01			
Odonates				-	-	-
<i>Ictinogomphus</i>	1,8	0,002	0,007	0,5	0,001	0,01
Larves de Chironomidae	10,77	0,6	0,7	5,4	0,48	1,54
MICROCRUSTACES	32,4	85,285	87,95	24,94	85,701	87,80
Copepodes	8,77	8,76	10,45	8,3	23,9	27,54
Cladocères	9,25	23,69	27,18	6,78	14,55	20,72
Ostracodes	12,69	52,83	54,86	9,7	47,25	42,3
Amphipodes	1,69	0,005	0,03	0,16	0,001	0,28
ROTIFERES	7,8	6,38	8,21	4,72	4,59	12,28
ARACHNIDES	1,33	0,49	5,9	2,7	2,24	9,51
<i>Hydracharina</i> sp.						
NEMATODES	0,48	0,13	4,7	0,84	0,41	14
MOLLUSQUES	4,68	0,0187	3,09	6,39	0,115	0,27
Bivalves	0,08	0,0001	0,1	0,84	0,004	0,24
Bithynidae						
<i>Gabiella africana</i>	0,36	0,001	0,05	0,84	0,01	0,23
Lymnaeidae						
<i>Lymnaea natalensis</i>	0,48	0,0009	0,03	0,84	0,003	0,06
<i>Melanoides tuberculata</i>	0,12	0,0007	0,12	0,84	0,05	0,56
Planorbidae						
<i>Biomphala pfeifferi</i>	2,56	0,007	03,67	2,53	0,04	0,15
Physidae						
<i>Physa marmorata</i>	1,08	0,009	0,08	0,5	0,008	0,52
GRAINES	10,05	0,67	0,7	14,21	2,75	15,77
SABLE	10	-	-	16,89	-	-
DETRITUS	10	-	-	16,89	-	-
PHYTOPLANKTON	8,16	6,31	10,13	4,85	3,44	8,07
Desmidiaceae						
<i>Closterium</i>	4,8	2,33	4,6	3,37	2,51	7,35
<i>Cosmarium</i>	0,36	0,48	7,63	0,5	0,27	4,49
<i>Micrasterias</i>	0,08	0,01	0,26	-	-	-
Zygnemataceae						
<i>Spirogyra</i>	1,92	3,14	15,8	0,5	0,27	14,59
Chroococcacés						
<i>Chroococcus</i>	0,48	0,13	7,4	0,16	0,13	4,9
<i>Microcrocis</i>	0,08	0,01	3,11	-	-	-
<i>Microcystis</i>	0,24	0,17	2,4	0,16	0,13	13,23
<i>Synechocystis</i>	-	-	-	0,16	0,13	13,23
Diatomés						
<i>Amphora</i>	0,08	0,01	0,26	-	-	-
<i>Coscinodiscus</i>	0,12	0,03	2,8	-	-	-
INDETERMINES	0,48	0,11	6,3	0,66	0,271	3,94

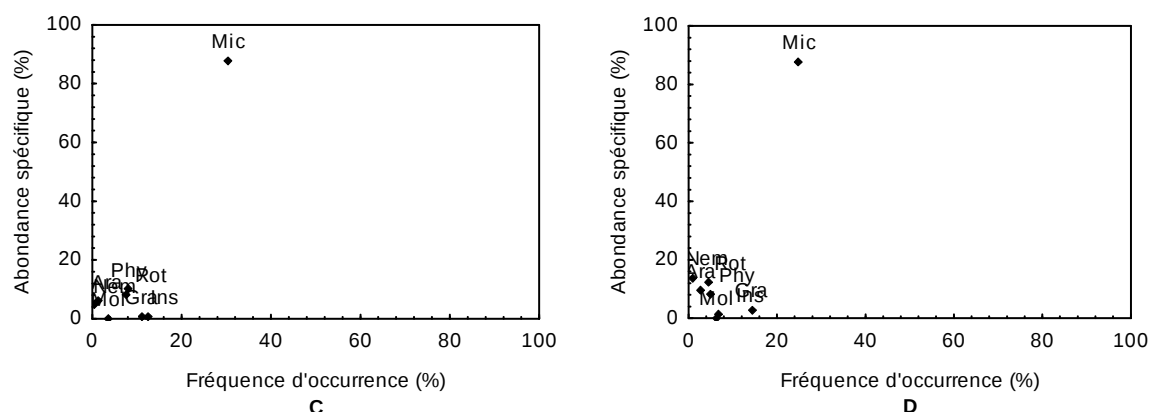


Fig. 5. Diagrammes de [22] décrivant la stratégie alimentaire de *Heterotis niloticus*. en fonction de la taille (C: Groupe 1 ; D: Groupe 2).

Mic : Microcrustacés ; Phy : phytoplancton ; Rot : rotifères ; Ara : arachnides ; Nem : nématodes ; Mol : mollusques ; Ins : insectes ; Gra : graines.

4 DISCUSSION

La composition générale du régime montre que *Heterotis niloticus* a un régime omnivore composé d'insectes, de microcrustacés, de rotifères, de nématodes, d'arachnides, de mollusques, de graines, de détritus, de phytoplancton et de grains de sable. Un tel régime a déjà été signalé par d'autres auteurs que sont [1], [26], [27], [28], [29], [30]. Cette diversité alimentaire montre que *H. niloticus* est un opportuniste qui se nourrit en fonction des nutriments disponibles dans le milieu [31]. Ainsi, l'aptitude qu'a une espèce à utiliser la nourriture disponible témoigne de sa flexibilité trophique [32]. D'où l'espèce se nourrit aussi bien à la surface qu'au fond. En outre, l'importante présence des proies d'origine benthique indique que l'espèce peut être classée parmi les omnivores à tendance benthophage. La référence [27] qualifie ce poisson de consommateur secondaire benthophage dominant (larves d'insecte, mollusques, ostracodes). Ceci peut être confirmé par la présence de particules de sable dans pratiquement tous les estomacs. Ces grains de sable aideraient au déchiquetage des exosquelettes des aliments [33] ou faciliteraient la digestion des détritus ainsi que les graines et leur enveloppe [28]. Or, la référence [29] affirme que l'inclusion des particules de sable était probablement une ingestion accidentelle avec les larves d'insecte, les bivalves et les annélides dans la rivière Anambra au Nigeria. Cette assertion est soutenue par [34] et [35] lors de leurs travaux respectifs sur *Clarias angularis* dans la rivière Bia et *Mormyrus rume* dans la rivière Ose au Nigeria.

L'analyse quantitative montre que cette espèce se nourrit préférentiellement de microcrustacés (85, 27%) et les ostracodes sont les proies les mieux représentées (51,43%). Par conséquent, ce poisson présente un régime omnivore à tendance microphage. Cette observation a été faite par [29] dans la rivière Anambra au Nigéria chez la même espèce. Ceci est possible grâce à la présence de branchiospines (42 à 94 en bas du premier arc branchial) qui facilitent le tamisage du zooplancton [30]. La référence [36] dans la rivière Cross au Nigéria qualifie ce poisson de détritivore. En effet, selon ces auteurs, *H. niloticus* consomme plus le phytoplancton et les détritus. Par contre, [28] estime que ce poisson est un omnivore strict et non pas un détritivore parce que la longueur relative de son intestin est inversement liée à la taille du corps. L'apparition des graines dans le régime serait due au fait que ce poisson fréquente les secteurs herbeux surtout les zones d'inondation.

Concernant la stratégie alimentaire de *H. niloticus*, le diagramme de [22] indique qu'il a un régime spécialisé sur les microcrustacés. En effet, la majeure partie de la population se spécialisent dans la consommation de microcrustacé justifié par les valeurs élevées de leur abondance spécifique et de leur fréquence d'occurrence respectivement 87,57% et 29,13%. Les autres proies présentent de faibles valeurs d'abondance spécifique et de fréquence d'occurrence. Ces faibles valeurs indiquent que ces proies sont rarement rencontrées. Dans ce cas, la niche écologique de cette espèce est dite restreinte.

Pour ce qui est de la variation du régime alimentaire en fonction des saisons hydrologiques, *H. niloticus* consomme les mêmes catégories d'aliments en saison des pluies qu'en saison sèche. L'indice de Schoener $\alpha = 0,75 > 0,6$ montre qu'il y a une similarité entre les différentes saisons. Ceci pourrait se justifier par la disponibilité de toutes les catégories d'aliments sur toute l'année. Les microcrustacés sont les proies majoritaires en toute saison. Les références [37] et [38] observent dans le Niger une évolution du régime en fonction de la saison. Pour ces auteurs, en saison sèche, la nourriture est constituée essentiellement de phytoplancton tandis que pendant la saison des pluies, elle est constituée de graines et d'insectes.

En ce qui concerne la stratégie alimentaire en fonction des saisons, les diagrammes de [22] des deux saisons montrent qu'en saison des pluies comme en saison sèche, la majeure partie de la population se spécialisent dans la consommation de microcrustacés.

L'étude du régime alimentaire de *H. niloticus* en fonction de la taille des individus n'a pas montrée de variation significative dans les proies préférentielle d'une classe de taille à une autre (Indice de Schoener $\alpha = 1$). Les microcrustacés sont les plus dominants chez les individus du groupe 1 et 2. Sur ce point, nos résultats sont identiques à ceux de [29]. En revanche, les individus du groupe 1 consomment plus d'insectes et moins de graines que ceux du groupe 2. Selon [30], il y a une variation du régime. Pour ces auteurs, les petits individus consomment plus les microcrustacés, les larves d'insecte et les nymphes justifiées par leur gésier moins développé pour digérer les détritux et les graines alors que les individus de grandes tailles présentent un gésier musculeux qui facilite la digestion de la matière organique telle que les détritux, les graines dures, les carapaces et les coquilles.

Par ailleurs, dans la stratégie alimentaire en fonction de la taille, le diagramme de [22] indique que la majeure partie des individus des deux groupes se spécialisent dans la consommation de microcrustacés.

5 CONCLUSION

Ce travail a permis d'étudier la composition du régime alimentaire de *H. niloticus*. L'analyse des contenus stomacaux a révélé que dans la rivière Agnéby, cette espèce se nourrit préférentiellement de microcrustacés en particuliers les ostracodes. Aucune variation du régime n'a été observée en fonction des saisons hydrologiques et en fonction des tailles des individus.

RÉFÉRENCES

- [1] Moreau, J., *Exposé synoptique des données biologiques sur Heterotis niloticus (Cuvier, 1829)*. Synopsis FAO sur les Pêches, no 131, 1982.
- [2] C. Reizer, "Comportement et reproduction d'*Heterotis niloticus* en petits étangs," *Revue Bois et Forêts des Tropiques*, no 95, pp. 49-60, 1964.
- [3] Gourène, G and Teugels, G.G., *Manuel pratique d'identification des poissons du lac d'Ayamé (rivière Bia, Côte d'Ivoire)*, 1995.
- [4] E. Rosecchi et Y. Nouaze, "Comparaison de cinq indices utilisés dans l'analyse des contenus stomacaux," *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*, vol. 49, pp. 111-123, 1987.
- [5] T. Koné, E. P. Kouamélan, N. I. Ouattara et A.V. Kicho, "Régime alimentaire de *Pomadasys jubelini* (Pisces, Haemulidae) dans une lagune Ouest africaine (lagune Ebrié, Côte d'Ivoire)," *Sciences et Nature*, vol.4, no.1, pp. 65-73, 2007.
- [6] B. T. A. Goula, Z. A. Kouadio, K. E. Kouakou, Y. A. N'Go, C. N'Doumé et I. Savané, "Simulation du comportement hydrologique du bassin versant de L'Agnéby, en Côte d'Ivoire," *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologies*, vol. 13, pp. 91 -113, 2009.
- [7] Girard, G., Sircoulon, J., et Touchebeuf, P., *Aperçu sur les régimes hydrologiques*, In: J. M. Avenard, M. Eldin. G. Girard, J. Sircoulon, P. Touchebeuf, J. L. Guillaumet, E. Adjanooun, et A. Perraud (Eds.), *Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire*, O.R.S.T.O.M. Paris, vol. 50, pp. 113-151, 1971.
- [8] D. Diomandé, K. Y. Bony, O. E. Edia, K. F. Konan et G. Gourène, "Diversité des Macroinvertébrés Benthiques de la Rivière Agnéby (Côte d'Ivoire; Afrique de l'Ouest)," *European Journal of Scientific Research*, vol. 35, no. 3, pp. 368-377, 2009.
- [9] K. E. Ahoussi, Y. B. Koffi, A. M. Kouassi, G. Soro, N. Soro et J. Biémi, "Etude de la variabilité hydroclimatique et de ses conséquences sur les ressources en eau du Sud forestier et agricole de la Côte d'Ivoire : cas de la région d'Abidjan-Agboville," *International Journal of Pure and Applied Bioscience*, vol 1 no 6, pp. 30-50, 2013.
- [10] Bony, K.Y., *Biodiversité et écologie des mollusques Gasteropodes d'eau douce en milieu continental Ivoirien (Bassin de l'Agnéby, de la Mé et du Banco). Traits d'histoire de vie d'une espèce invasive Indoplanorbis exustus (Deshayes, 1834)*, Thèse de doctorat Université Abobo Adjamé, 2007.
- [11] Forcellini, M., Mathieu, C., et Merigoux, S., *Atlas des Macroinvertébrés des eaux douces de l'île de la Réunion*, 2011.
- [12] M. L. Yapo, B. C. Atsé et P. Kouassi, "Inventaire des insectes aquatiques des étangs de piscicoles au sud de la Côte d'Ivoire," *Journal of Applied. Biosciences*, vol. 58, pp. 4208-4222, 2012.
- [13] Komárek, J. K., and Anagnostidis, K., *Cyanoprokaryota 1. Teil : Chroococcales*. In *Süßwasser Flora von Mitteleuropa*, H. Ettl, G. Gärtner, H. Heynig, and D. Mollenhauer (Eds.), pp. 1-548, 1999.
- [14] M. Salla, K. P. Da, O.S. Koffi et D. Traoré, "Cyanobactéries des rivières Boubo et Mé dans le Sud côtier de la Côte d'Ivoire," *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 5, no. 4, pp. 1365-1373, 2011.

- [15] E. S. Konan, K. P. Da et N. M. Aka, "Etude systématique des : Conjugatophyceae, Chlorophyceae et Euglenophyceae d'une lagune tropicale : la lagune de Fresco (Côte d'Ivoire)," *Journal of Applied Biosciences*, vol. 49, pp. 3406-3414, 2012.
- [16] Pourriot, R., Capblancq, J., Champ, P., et Meyer, J. A., *Ecologie du plancton des eaux continentales*, 16. Masson, Paris, 1982.
- [17] Pourriot, R., *Les rotifères*, In: J. R. Durant, et C. Lévêque, (Eds.), Flore et faune aquatiques de l'Afrique Sahélo-Soudanienne, ORSTOM, Paris, pp. 219-244, 1990.
- [18] Paugy, D., and Lévêque, C., *Régimes alimentaires et réseaux trophiques*. In: C. Lévêque, and D. Paugy, (Eds.), les poissons des eaux continentales africaines : Diversité, écologie et utilisation par l'homme, Paris, pp. 167-190, 1999.
- [19] A. E. Gray, T. J. Mulligan, and R. W. Hannah, "Food habits, occurrence and population structure of the bat ray, *Myliobatis californica*, in Humboldt Bay. California," *Environmental Biology of Fishes*, vol. 49, pp. 227-238, 1997.
- [20] L. Lauzanne, "Régime alimentaire d'*Hydrocyon forskalii* (Pisces. Characidae) dans le lac Tchad et ses tributaires," *Cahier O.R.S.T.O.M. Série Hydrobiologie*, vol. 9, pp. 105-121, 1975.
- [21] E. J. Hyslop, "Stomach contents analysis, a review of methods and their application," *Journal of Fish Biology*, vol. 17, pp. 411-429, 1980.
- [22] P. A. Amundsen, H. M. Gabler, and F. J. Staldvik, "A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data-Modification of the Costello (1990) method". *Journal of Fish biology*, vol. 48, pp. 607-614, 1996.
- [23] T. W. Schoener, "Non-synchronous spatial of lizards in patchy habitats," *Ecology*, vol. 51, pp. 408-418, 1970.
- [24] R. K. Wallace, "An assessment of diet overlap indexes," *Transactions of American Fisheries Society*, vol. 110, pp.72-76, 1981.
- [25] M. J. Costello, "Predator feeding strategy and prey importance: A new graphical analysis," *Journal of Fish Biology*, vol. 36, pp. 261-263, 1990.
- [26] Micha, J. C., *Etude des populations piscicoles de l'Ubangui et tentatives de sélection et d'adaptation de quelques espèces à l'étang de pisciculture*. Centre Technique Forestier Tropical. Document Bibliothèque CIRAD, 1973.
- [27] L. Lauzanne, "Régime alimentaire et relations trophiques des poissons du Lac Tchad," *Cahier O.R.S.T.O.M Série Hydrobiologie*, vol.10, no. 4, pp. 267-310, 1976.
- [28] A. Adite, K. O. Winemiller and E. D. Fiogbé, "Ontogenetic, seasonal and spatial variation in the diet of *Heterotis niloticus* (Osteoglossiformes: Osteoglossidae) in the Sô River and Lake Hlan, Benin, West Africa, " *Environmental Biology of Fishes*, no. 73, pp. 367-378, 2005.
- [29] G. E. Odo, H. O. Nwamba, and J. E. Eyo, "Aspects of the biology of *Heterotis niloticus* Cuvier 1829 (Osteoglossiformes: Osteoglossidae) in the Anambra flood river system, Nigeria," *Animal Research International*, vol. 6, no. 2, pp. 994-1002, 2009.
- [30] A. Adite, A. Gbankoto, I. I. Toko and E. D. Fiogbé, "Diet breadth variation and trophic plasticity behavior of the African bonytongue *Heterotis niloticus* (Cuvier, 1829) in the Sô River-Lake Hlan aquatic system (Benin, West Africa): Implications for species conservation and aquaculture development," *Natural Science*, vol. 5, no. 12, pp. 1219-1229, 2013.
- [31] K. M. Kouamé, A. Ouattara, Y. M. Diétoa et G. Gourène, "Alimentation du Clupeidae *Pellonula leonensis* dans le lac de barrage de Buyo (Côte d'Ivoire)," *Cybium*, vol. 30, no. 2, pp. 145-150, 2006.
- [32] R. B. Ikomi and F. D. Sikoki, "Studies on the distribution, abundance, growth pattern and dietary habits of *Brycinus nurse* (Ruppel, 1832) (Osteichthyes: characidae) in the river Jamieson, Nigeria," *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, vol. 31, no.1, pp. 27-44, 2001.
- [33] E. P. Kouamélan, G. G. Teugels, G. Gourène, D. F. E. Thys Van den Audenaerde et F. Ollevier, "Habitudes alimentaires de *Momyrops anguilloides* (Momyridae) en milieu lacustre et fluvial d'un bassin ouest-Africain, " *Cybium*, vol. 24, no. 1, pp. 67-79, 1999.
- [34] Y. S. N'Guessan, L. Doumbia, K. G. N'Goran, et G. Gourène, "Habitudes alimentaires du poisson-chat, *Clarias anguillaris* (Linné, 1758) (Clariidae) dans un Hydrosystème Fluvio-lacustre ouest-Africain (Rivière Bia, Côte d' Ivoire)," *European Journal of Scientific Research*, vol. 46, no. 2, pp. 275-285, 2010.
- [35] D. O. Odedeyi and A. O. Fagbenro, "Feeding habits and digestive enzymes in the gut of *Mormyrus rume* (Valenciennes 1846) (Osteichthyes Mormyridae)," *Tropical zoology*, vol. 23, pp. 75-89, 2010.
- [36] B. O. Offem, Y. A. Samsons and I. T. Omoniyi, "Trophic ecology of commercially important fishes in the cross river, Nigeria," *Journal of Animal & Plant Sciences*, vol. 19, no. 1, pp. 37-44, 2009.
- [37] Daget, J., *Les poissons du Niger supérieur*, Mémoire de l'Institut Fondamentale d'Afrique Noire, vol. 36, 1954.
- [38] F. D'Auberton, "Etude de l'appareil branchiospinal et de l'organe suprabranchial de *Heterotis niloticus* (Erhenberg, 1827)," *Bulletin de l'Institut Fondamentale d'Afrique Noire*, vol. 17, no. 4, pp. 1179-1201, 1955.

First data on reproductive biology of *Macrobrachium macrobrachion* (Palaemonidae Decapoda), from River Bandama (Côte d'Ivoire)

Gnonleba Franck Dit Hervis BOGUHE, Gouli GOORE BI, Siaka BERTE, and Gervais Konan N'ZI

Laboratory of Hydrobiology,
Felix Houphouët-Boigny University,
Abidjan, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

Copyright © 2016 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: Reproductive biology of palaemonid prawn, *Macrobrachium macrobrachion* (Herklots, 1857), were investigated in Bandama River (Côte d'Ivoire), from January to December 2009. A total of 465 shrimps were collected during this period. Significantly more females than males (male: female ratio, 1.0: 1.38) were observed. The size at sexual maturity was 11.42 cm total length (TL) for males and 10.26 cm (TL) for females. The gonadosomatic index (GSI) varied monthly, reaching maximum (2.50 ± 0.83 %) in June and September (1.68 ± 0.56 %), and a minimum (0.12 ± 0.04 %) in December for female. For males, GSI had their maximum in July (0.33 ± 0.11 %) and a minimum in December and January (0.05 ± 0.02 %). The gonadosomatic index (GSI) and maturity stages indicated that the reproductive period of *Macrobrachium macrobrachion* occurred from May to October. The absolute fecundity ranged from 574 eggs (TL = 8.80 cm) to 36.933 eggs (TL = 11.30 cm). The relative fecundity was 735 ± 439 eggs g^{-1} of females. The relationships between the total weight (TW) and fecundity (number of eggs = F), total length (TL) and fecundity (F) were $F_w = 1213 TW^{1.513}$ ($R^2 = 0.824$) and $F_L = 599.6 TL^{2.738}$ ($R^2 = 0.969$) respectively.

KEYWORDS: *Macrobrachium macrobrachion*, Reproductive period, Fecundity, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

The worldwide prawn production surpassed 240.000 t in 2000, which corresponds approximately 20% of the total amount manufactured according to [1] and [2]. Species of prawns can be characterized by their life cycle [3]. Reference [4] mentioned that the prawn females keep their eggs in the abdomen until spawning time. Most of the prawn species interested by the commercially belong to the *Macrobrachium* Bate, 1868. This genus is distributed globally in most biogeographical regions, with more than 240 named species [5], [6]. Several shrimp species of genus *Macrobrachium* inhabit fresh and brackish water of West Africa [7], [8]. According to [9], only two of the 7 shrimp species registering in the Rivers of Côte d'Ivoire are exploited by fishing activities: *Macrobrachium vollenhovenii* (Herklots, 1851) and *Macrobrachium macrobrachion* (Herklots, 1857). *Macrobrachium* species are relished by indigenous consumers due to their large size, nutrient value and pleasant taste [10], [11]. They are commercially important prawn species common in West African waters and sustaining viable artisanal fisheries in some rivers and estuaries within the region. Shrimp fishery sector provide direct and secondary employment [12], [11], [13]. Shrimps are considered in Côte d'Ivoire a valuable fishing resource and their market prices are appreciably higher than those of fishes [9].

Several studies have been performed on the reproduction and ecology of Palaemonid shrimp. The tolerance limit against environmental factors, such as, water temperature, pH and dissolved oxygen was reported [14]. Comprehensive research of Palaemonids includes studies on the differences in habitation, ecology and reproduction between Palaemonid shrimps [15]. Also, the works of [16] and [17] emphasized respectively the biological aspect and the population structure of *M. vollenhovenii*.

Considering the lack of data on the reproductive biology of *M. macrobrachion* from Côte d'Ivoire River, the aims of this study were to evaluate the different periods of its reproductive activity, Fulton's condition index and the relationship

between energy reserves of the hepatopancreas and the gonad development of this specie in Bandama River and similar water. Key parameters required for stock assessments including sex ratio, first maturity size, and reproductive season and also fecundity are estimated.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 STUDY AREA

Bandama River (Fig. 1) has a main channel stretching over a distance of 1.050 km and a catchment area of 97.500 km². The river rises in the north of the country, between Korhogo and Boundiali, and enters the sea at Grand-Lahou lagoon. It is two tributaries are Marahoue (550 km length) and N'zi (725 km length). Two hydroelectric dams, Kossou lake (drainage area: 900 km²) and Taabo lake (drainage area: 69 km²) were built on the main course of the river [18]. Data were collected downstream Taabo hydroelectric dams located between 4°80'- 5°00'W and 5°80' - 6°20'N from January to December 2009 into three main shrimp fishery at the Bandama River, Taabo, Singrobo and Tiassalé.

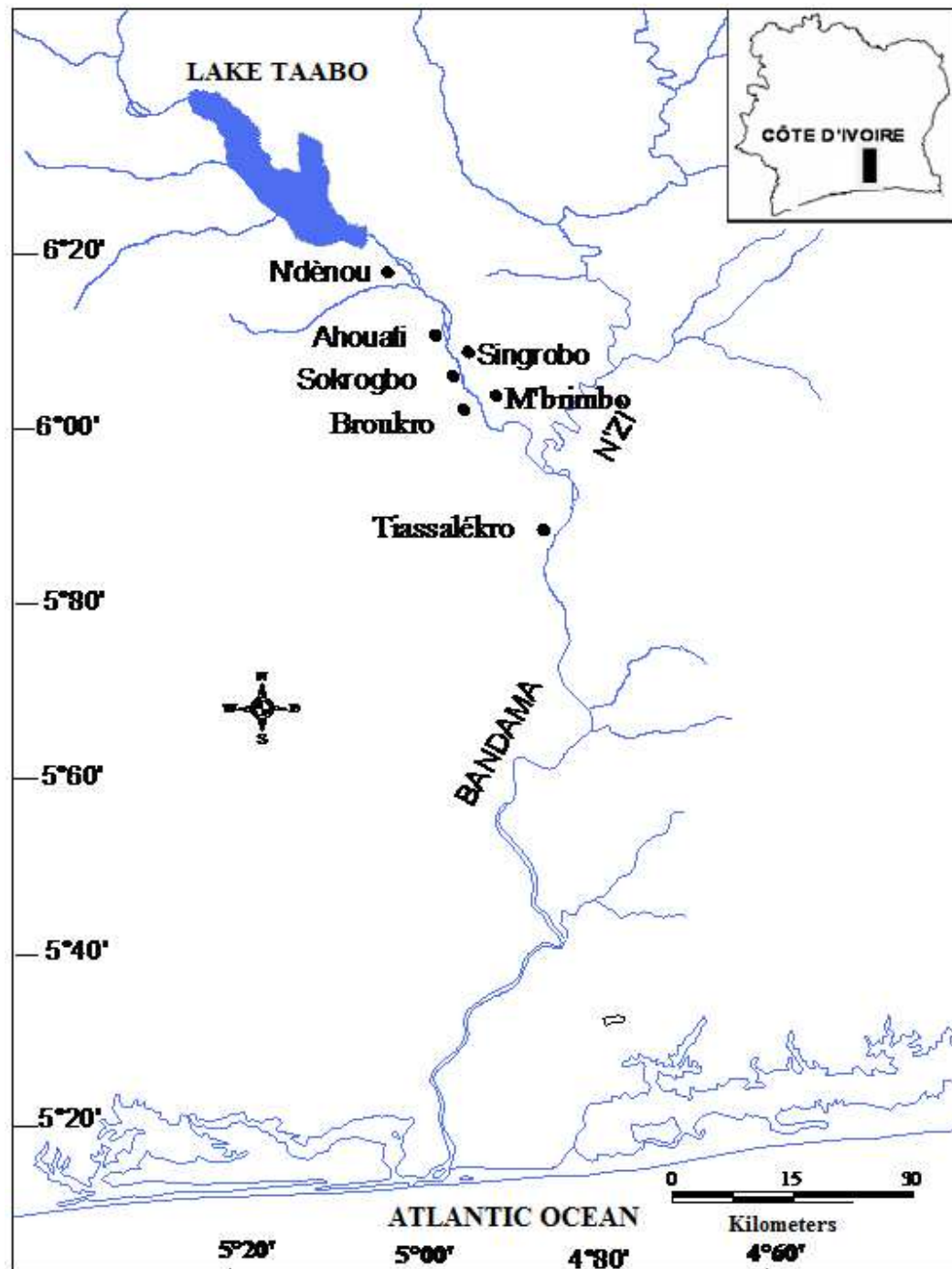


Fig. 1. Map of the study area showing the sampling stations (●) of *Macrobrachium macrobrachion* from January to December 2009 in Bandama River (Côte d'Ivoire).

2.2 SHRIMPS SAMPLING

Shrimps were collected monthly from commercial fishery landing with hoop nets. Traps were installed during the afternoon, and withdrawn the next morning. Shrimps captured were identified following [9]. Data on Total Length (TL) in cm was measured to the nearest 0.01 cm for each shrimps using digital slide calipers (Mitutoyo, CD-15PS), and total weight (W) in g were recorded with a top loading Sartorius balance model BP 310S with 0.01 g accuracy.

The sex of each specimen was determined by visual observation of the base of the fifth and third pair of pereopods [3]. Shrimps were dissected, gonad and the hepatopancreas were weighed. Gonad development was classified in five stages, according to [19] and [20].

2.3 DATA ANALYSIS

2.3.1 SEX RATIO

Sex-ratio deviation from 1:1 was checked with the Yates-corrected goodness-of-fit chi-square test on data from adult specimens [21]. All statistical analyses ($\alpha = 0.05$) followed [21].

2.3.2 SIZE AT FIRST SEXUAL MATURITY

Sex was determined and a maturity classification was made [22][23] where stages III and above were considered to be mature for males and females respectively. The size at first sexual maturity (LT_{50}) was determined by calculating the proportion of mature individuals in each size class. The size at which 50% of individuals were mature was taken as the size at which prawns reach maturity for the first time [24]. The logistic model was used to determine the size at first sexual maturity [25]:

$$P = \frac{e^{(\alpha + \beta LT)}}{1 + e^{(\alpha + \beta LT)}} \text{ where } LT_{50} = \frac{-\alpha}{\beta}$$

P = proportion of mature individuals; LT = total length; α and β = constants

2.3.3 REPRODUCTIVE INDICES

Three reproductive indices were measured to estimate the condition of prawns: gonadosomatic index (GSI), hepatosomatic index (HSI) and Fulton's condition factor (Kc). These three indices were determined [24] as:

$$GSI = \frac{W_g}{W_b} \times 100 ; HSI = \frac{W_h}{W_b} \times 100 ; Kc = \frac{W}{TL^3} \times 100$$

Where W_g = gonad weight (g); W_h = hepatopancreas weight (g); W_b = wet body weight (g); W = Weight of prawn (g) and TL = Total Length of prawn (mm).

Measurements average of GSI, HSI and Kc were taken for each monthly collection and recorded accordingly. There were sequentially arranged in time series in order to delineate spawning season.

2.3.4 ABSOLUTE FECUNDITY

A subsample of the eggs was weighted (g) and counted (n). The absolute fecundity (F) was the total number of eggs per female, which is obtained by applying the following formula according [26]:

$$F = \frac{W_g}{W_{ss}} \times n ; \text{ where } W_g = \text{weight of eggs total mass (g)}; n = \text{number of eggs and } W_{ss} = \text{weight of sub samples (g)}.$$

2.3.5 RELATIVE FECUNDITY

The relative fecundity (RF) was the number of eggs per unit weight (g) of prawns [26].

$$RF = \frac{F}{TW} ; \text{ where } F = \text{absolute fecundity and } TW = \text{weight of prawns}$$

All these analyses were carried out using statistica7.1 and adopted for all the p -value with significance level of 0.05.

3 RESULTS

3.1 SEX-RATIO

A total of 465 individuals of *Macrobrachium macrobrachion* were sexed, comprising 270 females and 195 males, with a sex ratio of 1.38 females per male (Table 1). A chi-square goodness of fit test showed that the ratio was not significantly different from a 1:1 ratio ($\chi^2 = 1.71$; $p\text{-value} > 0.05$). Monthly chi-square values for *M. macrobrachion* showed that there were significant differences in March, April, June, July, September, October and December.

Table 1. Chi-square values for monthly sex ratio of *Macrobrachium macrobrachion* captured in Bandama River from January to December 2009; (*) Significant difference ($p < 0.05$).

Month	Females	Males	M:F ratio	χ^2
January	31	23	1:1.35	1.31
February	21	19	1:1.11	0.11
March	25	13	1:1.92	6.91*
April	29	10	1:2.90	15.76*
May	20	14	1:1.43	2.17
June	15	8	1:1.88	6.06*
July	61	25	1:2.44	12*
August	14	13	1:1.08	0.11
September	16	7	1:2.29	10.86*
October	5	25	1:0.20	30.52*
November	19	12	1:1.58	3.24
December	14	26	1:0.54	6.06*
Pooled	270	195	1:1.38	1.71

3.2 SIZE AT FIRST SEXUAL MATURITY

The length at first sexual maturity (L_{50}) is 10.26 cm TL for females and 11.42 cm TL for males (Fig. 2). At 11.10 cm TL, 100 % of female attained sexual maturity therefore at 12.40 cm TL, 100% of the males reached maturity. In fact, the smallest female matured at 8.2 cm total length, whereas in the males it was 7.7 cm total length. No significant differences were found between size at first maturity of both sexes ($\chi^2 = 0.27$; $p\text{-value} > 0.05$).

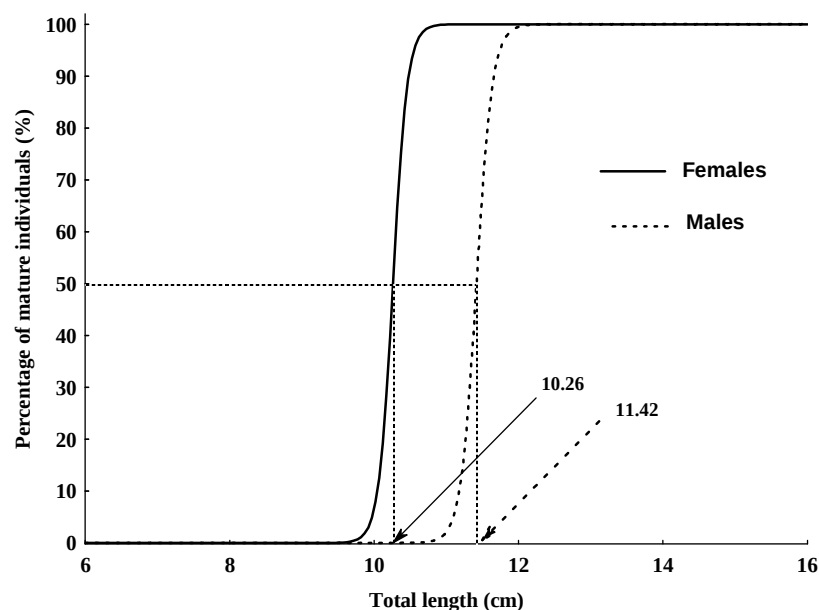


Fig. 2. Logistic equation indicating size (Total length) at first sexual maturity (L_{50}) for males and females of *Macrobrachium macrobrachion* from January to December 2009 in Bandama River

3.3 GONADO-SOMATIC INDEX AND REPRODUCTIVE PERIOD

Monthly variations of maturity stages (stages 3, 4 and 5) and GSI (fig. 3) showed highest percentage of mature females ($\geq 60\%$) from May to July and September to October. Maxima of GSI ($> 1.5\%$) were recorded from June to October with two peaks. The first highest, in June ($2.50 \pm 0.83\%$) and the second, slightly smaller ($1.68 \pm 0.56\%$), in September. This indicates that *M. macrobrachion* in Bandama River underwent a reproductive period between May and October.

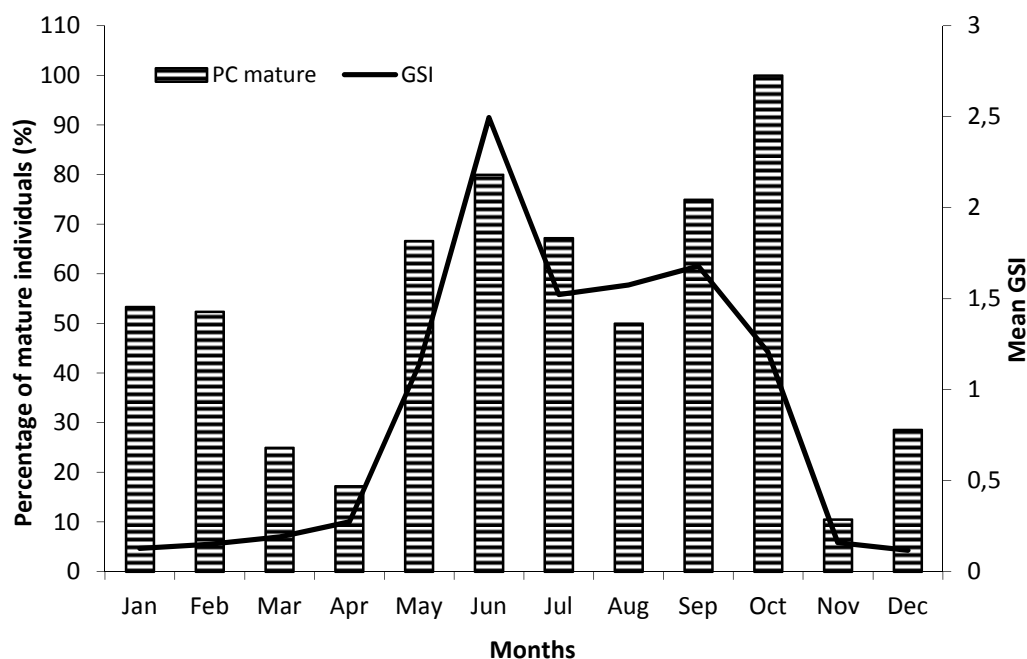


Fig. 3. Relationship between percentages of females mature and GSI mean of *Macrobrachium macrobrachion* in River Bandama from January to December 2009

3.4 HEPATO-SOMATIC INDICES

The trend of GSI and HSI for females (Fig. 4) was either at the same for males (Fig. 5). Variation of HSI showed an inverse relationship with GSI. The red lead month varied from May to July and September to November. The lowest HSI values showed in July ($4.43\% \pm 2.28$) for females while the lowest was in May ($2.84\% \pm 1.55$) for males. Two distinct peaks months were observed in March and August, respectively for both sexes.

3.5 CONDITION FACTOR

The values of condition factor (K) obtained range from 0.0015 to 0.0017 for females and 0.00014 to 0.0018 for males. Peak values for females were recorded in August and in September for males (Fig. 6). The lowest values were observed in July and November for females and males respectively.

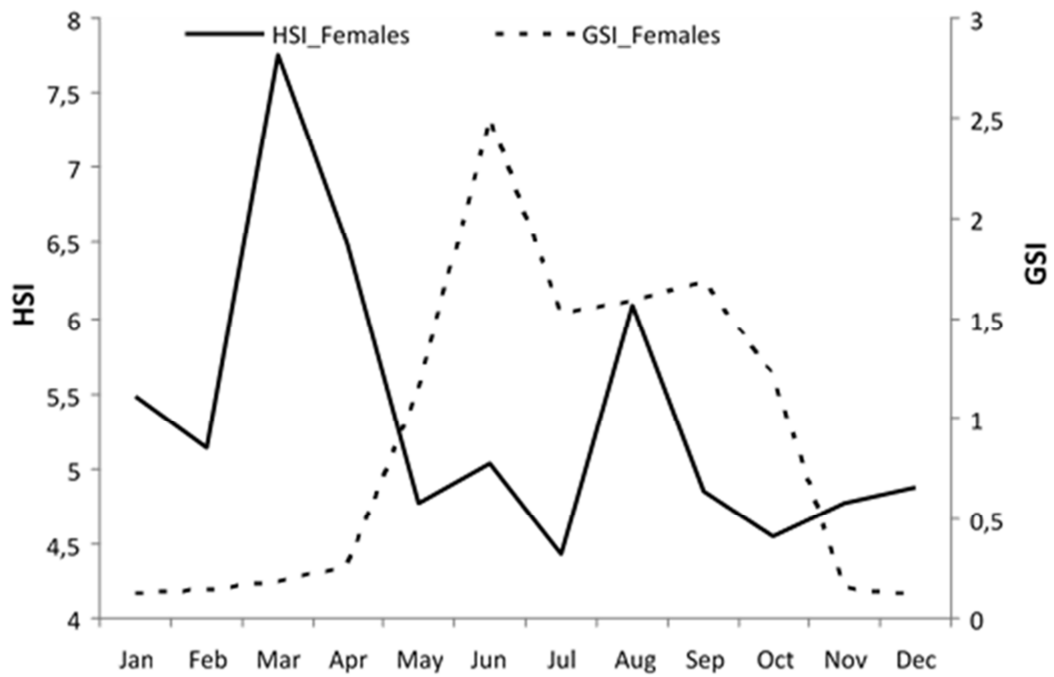


Fig. 4. Gonadosomatic (GSI) and Hepatosomatic indices (HSI) of female of *Macrobrachium macrobrachion* in Bandama River from January to December 2009

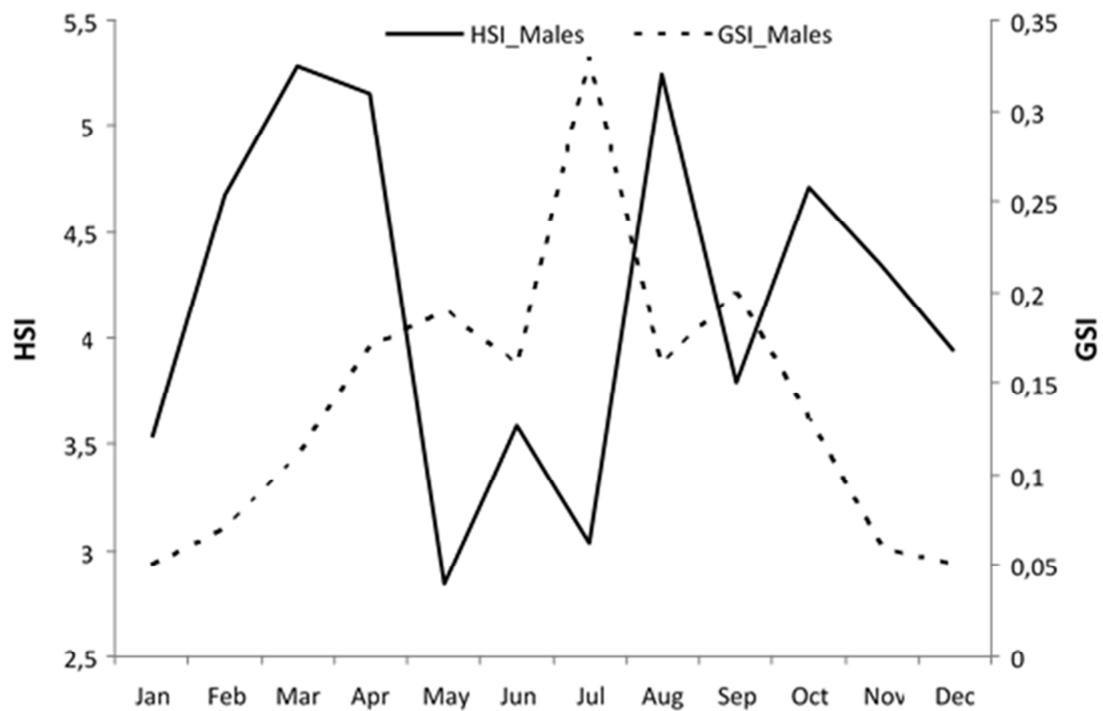


Fig. 5. Gonadosomatic (GSI) and Hepatosomatic indices (HSI) of male of *Macrobrachium macrobrachion* in Bandama River from January to December 2009

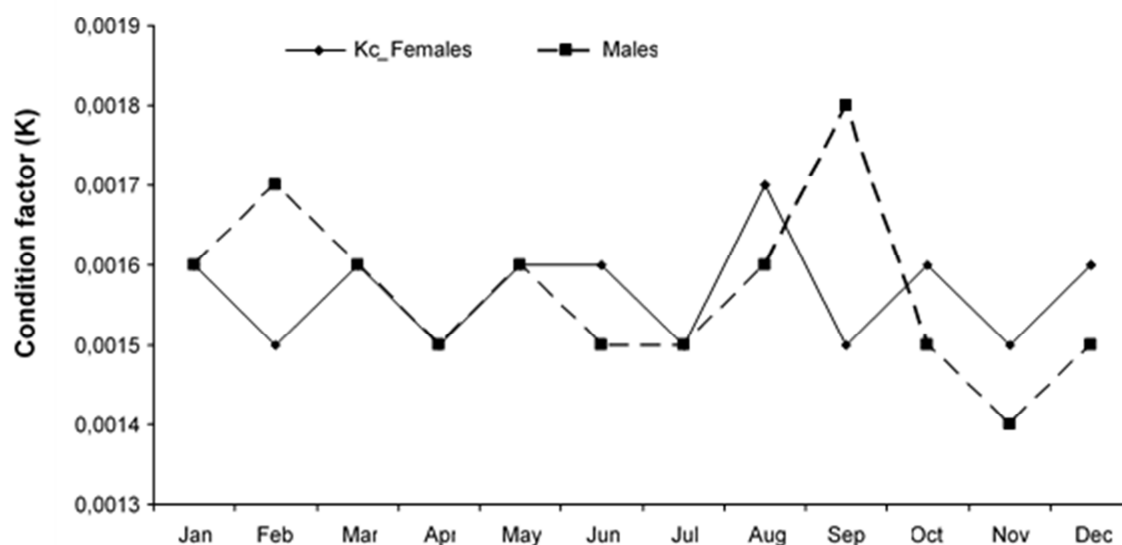


Fig. 6. Condition factor (K) of female and male of *Macrobrachium macrobrachion* in Bandama River from January to December 2009

3.6 FECUNDITY ESTIMATION

The absolute fecundity ranged from 574 to 36933 eggs with a mean of 19906 ± 6640 eggs, in females total lengths between 8.8 cm to 11.3 cm and body weight from 9.06 g to 23.34 g. The relative fecundity varied from 63 to 1327 eggs/g with a mean of 735 eggs/g.

The relationship between absolute fecundity (F), total length (T_L) and total weight (T_w) was investigated and the adjusted equations are:

$$F_L = 599.6 T_L^{2.738}; R^2 = 0.969.$$

$$F_w = 1213 T_w^{1.513}; R^2 = 0.824.$$

Correlation analysis showed significant relationships between fecundity and body weight on one side, fecundity and body length ($p\text{-value} < 0.05$) on other side. The number of eggs increases with increase in weight and carapace length.

4 DISCUSSION

Sex ratio

The overall ratio was not significantly different from the theoretical 1:1 ratio. Similar sex ratio was observed by [27]. Sex ratio may not always be static, as they vary from season to season and from year to year within the same population [28]. In our study, except in October and December the monthly sex ratio revealed that there is in favor of females. This result is in accordance with [29] and [30], who reported that the females of *Macrobrachium macrobrachion* were more than the males in number. Several non-exclusive hypotheses may explain this pattern: (1) predation and environmental differences, which can act differently on sexes [31, 1996], (2) reproductive strategies, involving the migration of one of the sexes, looking for better conditions to hatch [32], and (3) copulatory process, during the breeding season, males are concentrated around females.

Size at first maturity

Sizes at first maturity observed are 10.26 cm (TL) for females and 11.42 cm (TL) for males. All females and males are mature at about 11.10 cm and 12.40 cm (TL) respectively. Data from this study are very different from those found by [14] in the Bia River (Côte d'Ivoire). For this author, reproduction of *M. macrobrachion* indicate that the size of the smallest mature individual is 4.2 cm standard length (SL). The value of L_{50} is 6.1 cm SL, while L_{100} is 8 cm. In the Warri River, Nigeria, [23]

reported L_{50} equal to 9 cm for male and 10 cm for female in *M. vollenhovenii*. These differences with our results would firstly related to the extent of water bodies surveyed and secondly to the density of the organisms [33].

Cycle of gonadal maturation and breeding

The dominance of mature individuals caught from May to October and highest GSI values observed suggest that reproductive period extends in these months. This period correspond to flooding which depends on opening and closing of the hydroelectric dam of Taabo and rainfall (April-July). Our results were similar with those obtained in Côte d'Ivoire by [14] in the Bia River and [16], [32] in Ebrié lagoon. Reproduction of *M. macrobrachion* specie is not continuous throughout the year. During the breeding season, the phenomenon of successive spawning was observed. This is confirmed by the presence of females in Stage 5 and ovigerous females from May to October. Contrary to our observations, [34] and [35] reported a continuous reproduction throughout the year in the specie *Macrobrachium amazonicum*.

There is an absence of significant variability in the mean monthly K. However peaks emerge in August. This peak corresponds to favorable moment for reproduction. Variation of HSI showed an inverse relationship with GSI. HSI and K have a similar evolution, however, is contrary to that of GSI. While the GSI increase, HSI and K decrease. During sexual rest November to March where GSI values are low, those of HSI are high. Shrimp would therefore lean individuals. These results indicate an investment of the hepatopancreas energy reserves in the ovarian development by the females. April and May are in the late dry season and early rainy seasons. Gonads maturation is initiated while the food is relatively rare in the study area. Consequently, reproduction is related and requires mobilization of organic reserves from storage sites to the epidermis and gonad, a process coordinated by hormones [36]. This explains the lower HSI. These results are consistent with those of [37] observed in *Macrobrachium malcomsonii*, *M. rosenbergii* and *M. lammarei*. These authors demonstrated that the amounts of protein in the reserve hepatopancreas gradually regressed based on stages of oocytes maturation.

During the months of June and July, GSI and HSI evolve simultaneously. June to July is mid - rainy season characterized by an abundance of food in study area. This leads to a simultaneous growth of GSI and HSI. Indeed, the fact that the GSI, the HSI and the K factor have increased during the ripening period is explained by the non-use of hepatopancreas' reserves as an energy source for vitellogenesis. If reserves are mobilized from these organs, they seem to be compensated by those obtained through diet, as reported in *Sciaena umbra* in Tunisia by [38].

Fecundity

Absolute fecundity of *M. macrobrachion* in the present study ranged from 574 to 36,933 eggs, with a mean of 19,906 eggs. Reference [39] reported 180 to 5,800 eggs for an average of 1,403 eggs; [40] reported 63 to 14,531 with a mean of 4,420.58 eggs in this species. The results reported in this work are higher than the values reported by those authors. However, *M. macrobrachion* captured in Bandama River presents a smaller fecundity compared to those found in Lagos and Lekki Lagoons. Indeed, [30] reported 17,625 - 20,240 eggs per female from interconnecting fresh/Brackish water. The absolute fecundity values obtained for *M. macrobrachion* were highly variable. The reasons adduced for the differences in fecundity could be attributed to differences in egg size [41], sampling techniques and total length [39]. Moreover, the variations found for fecundity may also be due to differences in physiological conditions, food supply, season and environment parameters [42]. Reference [43] explained that in *Macrobrachium* species, the fecundity is extreme associated with the female age, and that it can increase while the female becomes mature. The increase in the number of eggs according to female's size could be explained by differential use of food energy at different ages in shrimp [44]. Generally, in older individuals who have a low growth rate, much of the energy was used in the production of eggs. Contrary to these, in smaller individuals, energy is preferably used for growth, rather than for egg production. The relative fecundity per unit length is greater than the relative fecundity per unit body mass.

5 CONCLUSION

The present work is a first of its kind on the Bandama River. This is a contribution to population studies of aquatic organisms of economic interest. The indices related to reproduction namely the gonad index, the hepato-somatic ratio, condition factor and the frequency of occurrence of sexual maturity stages were followed monthly. The monthly distribution of maturity stages and the variation of gonad index indicate that studied shrimp admit one breeding season which runs from May to October. It corresponds to the rainy seasons. During the breeding season, females abound in the catch. The hepatosomatic report reveals that the shrimp would lean individuals, which are nutrient reserves in the hepatopancreas for the purposes of reproduction. Furthermore, the condition factor indicates good adaptation of the species.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are grateful to the research group directed by Pr. Kouamélan for the collection of the data on the study area and all the staff of the Hydrobiology Laboratory, University of Felix Houphouët Boigny, Côte d'Ivoire for their valuable help and advice. This study was funded by the partnership between Hydrobiology Laboratory of University of Cocody and the "Swiss Center for Scientific Research" (CSRS), through PASRES (Program of Strategic Support to Scientific Research) in the project intituled "Development of an index of biotic integrity for the conservation of biodiversity in the Bandama river (Côte d'Ivoire)". This study was also supported by the Swiss Government.

REFERENCES

- [1] Valenti, W. C, *Situaçãoatual, perspectivas e novas tecnologias para produção de camarões de água*, In: Anais, do XII Simpósio Brasileiro de Aqüicultura, junho Goiânia, pp. 90-106, 2002.
- [2] C. M. S. Sampaio, R. R. Silva, J. A. Santos and S. P. Sales, "Reproductive cycle of *Macrobrachium amazonicum* females (Crustacea, Palaemonidae)", *Brazilian Journal of Biology*, vol. 67, n° 3, pp. 551-559, 2007.
- [3] M. B. New and S. Singholka, "Production des crevettes d'eaux douces. Manuel d'élevage de *Macrobrachium rosenbergii*", *FAO Document Technique sur les Pêches*, vol. 225, 132 p, 1985.
- [4] M. A. d'Almeida, G. Kouassi-Atta, H. K. Koua, G. Gooré Bi; V. N'douba, A. Fantodji, A. Ehouman, A. S. N'diaye, "Caractères généraux et étude du développement embryonnaire de la crevette *Macrobrachium macrobrachion*, Herklots, 1857 (Decapoda, Palaemonidae) des lagunes de Côte d'Ivoire", *Revue Française d'Histotechnologie*, vol. 26, n°1, pp. 123-140, 2013.
- [5] D. Wowor, V. Muthu, R. Meier, M. Balke, Y. Cai and K. L. Ng. Peter, "Evolution of life history traits in Asian freshwater prawns of the genus *Macrobrachium* (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) based on multilocus molecular phylogenetic analysis", *Molecular Phylogenetics and Evolution*, vol. 52, pp. 340-350, 2009.
- [6] S. De Grave and C. H. J. M. Fransen, "Carideorum Catalogus: The recent species of the Dendrobranchiate, Stenopodidean, Procarididean and Caridean shrimps (Crustacea: Decapoda)", *Zoologische Mededelingen*, vol. 85, pp. 195-588, 2011.
- [7] Monod T., *Décapodes*, In: J. R. Durant and C. Lévêque (Eds.), *Faune et Flore aquatique de l'Afrique sahélo-soudanienne*, pp. 368-389, 1966.
- [8] L. B. Holthuis, "Species catalogue: vol. 1: shrimp and prawns of the world. An annotated catalogue of species of interest to fisheries", *FAO Fish. Synopsis*, vol. 125, n°1, 271 p, 1980.
- [9] G. Gooré Bi, J. N. Kouassi and D. F. E. Thys Van den Audenaerde, "Critères pratiques d'identification et peuplement des crevettes (*Caridea*) de la rivière Bia (Côte d'Ivoire)" *Bulletin de l'IFAN, série A*, vol. 2, pp. 163-186, 2007.
- [10] I. B. Umoh and O. Bassir, "Lesser known sources of protein in some Nigerian peasant diets", *Food Chemistry*, vol. 2, pp. 315-329, 1977.
- [11] S. N. Deekae and T. I. E. Idoniboye-Obu, "Some aspects of commercially important molluscs and crabs of the Niger Delta, Nigeria", *Environmental Ecology*, vol. 13, n°1, pp. 136-142, 1995.
- [12] I. E. Marioghae, "Studies of fishing methods, gear and marketing of *Macrobrachium* in the Lagos area", *Nigerian institute of Oceanography and Marine Research Technical Paper*, vol. 53, 20 p, 1990.
- [13] O. I. Okogwu, J. C. Ajuogu and Chr. D. Nwani, "Artisanal fishery of the exploited population of *Macrobrachium vollenhovenii* Herklot 1857 (Crustacea; Palaemonidae) in the Asu River, Southeast Nigeria", *Acta Zoologica Lituanica*, vol. 20 n° 2, pp. 98-106, 2010.
- [14] G. Gooré Bi, G. Gourène, V. N'douba and N. J. Kouassi, "Stratégie de reproduction de deux espèces de crevette d'eau douce *Macrobrachium vollenhovenii* (Herklots, 1857) et *Macrobrachium macrobrachion* (Herklots, 1851) de la rivière Bia. *Revue Internationale, Science de la Vie et de la Terre*, vol. 4, pp. 116-127, 2004.
- [15] K. G N'Zi, G Gooré Bi, E. P. Kouamelan, T Koné, V N'douba and F Ollevier, "Influence des facteurs environnementaux sur la répartition spatiale des crevettes dans un petit bassin ouest Africain - rivière Boubo - Côte d'Ivoire", *Tropicultura*, vol. 26, n° 1, pp. 17-23, 2008.
- [16] J. P. Ville, "Biologie de la reproduction des *Macrobrachium* de Côte d'Ivoire: Description des premiers stades larvaires de *Macrobrachium vollenhovenii* (Herklots, 1851) Décapode, Palaemonidae, en Côte d'Ivoire", *Annales Université Abidjan, serie E, Ecologie*, vol. 1, n°3, pp. 325-341, 1971.
- [17] L. Etim, and Y. Sankare, "Growth and mortality, recruitment and yield of the freshwater shrimps *Macrobrachium vollenhovenii* Herklot, 1857 (Crustacea, Palaemonidae) in Fahé Reservoir, Cote d'Ivoire, West Africa", *Fisheries Research*, vol. 38, pp. 211-223, 1998.
- [18] C. Lévêque, C. Déjoux and A. Iltis, "Limnologie du fleuve Bandama, Côte d'Ivoire", *Hydrobiologia*, vol. 100, pp. 113-141, 1983.
- [19] S.R Singh. And D. Roy, "Reproductive cycle of the freshwater prawn *Macrobrachium birmanicum choprai* (Tiwari)", *Asian fisheries science*, vol. 7, pp. 77-89, 1994.

- [20] N. Giovannetti, "Caracterização do ciclo da vitelogenese do camarão de água doce *Macrobrachium olfersi* (Wiegmann, 1836) (Crustacea decapoda palaemonidae)", *Biologia Celular e molecular*, 82p, 2010.
- [21] J. H Zar, *Biostatistical Analysis*, 3rd Ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 1996.
- [22] L. F. C. Dumont, F D'Incao, R. A. Santos, S. Maluche and L.F Rodrogues, "Ovarian development of wild pink prawn (*Farfante penaeus paulensis*) females in northern coast of Santa Catarina State, Brazil", *Nauplius*, vol. 15, n° 2, pp. 65-71, 2007.
- [23] N.F. Olélé, P. Tawari-Fufeyin and J. C. Okonkwo, "Reproductive biology of freshwater prawn *Macrobrachium vollenhovenii* (Herklot, 1857) caught in warri River, Nigeria. Banat's Journal of Biotechnology", vol. 3, n° 6, pp. 88-96, 2012.
- [24] M. King, *Fisheries Biology Assessment and Management Fishing News Books*, Blackwell Science Ltd. London, 1995.
- [25] O. A. Ghorbel, M. N. Bradai and A. Bouain, "Période de reproduction et maturité sexuelle de *Symphodus (Crenilabrus) tinca* (LABRIDAE), des côtes de Sfax (Tunisie)", *Cybum*, vol. 26, n° 2, pp. 89-92, 2002.
- [26] H. P. Fernandez, Q. M. Robaina and A. Valencia, "Combined effect of dietary α -tocopherol and n-3 HUFA on eggs equality of gilthead sea bream brood stock (*Sparus aurata*)", *Aquaculture*, vol. 16, n° 1, pp. 475 – 476, 1998.
- [27] F.O Arimoro and J. A. Meye, "Some aspects of the biology of *Macrobrachium dux* (Lenz, 1910) (Crustacea Decapoda Natantia) in River Orogoro Niger Delta, Nigeria", *Actabiologica Colombiana*, vol. 12, n° 1, pp. 111 – 122, 2007.
- [28] P. Tawari-Fufeyin, S. A. Ekaye, and U. Ogigirigi, "Contribution to the biology of *Chrysichthys nigrodigitatus* (1803) in Ikpoba River, Benin City. Nigeria", *Journal of Agriculture, Forestry and Fisheries*, vol. 6, n° 1, pp. 19-23, 2005.
- [29] S. N. Deekae and J. F. N. Abowei, "Macrobrachium macrobrachion (Herklots, 1851) Class Structure and Sex Ratio in Luubara Creek, Ogoni Land, Niger Delta, Nigeria", *Asian Journal of Agricultural Sciences*, vol. 2, n° 4, pp. 136-142, 2010 a.
- [30] A. O. Lawal-Are and A. T. Owolabi, "Comparative Biology of the Prawns *Macrobrachium macrobrachion* (Herklots) and *Macrobrachium vollenhovenii* (Herklots) From Two Interconnecting Fresh/Brackish Water Lagoons in South-West Nigeria", *Journal of Marine Science: Research & Development*, vol. 2, n°2, pp. 1-8, 2012.
- [31] G. D. Souza and N. F. Fontoura, "Reprodução, longevidade e razão sexual de *Macrobrachium potiuna* (Müller, 1880) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) no arroio Sapucaia, município de Gravataí, Rio Grande do Sul", *Nauplius*, vol. 4, pp. 49-60, 1996.
- [32] J. P. Ville, "Cycle ovarien saisonnier chez *Macrobrachium vollenhovenii* (Herklots, 1851) Décapode, Palaemonidae, en Côte d'Ivoire", *Annales Université Abidjan, serie E, Ecologie*, vol. 5, n° 1, pp. 561-576, 1972.
- [33] M. Legendre and J. M. Écoutin, "Suitability of brackish water tilapia species from the Ivory Coast for lagoon aquaculture", *Aquatic Living Resources*, vol. 2, pp. 71-79, 1989.
- [34] M. E. D. Romero, *Preliminary observations on potential of culture of Macrobrachium amazonicum in Venezuela*, In: M. B. New (Ed.), *Giant prawn farming*: Elsevier Scientific Publishing Company, pp. 411-416, 1982
- [35] O.O Collart, "Strategie de reproduction de *Macrobrachium amazonicum* en Amazonie centrale (Decapoda, Caridea, Palaemonidae)", *Crustaceana*, vol. 61, n° 3, 18 p, 1991.
- [36] A.N. Sastry, *Ecological aspects of reproduction*, In: F.J. Vernberg and W. B. Vernberg, (Eds.), *The Biology of Crustacean, Environmental Adaptations*, New York: Academic Press, vol. 8, pp. 179-270, 1983.
- [37] S. Shanju and P. Geraldine, "Quantitative protein profile of three *Macrobrachium* species during reproductive cycle", *Asian journal of animal and veterinary advances*, vol. 6, n°7, pp. 731-737, 2011.
- [38] N. Chakroun-Marzouk and M.H.Ktari, "Le corb des côtes tunisiennes, *Sciaenidae*": cycle sexuel, âge et croissance, *Cybum*, vol. 27, n°3, pp. 211-225, 2003.
- [39] S. N. Deekae and J.F.N. Abowei, "The Fecundity of *Macrobrachium macrobrachion* (Herklots, 1851) from Luubara Creek Ogoni Land, Niger Delta, Nigeria", *International Journal of Animal and Veterinary Advances*, vol. 2, n° 4, pp. 148-154, 2010b.
- [40] G. Eni, B. Andem, J. Idung and G. Ubong, "The Fecundity of Brackish River Prawn (*Macrobrachium macrobrachion*, Herklots, 1851) from Great Kwa River, Obufa Esuk Beach, Calabar, Cross River State, Nigeria", *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, vol. 3, n°11, pp. 75-83, 2013.
- [41] T. D. Beacham, and C.B. Murray, "Fecundity and egg size variation in North American Pacific Salmon (*Oncorhynchus*)", *Journal of Fish Biology*, vol. 42, pp. 485–508, 1993.
- [42] Bagenal T. B., *Aspects of fish fecundity*, In: S. D. GERKING (Ed.), *Ecology of freshwater fish Production*, Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 75–101, 1978.
- [43] C. A. Graziani, K. S. Chung, and M. Donato, "Comportamiento reproductivo y fertilidad de *Macrobrachium carcinus* (Decapoda: Palaemonidae) en Venezuela", *Revista Biología Tropical*, vol. 41, n° 3, pp. 657-665, 1993.
- [44] E. D. Teikwa, and Y.D. Mgaya, "Abundance and Reproductive Biology of the Pennaeid Prawns of Bagamoyo Coastal Waters, Tanzania", *Western Indian Ocean Journal of Marine Science*, vol. 2, n° 2, pp. 117–126, 2003.

Evaluation de la contamination des tubercules de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) par les pesticides dans la zone cotonnière de Djidja (Bénin)

[Evaluation of contamination of cassava tubers (*Manihot esculenta* Crantz) by pesticides in cotton area of Djidja (Benin)]

H. Firmin Aïkpo¹⁻³, Lucien AGBANDJI¹, B. Christophe CHABI², Luc KOUMOLOU¹, S. Christophe HOUSSOU³, and A. Patrick EDORH¹

¹Laboratoire de Recherche en Biochimie et Toxicologie de l'Environnement (LaRBITE), Département de Biochimie et de Biologie Cellulaire, Faculté des Sciences et Techniques (FAST), Université d'Abomey-Calavi (UAC), 01 BP 526 Cotonou, Bénin

²Département de Biochimie et Biologie Moléculaire, Faculté de Médecine, Université de Parakou, BP 123 Parakou, Bénin

³Laboratoire Pierre Pagney «Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement » (LACEEDE), Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines (FLASH), Université d'Abomey-Calavi (UAC), BP 922 Cotonou, Bénin

Copyright © 2016 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 Benin, cultures are submitted to animals attacks and harmful plants. Such situations cause defoliation and destruction of the plants, thus causing huge losses to farmers. To reach the end of such situations, herbicides, insecticides and fertilizers are now being used in higher quantities than past. Even if the use of pesticides to fight weeds and parasites has increased the food crops, it also leads to their contamination. The purpose of this work is to evaluate the level of cassava tubers contamination by the use of pesticides in the township of Djidja (Benin). Nine (09) cassava samples were collected in nine (09) cotton fields in three (03) villages (Zakan Kossossa, Fonkpodji, Aklimè) from 15th to 19th March, 2014. The analysis has been done by gas chromatography after extraction and purification. The results show a cassava contamination by glyphosate varying from 0.134 to 0.157 µg/kg, by profenofos varying from 0.115 to 0.128 µg/kg, by acetamiprid varying from 0.095 to 0.151 µg/kg and by cypermethrin varying from 0.133 to 0.153 µg/kg. A regular program must be planned to limit as possible the cassava tubers contamination by pesticides in this township.

KEYWORDS: herbicides, insecticides, fertilizers, contamination, cassava, Djidja.

RESUME: Au Bénin, les cultures sont en proie aux attaques des animaux et végétaux nuisibles et les rendements baissent. Ces prédateurs occasionnent des dégâts allant jusqu'à la destruction complète des plants, engendrant ainsi d'énormes pertes aux producteurs. Pour parvenir à bout de ces prédateurs, l'accent est désormais mis sur l'utilisation en grande quantité d'herbicides, d'insecticides et d'engrais chimiques. Même si l'emploi des pesticides pour lutter contre les insectes et les parasites a permis d'accroître les productions vivrières, il a contribué à leur contamination. L'objectif de cette recherche est d'évaluer la présence de résidus de pesticides dans le manioc associés au cotonnier dans la commune de Djidja (Bénin). Neuf (09) échantillons de tubercules de manioc ont été prélevés dans trois (03) villages. L'analyse de ces échantillons a été faite par chromatographie en phase gazeuse après la phase d'extraction et de purification. Les résultats montrent un niveau de contamination par le glyphosate qui varie entre 0,134 et 0,128 µg/kg, par le profénofos qui varie entre 0,115 et 0,128 µg/kg, par l'acétamipride variant entre 0,095 et 0,151 µg/kg et par la cyperméthrine entre 0,133 et 0,153 µg/kg. Un programme de surveillance régulière doit être établi afin de limiter au mieux la contamination des tubercules de manioc par les pesticides dans cette commune.

MOTS-CLEFS: herbicides, insecticides, engrais, contamination, manioc, Djidja.

1 INTRODUCTION

L'économie béninoise, comme celle de la plupart des pays au sud du Sahara, est basée principalement sur l'agriculture. Ce secteur occupe 70% de la population active et contribue pour 39% à la constitution du produit intérieur brut (PIB), procure 90% des recettes d'exportation du pays et participe à hauteur de 15% aux recettes de l'Etat [1]. Les principales productions vivrières (maïs, manioc, igname, niébé, riz etc.) permettent de couvrir globalement les besoins alimentaires, mais restent encore largement en deçà des potentialités offertes par les conditions écologiques du pays [2]. Bien que n'étant pas structurelle au Bénin, la question de la sécurité alimentaire est préoccupante du fait de l'existence de poches d'insécurité alimentaire grave au niveau de certains groupes à risques. Au niveau national, des ménages font face à une insécurité alimentaire sévère (< 1%) ou modérée (11%), soit au total, 1,1 million de personnes sont en situation d'insécurité alimentaire [3]. Compte tenu de la croissance démographique et surtout celle des zones urbanisées, le maintien du taux d'auto-alimentation actuel exigera un énorme effort d'intensification, notamment pour les céréales et les tubercules. Assurer la sécurité alimentaire du Bénin à partir de la production nationale passe indubitablement par un secteur agricole performant [4]. Les principales espèces de racines et tubercules cultivées au Bénin sont le manioc et l'igname [5]. Le manioc, tout comme les autres plantes à racines occupe une place importante dans l'alimentation des Béninois [6]. Il est cultivé pour l'alimentation humaine, animale et pour l'industrie [7]. C'est aussi la troisième source de calories dans les tropiques, derrière le riz et le maïs [8]. Plusieurs produits obtenus à partir des racines et même des feuilles de manioc sont utilisés à des fins d'autoconsommation et commerciales [9]. Au Bénin, les cultures sont en proie aux attaques des animaux et végétaux nuisibles et les rendements baissent. Ces prédateurs occasionnent des dégâts allant des défoliations à la destruction complète des plants, engendrant ainsi d'énormes pertes aux producteurs. Pour parvenir à bout de ces prédateurs, l'accent est désormais mis sur l'utilisation en grande quantité d'herbicides, d'insecticides et d'engrais chimiques. Même si l'emploi des pesticides pour lutter contre les insectes et les parasites a permis d'accroître les productions vivrières, il a contribué à leur contamination. Dans ce registre, des auteurs ont signalé la contamination des produits agricoles par les pesticides au Bénin. En effet, dans une étude de recensement des pesticides au Bénin des traces d'organochlorés des DDT et dérivés du lindane, de la dieldrine, du chlordane et de l'heptachlore ont été rapportées dans 17 échantillons de produits végétaux prélevés pour analyse à travers le territoire national [10]. De même, dans une campagne de détermination des résidus laissés par les produits phytopharmaceutiques dans les produits agricoles traités, la présence de DDT, de l'heptachlore et de la dieldrine a été signalée dans 22% des échantillons analysés [11]. L'objectif de cette recherche est d'évaluer la présence des résidus de pesticides dans le manioc dans la commune de Djidja.

2 MATERIEL ET METHODE

2.1 CADRE DE RECHERCHE

Le cadre géographique de cette recherche a été la commune de Djidja, la plus vaste des neuf (09) communes du département du Zou. Située entre 7° 10' et 7° 40' de latitude nord, 1° 40' et 2° 10' de longitude ouest, cette commune couvre 41,66% de la superficie totale du département. D'une superficie totale de 2184 km², elle jouit d'un climat de type subéquatorial tendant vers le soudano-guinéen dans les parties septentrionales [12]. Cette commune dispose d'une variété de types de sols (ferrallitiques, ferrugineux tropicaux, vertisols, hydromorphes) et de plaines inondables [13]. La commune est drainée par 145 km de cours d'eau dont le Zou et le Couffo sont les plus importants. La végétation est composée de plusieurs formations (palmeraies, savane arbustive, savane arborée, îlots forestiers, galeries). La commune de Djidja fait partie de la zone cotonnière du Centre du Bénin. Cette zone est dominée par les céréales, les tubercules et les légumineuses. La population s'investit à 80% dans les activités agricoles.

2.2 METHODES

2.2.1 PROTOCOLE DE PRELEVEMENT DES TUBERCULES DE MANIOC

Le protocole de prélèvement des tubercules a suivi celui préconisé par Godar [14]. Il a été choisi de rechercher des productions locales de tubercules. Le prélèvement a été réalisé de manière à couvrir de façon relativement homogène la parcelle et a concerné les tubercules de manioc arrivés à maturité. Les tubercules ont été arrachés au pied. La partie supérieure a été découpée et les tubercules ont été nettoyés (les racines et la terre absorbée ont été enlevées). Le pédicule est découpé de façon à conserver un pseudo cône correspondant à la portion centrale du tubercule et un poids de 500 g a été retenu. L'échantillon final destiné au laboratoire a été emballé dans du papier aluminium et dans un sac hermétique de 1 kg de congélation puis codé. L'échantillon est mis dans une glacière et les fiches d'identification ont été remplies. L'échantillon est conservé au frais à 4 °C au laboratoire jusqu'à leurs analyses.

2.2.2 RÉACTIFS ET SOLVANTS

Tous les produits chimiques utilisés sont de qualité analytique. Les solvants d'une pureté de qualité de résidus ainsi que l'acétone, le dichlorométhane, l'hexane, le cyclohexane et le sulfate de sodium anhydre ont été obtenus auprès de Merck Co (Darmstadt, Allemagne). L'eau utilisée est de l'eau distillée sans détergent. Une solution standard stock (entre 75 et 550 µg/mL) a été préparée par pesée exacte et la dissolution a été effectuée dans l'acétone et stockée dans un congélateur à - 30 °C sans exposition à la lumière. Les solutions étalons de travail (5 µg/mL) ont été préparées par dilution appropriée de la solution standard stock avec le cyclohexane et conservées dans un réfrigérateur (4 °C).

2.2.3 EXTRACTION

Un échantillon de 200 g de tubercules de manioc a été haché et homogénéisé et 15 g de l'aliquote ont été pesés dans un verre et mélangés avec 50 mL de dichlorométhane dans une centrifugeuse pendant 2 minutes. Une quantité de 50 g de sulfate de sodium anhydre a été ajoutée au mélange et remise dans une centrifugeuse pendant 1 minute. Le mélange a été laissé reposer pendant 2 minutes, puis filtré à travers un entonnoir Büchner de 9 cm et filtré à nouveau à travers un filtre en papier (Wattman) et du sulfate de sodium anhydre. Les solvants ont été évaporés à sec dans un évaporateur rotatif (35- 40 °C). Le résidu séché a été repris et on y a ajouté 5 mL de cyclohexane. Dans une fiole jaugée de 2 mL contenant 50 µL de solution étalon interne de 20 mg/L, on a ajouté 1 mL de cette solution pour atteindre la finale de 2 mL en volume de cyclohexane.

2.2.4 ANALYSE DES PESTICIDES

La détermination des pesticides a été réalisée par chromatographie en phase gazeuse. Un spectromètre de masse à haute résolution DSQII Thermo a été utilisé. Le chromatographe utilisé pour l'analyse est un chromatographe en phase gazeuse Thermo Scientific équipé d'un injecteur split/splitless et une température contrôlée Interface GC-MS. Un passeur d'échantillon AS 3000 a été utilisé. Une quantité de 10 µL d'aliquotes a été injectée dans le chromatographe en phase gazeuse (CPG) d'exploitation à l'aide d'une seringue avec un débit d'injection de 20 µL. La température initiale d'injection au niveau de l'injecteur a été maintenue à 70 °C pendant 5 minutes, puis augmentée et maintenue pendant 10 minutes à 310 °C, puis à 100 °C /minute. La température de la colonne au niveau du four a été maintenue à 70 °C pendant 4 minutes, puis augmentée jusqu'à 150 °C et à 50 °C/ minute, ensuite à 235 °C et à 3 °C/minute, et enfin maintenue pendant 3 minutes à 300 °C et à 50° C /minute. On a fait fonctionner le spectromètre de masse et les différentes pompes à vide afin d'atteindre un niveau de "Vacuum" stable pour l'injection. Les températures, ligne de transfert et le débit du gaz (Hélium) ont été réglés. L'analyse a été effectuée avec un retard de filament multiplicateur de 5 minutes pour éviter le choc au niveau du filament d'ionisation. Les différentes valeurs présentées pour chaque site correspondent aux valeurs moyennes calculées à partir des données enregistrées dans les deux essais de détermination des pesticides. Toutes les données ont été soumises à l'analyse de la variance (ANOVA) et les moyennes des concentrations en pesticides décelées ont été séparées par le test de Student p (T > t) = 0,05.

3 RESULTATS

Les analyses ont montré la présence des molécules de pesticides recherchées dans les tubercules de manioc prélevés dans la commune (Figures 1, 2 et 3).

La Figure 1 indique que les concentrations moyennes en glyphosate dans les échantillons de tubercules de manioc prélevés à Zakan Kossossa sont de 0,157 µg/kg (échantillon 1), de 0,156 µg/kg (échantillon 2) et de 0,146 µg/kg (échantillon 3) et celles du profénofos sont de 0,123 µg/kg (échantillon 1), de 0,125 µg/kg (échantillon 2) et de 0,117 µg/kg (échantillon 3). Les teneurs moyennes en acétamipride sont respectivement de 0,132 µg/kg (échantillon 1), de 0,095 µg/kg (échantillon 2) et de 0,137 µg/kg (échantillon 3). La cyperméthrine a été décelée à des concentrations moyennes qui sont de 0,149 µg/kg (échantillon 1), de 0,138 µg/kg (échantillon 2) et de 0,143 µg/kg (échantillon 3).

Dans les échantillons prélevés à Fonkpodji (Figure 2), le glyphosate a été détecté à des concentrations moyennes qui sont de 0,149 µg/kg (échantillon 1), de 0,151 µg/kg (échantillon 2) et de 0,134 µg/kg (échantillon 3). Les teneurs moyennes en profénofos retrouvées sont de 0,121 µg/kg (échantillon 1), de 0,128 µg/kg (échantillon 2) et de 0,123 µg/kg (échantillon 3). Celles de l'acétamipride sont de 0,097 µg/kg (échantillon 1), de 0,139 µg/kg (échantillon 2) et de 0,151 µg/kg (échantillon 3). Les concentrations moyennes en cyperméthrine sont de 0,151 µg/kg (échantillon 1), de 0,153 µg/kg (échantillon 2) et de 0,139 µg/kg (échantillon 3).

Les échantillons prélevés à Aklmè (Figure 3) ont révélé des concentrations moyennes en glyphosate qui sont de 0,142 µg/kg (échantillon 1), de 0,153 µg/kg (échantillon 2) et de 0,151 µg/kg (échantillon 3) et en profénofos qui sont de 0,119 µg/kg (échantillon 1), de 0,126 µg/kg (échantillon 2) et de 0,115 (échantillon 3). Les teneurs moyennes en acétamipride décelées sont de 0,129 µg/kg (échantillon 1), de 0,127 µg (échantillon 2) et de 0,145 µg/kg (échantillon 3) et celles en cyperméthrine sont de 0,133 µg/kg (échantillon 1), de 0,147 µg/kg (échantillon 2) et de 0,145 µg/kg (échantillon 3).

Ces résultats mettent en évidence que cette série d'échantillons de tubercules de manioc prélevés dans les champs de coton et analysés présentent une contamination par ces matières actives et traduit leur présence relative dans les différents échantillons. L'analyse de variance appliquée aux fréquences absolues des pesticides décelés au niveau des échantillons des trois (03) sites révèle qu'il y a une différence très hautement significative ($p = 0,001$ pour le site de Zakan Kossossa ; $p = 0,000$ pour le site de Fonkpodji et $p = 0,000$ pour le site d'Aklmè).

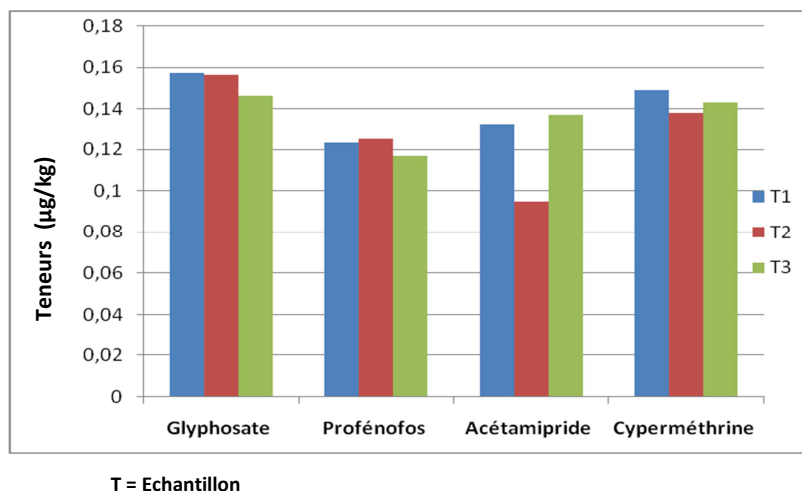


Figure 1 : Teneurs en résidus de pesticides dans les maniocs à Zakan Kossossa

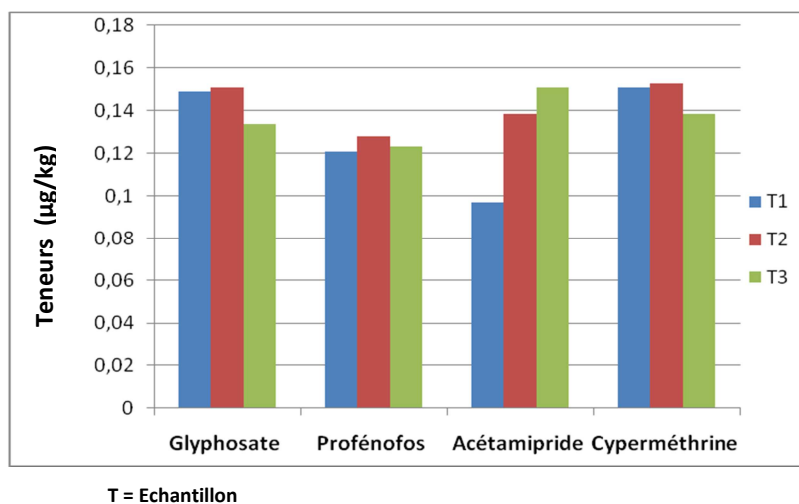


Figure 2 : Teneurs en résidus de pesticides dans les maniocs à Fonkpodji

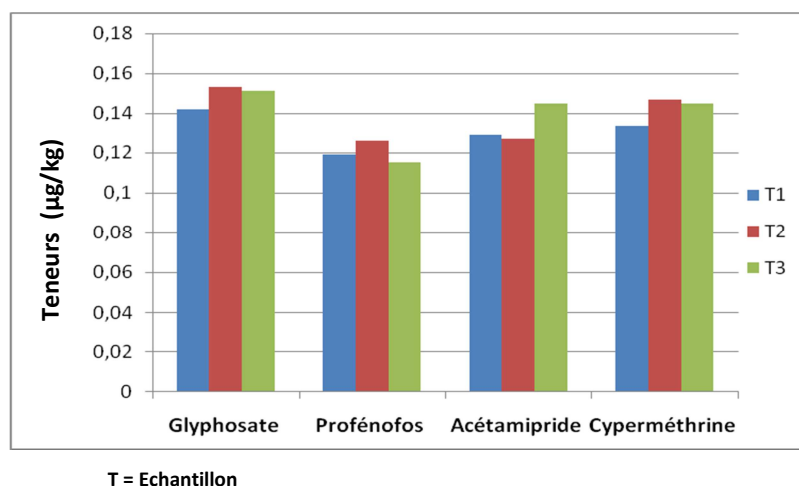


Figure 3 : Teneurs en résidus de pesticides dans les maniocs à Aklimè

4 DISCUSSION

Globalement, peu de problèmes ont été constatés au cours de cette campagne menée sur les tubercules de manioc dans la commune puisque ceux analysés présentent peu de concentration moyennes de pesticides recherchés. Toutes les valeurs décelées dans l'ensemble des échantillons sont inférieures aux limites maximales applicables aux résidus de pesticides présents dans ou sur les denrées alimentaires et les aliments pour animaux d'origine végétale et animale fixés en Europe [15] qui est de 0,01 mg/kg et sont aussi inférieures à celles fixées au Canada (0,01 mg/kg) [16]. Les résultats présentés dans la littérature tendent à montrer que le prélèvement par la plante est conditionné par la disponibilité des résidus (concentration dans le sol et positionnement par rapport aux racines) par la solubilité dans l'eau et les constituants lipidiques racinaires (Kow) et par les paramètres qui définissent l'activité biologique de la plante tels que la capacité d'absorption, la température et l'humidité [17 ; 18]. Certains travaux montrent que les résidus liés peuvent contribuer à l'alimentation en pesticides de la plante [19 ; 20]. La contamination des tubercules se fait essentiellement par diffusion lors du contact avec le sol, la voie systémique restant marginale [21]. Ce transfert sol – plante dépend principalement des propriétés physico – chimiques des pesticides, en particulier sa lipophilie, et de la composition du sol et de ses propriétés physico – chimiques [22]. L'utilisation fréquente et en quantité de ces pesticides et une absorption racinaire importante pourraient expliquer les concentrations retrouvées. Les résultats de ce travail sont conformes à ceux rapportés par certains auteurs [23 ; 24] qui ont montré la contamination des feuilles de niébé par les pesticides organochlorés à Dridji (Dan) et à ceux signalés par d'autres [10 ; 11] qui ont prouvé que les pesticides sont présents dans nombreux produits agricoles sur le territoire national. Il est inquiétant de continuer d'observer une augmentation progressive du nombre de substances actives utilisées.

5 CONCLUSION

Dans l'ensemble, les résultats de l'analyse des pesticides dans les tubercules de manioc prélevés sur les différents sites mettent en évidence la présence relative des molécules recherchées dans les différents échantillons. Les niveaux de concentrations moyennes par matière active détectée dans les tubercules sont beaucoup moins élevés que les limites maximales définies en Europe et au Canada. Le risque encouru par le consommateur de ces tubercules de manioc reste très faible. Mais, il est difficile de prédire les effets cumulés et synergiques des micros quantités de ces pesticides présents dans l'environnement. Des séances de sensibilisation sur les bonnes pratiques agricoles (BPA) doivent être organisées à l'intention des producteurs afin de limiter au mieux la contamination des denrées alimentaires par les pesticides dans cette commune.

REMERCIEMENTS

Nous remercions très sincèrement le laboratoire IRJIB- AFRICA pour son accompagnement technique et aussi les Professeurs Christophe S. HOUSSOU et Patrick A. EDORH pour les suggestions et conseils.

REFERENCES

- [1] MAEP (Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche), Analyse de l'insécurité alimentaire et des inégalités d'accès à l'alimentation au Bénin, Rapport, 27 p, 2010.
- [2] MAEP (Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche), Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole au Bénin. Orientations stratégiques et Plan d'action, 70 p, 2008.
- [3] PAM (Programme Alimentaire Mondial), Analyse Globale de la Vulnérabilité et de la Sécurité Alimentaire (AGVSA), République du Bénin, 144 p, 2014.
- [4] ACED (Action pour l'Environnement et le Développement Durable), Agriculture et Sécurité alimentaire au Bénin, 3 p, 2015.
- [5] FIDA (Fonds International pour le Développement Agricole), Programme de développement de la culture des racines et tubercules, République du Bénin, 154 p, 2010.
- [6] Biauou, G., Monhouanou, J. et Ahanchédé, A. Evaluation interne globale des performances et des résultats du Programme de Développement des plantes à Racines et Tubercules (PDRT). Vol.1, 128 p, 2006.
- [7] Adjanohou, A. et Allagbé, M., Pour une meilleure production du manioc au sud et au centre du Bénin, MAEP/INRAB, Bénin, 11 p, 2011.
- [8] FAO (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture), Pourquoi le manioc ? 2 p, 2008.
- [9] CCI (Centre de Commerce International), Stratégie sectorielle de développement et de promotion des exportations et plan d'action marketing export du secteur manioc, Bénin, 34 p, 2004.
- [10] Kaske, R., Recensement des résidus de pesticides au Bénin : Exploitation et interprétation des résultats. Rapport de mission, CDD, Bénin 24 p, 1992.
- [11] Saïzonou, S., Campagne de détermination de résidus laissés par les produits phytopharmaceutiques dans les végétaux et produits végétaux. Rapport de mission, Cotonou, Bénin, 30 p, 1999.
- [12] Akomagni, L. A., Monographie de la commune de Djidja. Programme D'Appui au Démarrage des Communes, Afrique Conseil, 44 p, 2006.
- [13] SDS (Schéma de Développement Sectoriel), Document de synthèse, Diagnostique, Vision et Planification de projet sur 2004 – 2008 du secteur de l'agriculture, de l'élevage et de l'exploitation des ressources naturelles dans la commune de Djidja, PADeCOM/ Zou, 159 p, 2004.
- [14] Godar, E., Protocole de prélèvement des sols et tubercules, 2 p, 2002.
- [15] Règlement (CE) n°396/2005 du Parlement européen et du Conseil du 23 Février contenant les limites maximales applicables aux résidus de pesticides dans ou sur les denrées alimentaires et les aliments pour animaux d'origine végétale et animale et modifiant la Directive 91/414/ CEE du Conseil. Paru dans le Journal officiel de l'Union Européenne du 16/03/2005, 16 p, 2005.
- [16] Agence de Réglementation de la Lutte Antiparasitaire, Sécurité des produits de consommation, Santé Canada, 10 p, 2013.
- [17] I. Sheunert, and H. Parlar, "Fate of pesticides in plant and in soil fauna", In: Terrestrial behavior of pesticides, Springer-Verlag ED, pp. 77-103, 1992.
- [18] R. Schroll, T. Langenbach, G. Cao, V. Doïfler, P. Schneider and I. Scheunert, "Fate of [¹⁴C] terbutylazine in soil plant systems", *Science of the Total Environment*, vol. 123/124, pp. 377-389, 1992.
- [19] R. Kloskowski, F. Führ and W. Mittelstaedt, "Availability of bound anilazine residues in a degraded loess soil", *J. Environ. Sci. Health*, vol. 6, pp. 487 -505, 1992.
- [20] J. Dec, K. Haider, V. Rangaswamy, A. Schäffer, E. Fernandez, and J. M. Bollag, "Formation of soil-bound residues of cyprodinil and their plant uptake", *J. Agric. Food chem.*, vol. 45, pp. 514-520, 1997.
- [21] Cabidoche, Y., Clermont-Dauphin, C., Lafont, A., Sansulet, J., Cattan, P., Achard, R., Caron, A., et Chabrier, C., Stokage dans les sols à charges variables et dissipation dans les eaux de zoocides organochlorés autrefois appliqués en bananeraies aux Antilles : relation avec les systèmes de culture. Rapport final, programme Pesticides (APR 2002), 99 p, 2006.
- [22] Letondor, L., Etude des mécanismes histologiques et physiologiques du transfert de la chlordécone (insecticide organochloré) dans les végétaux, Thèse de Doctorat, Université de Toulouse, France, 158 p, 2014.
- [23] OBEPAB (Organisation Béninoise pour la Promotion de l'Agriculture Biologique), Identification des problèmes sanitaires et environnementaux liés aux POPs au Bénin, Rapport, 42 p, 2006.
- [24] E. Pazou, L. C. Glin, D. S. Vodouhè, J. Fanou, A. P. Babadankpodji, S. Dassou, S. Vodouhè, B. Van Hattum, K. Swart and C. A. M. Van Gestel, "Pesticide contamination of the Dridji cotton plantation area in the Republic of Benin", *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, vol. 14, no. 3, pp. 8885-8902, 2014.

Evaluation on growth and meat production performances of four different crosses of chicken in Bangladesh

Md. Obayed Al Rahman¹, Md. Shawkat Ali², Mohammed Sirajul Islam³, and Jobaida Shovna Khanam¹

¹Scientific officer, Bangladesh Livestock Research Institute, Savar, Dhaka, Bangladesh

²Professor, Department of Poultry Science, Bangladesh Agricultural University, Mymensingh, Bangladesh

³Senior scientific officer, Bangladesh Livestock Research Institute, Savar, Dhaka, Bangladesh

Copyright © 2016 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 know the growth and meat production performances of chickens produced by four different crosses of Male line white (MLW), Female line white (FLW), Male line colored (MLC), Female line colored (FLC). A total number of 193 day old chicks were hatched out through the four different crosses of MLW (♂) × FLW (♀), MLW (♂) × FLC (♀), MLC (♂) × FLW (♀) and MLC (♂) × FLC (♀). During the experimental period from day old to 42 days of age, *adlibitum* feeds were supplied to birds. One male and one female from each cross were sacrificed to evaluate their meat production characteristics. Commercial Broiler (CB) was used to compare the meat production characteristics of experimental chickens. The body weight at 1, 2, 3, 4, 5 and 6 weeks of age was significantly ($P < 0.001$) different in four crosses of chickens. Significantly ($P < 0.05$) higher body weight was found in MLW × FLW followed by MLW × FLC, MLC × FLW and MLC × FLC. The weight gain was obtained the similar trend as the body weight. The highest weight gain from 0-6 weeks of rearing was found in MLW × FLW. The 0-6 week weight gain for four line crossed chicken were 693.73, 701.21, 1138.56 and 1179.00g respectively. The body weight and weight gain rate was always higher in male rather than in female. The chicks produced by MLW × FLW were higher in dressing yield than that of other crosses of chickens. The results of the present study implied that the MLW × FLW might be appropriate in our environmental condition for producing white feathered broiler, while the MLC × FLC as colored broiler.

KEYWORDS: Body weight, body weight gain, chicken, meat production traits.

1 INTRODUCTION

Commercial broiler production plays a pro-vital role to meet up the growing demand of high quality animal protein in the human diet in Bangladesh. It is one of the outmost important rapid growing industries for reducing the huge deficiency of animal protein as well as poverty level of this country. Broiler production begets the maximum income within the fact of minimum cost. A small land area is required for commercial broiler farming. Small farmers are easily utilized their available land areas by raising small-scale commercial broiler. Therefore, there is a great scope of broiler farming for proper utilizing the available small land area of rural farmers in our country. However, broiler farmers are faced various troubles to make their farming profitable and sustainable. Farmers are purchased the most inputs like parent chick, feed, vaccine and medicine that are imported from abroad. Bangladesh is spending a lot of foreign currency for buying parent and grandparent stock in each year. 2500 thousand broiler parents and 280 thousand layer parents are imported from abroad by expending the foreign currency of US \$10 million in a year [1]. Now-a-days, the price of parent and grandparent stocks is increased more compared to before. Moreover, imported parents and grandparents from foreign countries are not fully adapted to our environmental condition. These might act as a carrier of some exotic diseases that affects the growing poultry industry in the country [2]. That is why, government is searching alternative ways that would be ensured to make more revenue or save some foreign currency for the sustainable development of the poultry industry in this country. For doing this, Bangladesh can

rear its own broiler grandparents and parents to produce quality day old broiler chicks with reasonable price. However, any kind of good initiatives weren't taken to develop broiler parents from our locally available chicken Germplasms. In a study, [3] stated that the synthetic meat type bird grow almost similar to commercial broilers. But growth rate of Desi (indigenous) chicken is poor and takes long time to attain market weight. Meat of Desi chicken was the best in respect of flavor and taste while synthetic broiler was the best for tenderness and juiciness with best growth and feed conversion ratio reported by [4]. The dressing yield was the best for Desi crossbred i.e. 74.8%. Consumers of our country mostly prefer local chicken despite of higher prices due to its tenderness and special taste.

Now a day, some people pay more to buy colored chicken compared with the rapid growing white feathered broiler because of their watery and soft meat. So, developing colored chicken with somehow tough meat will be more acceptable than that of commercial broilers. The department of poultry science under the faculty of Animal Husbandry, Bangladesh Agricultural University (BAU), Mymensingh has taken an initiative to develop a suitable meat type chicken through poultry breeding program for our country. Development of broiler sire and dam lines from synthetic and available genetic resources would be our own broiler parent stock with better adaptability. At the same time it might protect our poultry industry from endemic disease like avian influenza and other emerging diseases. Hence, this study was undertaken with a view to evaluate growth performance and meat production traits of four different crossbred chickens developed by BAU in Bangladesh.

2 MATERIALS AND METHOD

2.1 STUDY AREA

A study was conducted at the Bangladesh Agricultural University Poultry Farm, Mymensingh, for a period of six weeks from July 20 to September 7, 2012. The following experimental lay out was followed during the study period.

Experimental layout

Cross	Age of the birds	Total no. of chicken
MLW × FLC	Day old	55
MLW × FLW	Day old	54
MLC × FLW	Day old	56
MLC × FLC	Day old	28

2.2 RESEARCH FARM MANAGEMENT

Chicks of four different crosses were wing banded, weighed and randomly distributed in various pens in according to genotypes. Brooding of chicks was done with electric brooder up to 3 weeks of age. Broiler starter and grower feed of Nourish Poultry Feed Limited were given *adlibitum* basis to birds from day old to 21 days, 22 days to 42 days of age, respectively. Improved broiler farm management, housing facilities, rearing techniques and farm bio-security were ensured for the better production performance.

2.3 LIGHTING

All chickens were exposed to a continuous lighting. The photoperiod of chicken was 23.5 hours and dark period was 30 minutes. The dark period was provided to the chicken for making them familiar with the darkness during possible electricity failure.

2.4 VACCINATION

The experimental chickens were vaccinated against Ranikhet Disease and Gumboro Disease as per following schedule.

Table 1 Vaccination schedule followed during the experimental period

Age (day)	Name of vaccine	Route and dose of administration
4	BCRDV	1 drop in one eye
12	Gumboro Vaccine (D-78)	1 drop in one eye
18	Gumboro Vaccine (228E)	1 drop in one eye
23	BCRDV (Booster dose)	1 drop in one eye

2.5 SANITATION

Proper hygienic and sanitary measures were taken during the experiment. Feeder and waterer were washed and cleaned daily in the morning before being used. Before entering the experimental room, hands were washed with tap water. Separate shoes were used for entering into the house and feet were dipped in the water bath containing disinfectant solution.

2.6 RECORD KEEPING

The following parameters were recorded throughout the experimental period in accordance to replication separately.

2.7 BODY WEIGHT

Day old chicks were wing banded and the weekly body weights were recorded individually from day old to 6 weeks of age. The birds were weighed in the morning before supply of feed.

2.8 BODY WEIGHT GAIN

Weekly body weight gain was calculated by using the following formula:

Body weight gain = Final weight – Initial weight

2.9 FEED INTAKE

The amount of feeds supplied every day morning was recorded in a record book. Weekly feed consumption along with the leftover was recorded during the experimental period.

2.10 CALCULATION OF FEED CONVERSION RATIO (FCR)

Feed conversion ratio was calculated by using the following formula:

$$\text{Feed Conversion Ratio} = \frac{\text{Feed intake (gm)}}{\text{Live weight gain (gm)}}$$

2.11 PROCESSING OF CHICKEN

At the end of the 6 weeks, one male and one female of nearly similar body weight from each genotype and one male and one female commercial broiler were fasted first. Feed was withdrawn 12 hours prior to slaughtering to facilitate proper bleeding. The initial weight before feed withdrawal and final weight before slaughtering was recorded. Then they were slaughtered, bled, scalded, de-feathered and eviscerated gradually. After slaughtering complete bleeding was facilitated and then the chicken were immersed in pre-warmed water (51–55°C) for 120 seconds in order to loosen the feather of the carcasses. Then feathers along with the head, shanks, viscera, oil gland and lungs were removed. Heart and liver were removed from the remaining viscera by cutting them with knife. As soon as these were removed, the gall bladder was removed from the liver. The gizzard was removed by cutting it loose in front of the proventriculus and then cutting both incoming and outgoing tracts. Finally, the dressed weight of the carcasses was recorded including giblets and dressing percentage was calculated.

2.12 SHRINKAGE MEASUREMENT

After recording weight before and after fasting the shrinkage percentage was calculated from the following formula:

$$\text{Shrinkage (\%)} = \frac{\text{Initial weight} - \text{Final weight}}{\text{Initial weight}} \times 100$$

2.13 BREAST, THIGH, DRUMSTICK AND WING MEAT MEASUREMENTS

After processing the breast meat of left side of each carcass was cut out and weighed. After that meat of left thigh, drumstick and wing was cut out and weighed individually using digital weighing balance along with the individual bone measurement.

2.14 STATISTICAL ANALYSIS

The collected and computed data were analyzed using Linear Mixed Model implemented in JMP (Statistical Discovery Software, SAS Institute Inc., USA). Significant differences between genotypes were identified by Turkey's HSD Test.

3 RESULTS

3.1 BODY WEIGHT

Body weight of sex combined crossed progenies in different ages from day old to six week are presented in Table 2. The day old weights were significantly different among the crosses. The higher weight was obtained in MLW×FLW (1164.54±17.01g) compared to the different crosses of MLW×FLC (1100.53±17.16g), MLC × FLC (625.58±24.96g) and MLC × FLW (660.98±17.01g).

3.2 BODY WEIGHT GAIN

The weekly weight gains of line crossed male birds are shown in Table 3. The body weight gain of MLW×FLC was 268.88, 195.68 and 349.00g at 4, 5 and 6 weeks of age respectively. The highest weight gain was found in MLW×FLW from 0-6 weeks of ages. The 0-6 week weight gain in different four line crossed chicken were 693.73, 701.21, 1138.56 and 1179.00g respectively. The weekly body weight gain of line crossed female birds is shown in Table 4. The weight gain of MLW × FLW was 230.20, 174.73 and 293.76g at 4, 5 and 6 weeks of age, respectively. The weight gain of MLW × FLW at 6 week was significantly ($p<0.001$) differed with other three crosses. The six week weight gain at 0-3, 3-6 and 0-6 week were highest in MLW×FLW (346.00, 695.81 and 1041g) which was closely similar with MLW×FLC (313.13, 698.70 and 1011.83g) and had significant difference in other two crosses. The weight gain of MLC × FLC and MLC × FLW was same up to 6 weeks of age and MLW × FLC and MLW × FLW grew in same manner up to 6 weeks of age. The body weight gain of sex combined line crossed chicken is shown in Table 5. The weight gain of MLW × FLC was 247, 184 and 318g at 4, 5 and 6 weeks of age respectively that varied from other three crosses. But no difference was observed between the MLC×FLC and MLC×FLW. The trend in weight gain was almost similar in all crosses and significantly differed from each other ($p<0.001$) among the four crosses.

3.3 MEAT YIELD

Meat yield and their quality characteristics of MLW × FLW, MLW × FLC, MLC × FLW and MLC × FLC crossbred chicken were compared with the commercial broiler is shown in Table 6. Among five genotypes edible meat was highest in commercial broiler followed by MLW × FLW, MLW × FLC, MLC × FLW, MLC × FLC and the differences were significant ($P<0.01$). Dressed weight was significantly ($P<0.01$) highest in commercial broiler and lowest in MLC × FLC while the other line crosses MLW × FLW, MLW × FLC and MLC × FLW were similar. The breast meat yield follows similar pattern as dressed weight. It is evident (Table 5) that all of the line crosses MLW × FLW (75.48%), MLW × FLC (74.09%), MLC × FLW (74.95%) and MLC × FLC (73.13%) had higher dressing percentages than commercial broiler (69.35%) though the difference was non-significant ($P>0.05$). Three different parameters were measured of thigh. They were thigh meat, thigh bone and thigh weight. All the parameters differed significantly among different strain and cross. All the parameters were highest in MLW × FLW (55.1, 10.6 and 65.7 g respectively) which was closely similar with the birds bought from market to compare. The highest breast meat yield was

obtained from MLW × FLW. Significant difference in breast meat was observed in MLC × FLW. Performance of the birds of commercial stock bought from market was also almost similar with the birds under study.

Table 2 Sex combined body weight (g) of different line crossed chicken up to 6 weeks of age

Genotype	Age (Week)						
	DOC	1 st	2 nd	3 rd	4 th	5 th	6 th
MLC × FLC	30.80± 0.52 ^b	52.88± 1.83 ^d	125.80± 3.91 ^d	218.23± 6.59 ^d	336.84± 11.96 ^d	483.07± 17.47 ^c	625.58± 24.96 ^c
MLC × FLW	37.16± 0.36 ^a	60.89± 1.25 ^c	146.33± 2.66 ^c	243.42± 4.49 ^c	372.14± 8.15 ^c	509.76± 11.90 ^c	660.98± 17.01 ^c
MLW × FLC	31.09± 0.36 ^b	69.00± 1.26 ^b	199.27± 2.68 ^b	349.61± 4.53 ^b	597.40± 8.22 ^b	781.65± 12.01 ^b	1100.53± 17.16 ^b
MLW × FLW	36.98± 0.36 ^a	92.23± 1.25 ^a	225.60± 2.66 ^a	378.96± 4.49 ^a	657.64± 8.15 ^a	868.07± 11.90 ^a	1164.54± 17.01 ^a
LS	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001

Means in a column followed by the same superscript letters are not significantly different at 1% level of profitability by DMRT. DOC: Day Old Chick, FLC: Female Line Color, MLC: Male Line Color, MLW: Male Line White, FLW: Female Line White, SE: Standard Error, LS: Level of Significance

Table 3 Body weight gain (g) of different line crossed male chicken up to 6 weeks of age

Genotype	Body weight gain (g)								
	0 - 1 week	1-2 week	2-3 week	3-4 week	4-5 week	5-6 week	0 - 3 week	3 - 6 week	0 - 6 week
MLC × FLC	22.18± 2.85 ^c	76.81± 4.32 ^c	100.72± 8.10 ^b	134.27± 2.26 ^b	176.27± 12.20 ^c	183.45± 4.76 ^b	199.72± 0.38 ^b	494.00± 7.14 ^b	693.73± .72 ^b
MLC × FLW	25.00± 1.93 ^c	88.62± 2.92 ^b	103.66± 5.48 ^b	146.91± 8.30 ^b	160.33± 8.26 ^b	176.66± .99 ^b	217.29± 7.03 ^b	483.91± 8.37 ^b	701.21± .48 ^b
MLW × FLC	33.64± 1.89 ^b	136.40± 2.86 ^a	154.96± 5.37 ^a	268.88± .13 ^a	195.68± 8.09 ^b	349.00± .79 ^a	325.00± .88 ^a	813.56± 8.00 ^a	1138.56± 1.04 ^a
MLW × FLW	52.48± 1.59 ^a	132.28± 2.42 ^a	154.80± 4.54 ^a	288.45± 6.87 ^a	225.22± 6.84 ^a	325.74± 8.27 ^a	339.57± 5.82 ^a	839.42± 15.21 ^a	1179.00± 7.78 ^a
LS	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001

Means in a column followed by the same superscript letters are not significantly different at 1% level of profitability by DMRT. DOC: Day Old Chick, FLC: Female Line Color, MLC: Male Line Color, MLW: Male Line White, FLW: Female Line White, SE: Standard Error, LS: Level of Significance

Table 4 Body weight gain (g) of different line crossed female chicken up to 6 weeks of age

Genotype	Body weight gain (g)								
	0-1 week	1-2 week	2-3 week	3-4 week	4-5 week	5-6 week	0-3 week	3-6 week	0-6 week
MLC × FLC	22.00± 2.12 ^c	70.06± 4.41 ^d	86.33± 6.13 ^b	107.13± 9.69 ^c	124.20± 10.05 ^b	112.46± 13.32 ^c	178.40± 8.12 ^d	343.80± 24.29 ^b	522.20± 28.41 ^b
MLC × FLW	22.78± 1.45 ^c	83.06± 3.01 ^c	92.15± 4.20 ^b	115.06± 9.63 ^c	120.59± 6.88 ^b	132.12± 9.12 ^c	198.00± 5.56 ^c	367.78± 16.63 ^b	565.78± 19.45 ^b
MLW × FLC	41.46± 1.49 ^b	125.16± 3.11 ^b	146.50± 4.33 ^a	230.20± 6.85 ^b	174.73± 7.10 ^a	293.76± 9.42 ^b	313.13± 5.74 ^b	698.70± 17.18 ^a	1011.83± 20.09 ^a
MLW × FLW	59.85± 1.79 ^a	135.19± 3.72 ^a	150.95± 5.18 ^a	262.38± 8.19 ^a	185.76± 8.49 ^a	247.66± 11.26 ^a	346.00± 6.86 ^a	695.81± 20.53 ^a	1041.81± 24.01 ^a
LS	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001

Means in a column followed by the same superscript letters are not significantly different at 1% level of profitability by DMRT. DOC: Day Old Chick, FLC: Female Line Color, MLC: Male Line Color, MLW: Male Line White, FLW: Female Line White, SE: Standard Error, LS: Level of Significance

Table 5 Sex combined body weight gain (g) of different line crossed chicken up to 6 weeks

Genotypes	Body weight gain (Week)								
	0-1 week	1-2 week	2-3 week	3-4 Week	4-5 week	5-6 week	0-3 week	3-6 week	0-6 week
MLW×FLW	55.25± 1.23 ^a	133.33± 2.14 ^a	153.3± 3.4 ^a	278.67± 5.59 ^a	210.42± 5.80 ^a	296.46±7 .83 ^a	341.98± 4.47 ^a	785.57±1 4.89 ^a	1127.55± 16.97 ^a
MLW×FLC	37.90± 1.24 ^b	130.2± 2.16 ^a	150.3± 3.4 ^a	247.78± 5.64 ^b	184.25± 5.86 ^b	318.87±7 .90 ^b	318.52± 4.51 ^b	750.90±1 5.03 ^a	1069.44± 17.13 ^b
MLC×FLW	23.73± 1.23 ^c	85.44± 2.14 ^b	97.08± 3.41 ^b	128.71± 5.59 ^c	137.62± 5.80 ^c	151.21±7 .83 ^c	206.26± 4.47 ^c	417.55±1 4.89 ^b	623.82± 16.97 ^c
MLC× FLC	22.07± 1.81 ^c	72.92± 3.14 ^c	92.42± 5.00 ^b	118.61± 18.20 ^c	146.23± 8.52 ^c	142.50±1 1.49 ^c	187.42± 6.56 ^d	407.34±2 1.86 ^b	594.77± 24.91 ^c
LS	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001

Means in a column followed by the same superscript letters are not significantly different at 1% level of profitability by DMRT. DOC: Day Old Chick, FLC: Female Line Color, MLC: Male Line Color, MLW: Male Line White, FLW: Female Line White, SE: Standard Error, LS: Level of Significance

Table 6 Meat production traits of different four line crossed chicken

Genotype	Sex	Weight (g)																Dressing %	Shrinkage (%)
		BF	AF	Difference	EM	Giblet	Carcass	BM	TM	TB	Thigh	DM	DB	Drumstick	WM	WB	Wing		
MLC × FLC	M	963	950	13	659.0	60.0	719	89.5	45.2	8.7	53.9	33.1	15.2	48.3	26.1	19.2	45.3	75.6	1.3
MLC × FLC	F	865	850	15	598.5	38.5	637	54.3	39.4	7.6	47	37.1	11.3	48.4	22.5	18	40.5	74.9	1.7
MLC×FLW	M	1055	1019	36	720	69.5	789.5	65	51	8.4	59.4	35.9	14	49.9	26.3	18.1	44.4	77.4	3.4
MLC × FLW	F	873	852	21	568	50.5	618.5	49.2	40.6	6.6	47.2	26.6	9.8	36.4	16.3	15.9	32.2	72.5	2.4
MLW×FLW	M	1216	1200	16	860	66.0	926	90.2	55.1	10.6	65.7	42.1	16.2	58.3	28.2	19.5	47.7	77.1	1.3
MLW×FLW	F	1155	1019	136	757.5	71.0	828.5	86.7	36.4	9.1	45.5	41.2	12.7	53.9	28.4	17.5	45.9	81.3	11.7
MLW×FLC	M	1107	1090	17	757.5	66.8	824.3	73.2	52.4	8.9	61.3	39	15.1	54.1	32.1	15.4	47.5	75.6	1.5
MLW×FLC	F	1091	1080	11	758.5	62.0	820.5	81.4	47.5	8.6	56.1	37.5	11.3	48.8	23.1	17.6	40.7	75.9	1.0
Broiler	M	1200	1113	87	758.7	53.5	812.2	88.2	60.2	8.9	69.1	40.7	14.8	55.5	28.1	15.7	43.8	72.9	7.2
Broiler	F	1150	1011	139	672	51.8	723.8	60.6	55.2	9.2	64.4	33.5	15.6	49.1	26.7	15.4	42.1	71.5	12.0

M: Male, F: Female, BF: Before Fasting, AF: After Fasting, EM: Edible Meat, BM: Breast Meat, TM: Thigh Meat, TB: Thigh Bone, DM: Drumstick Meat, DB: Drumstick Bone, WM: Wing Meat, WB: Wing Bone, FLC: Female Line Color, MLC: Male Line Color, MLW: Male Line White, FLW: Female Line White.

4 DISCUSSION

4.1 BODY WEIGHT

The six week body weight was found higher in MLW×FLW than that of other three crosses. The significant difference was found between the MLW × FLW and MLW × FLC in compared with the MLC × FLC and MLC × FLC line crossed chicken at six week body weight. The finding of the current study strongly supports the findings of Kishore *et al.* (2002) who worked with 498 chicks of a colored synthetic broiler strain to evaluate the inheritance of body weight from day old to 6 weeks of age. Their assumption was the positive significant correlation between the body weights at different ages were influenced by some set of genes and the weights at 6 weeks of age was improved as a correlated response. It also matches with the findings of Haque (2005) who demonstrated that the growth of synthetic broiler in F2 generation is comparable to commercial broilers. The synthetic broiler attained 1459.25 gm body weight at 5 weeks of age which is higher than our findings (1164.54 gm). Pervin (2005) reported initial 1st, 2nd, 3rd, 4th, and 5th week's body weight of synthetic broiler as 48.7g, 134.8g, 391.6g, 697.2g, 1127.0g and 1391.0g respectively which was also slightly higher from the present study. Gueye (2000) reported that the white-feathered broilers are dominating in world poultry meat production owing to their rapid growth and high feed utilization efficiency.

4.2 BODY WEIGHT GAIN

The weight gain were significantly ($p<0.001$) higher between MLW × FLC and MLW × FLW than that of MLC × FLC, MLC × FLW. No significant difference was observed between MLW × FLC and MLW × FLW cross and between MLC × FLC and MLC × FLW cross. It is clear from the present study that the highest body weight was found in white feathered birds of male line rather than colored feathered birds. But white and colored birds provided good result by showing heavier body weight along

with good body weight gain when they were used as female line and crossed with white male line rather than colored male line. The results of sex combined weight gain (g) of different line crossed chicken up to 6 weeks revealed that white feathered male lines with any female line either colored or white feathered female is very much suitable for higher weight gain along with higher body weight. Whereas, the weight gain of colored feather male line with any feather colored male line is not enough to produce a heavier bird up to 6 weeks of age. It is observed from the present study that sex of bird influences the body weight as it was found that the body weight and weight gain rate was always higher in male rather than in female and it was supported by Schmidt *et al.* (2006) who reported that body weight in female lines improved 504, 548 and 587g for strains PP (15), VV (10) and KK (8) respectively and body weight in male lines improved 758 and 408g for TT (10) and ZZ (3) respectively. Siegel (2005) reported that high weight lines gained 26 and 20g per generation for males and female.

4.3 MEAT YIELD

Different parameters like breast, thigh, drumstick, wing and giblet yield were studied for meat yield characteristics of different four crossbred chicken genotypes compared with a commercial broiler bird. All parameters were higher in MLW×FLW crossbred broiler. The result of the present study agrees with the report of Mendes *et al.* (1994) who studied with four broiler strains (Hubbard classic, Synthetic, Arber acres and Cobb) and noted that strain had a significant effect on carcass yield and the percentage of breast meat. All differences between the sexes were significant. Male had higher body weight, eviscerated carcass yield, but the percentage of abdominal fat and breast meat were higher in females. Dressing percentage of the four strains and the commercial broilers were almost similar except the MLW × FLW. This line crossed chicken had the highest carcass yield followed by MLW × FLC, MLC × FLW and MLC × FLC and it was about 81%. The result agreed with Mendes *et al.* (1994), Pandey *et al.* (1985) and Orr *et al.* (1985), who found significant difference among the different broiler strains for carcass yield. Orr *et al.* (1985) made a study on the carcass parts meat yields and bone of eight strains of broiler. There was no significant difference between the sexes but the differences between the strains were significant. These findings are in agreement with the results of the current research. According to Lagin (1989) the percentage of breast muscle is 27.1 and 29.3 for male and female respectively and this report contradicts with our findings that the highest breast meat percentage in our study was 12.44 for male and 10.34 for female. The amount of the considered parameter of MLW×FLC were almost equal with MLW×FLW.

5 CONCLUSION

It may be concluded from the findings of this study that body weight, weekly weight gain and meat production parameters were significantly higher in MLW×FLW rather than other three crosses. The performance of MLW×FLC was almost similar compared with MLC×FLC and MLC×FLW. The performance of colored male line was always significantly lower than the male line white considering all parameters used in the study. Finally, it may be suggested from the result of this study that white male line is most suitable for superior performance than that of any kind of female line either white or colored.

REFERENCES

- [1] S.S.K. Kabir, "Comparative Study on the productivity and profitability of commercial broiler, cockerel of a layer strain and cross-bred (RIR × Fayoumi) Chicks" Bangladesh Journal of Animal Science, 37(2) 2007. 19-22
- [2] M.S. Beato and I. Capua, "Transboundary spread of highly pathogenic avian influenza through poultry commodities and wild birds: a review" Revue Scientifique et Technique-Office International Des Epizoties, 30 (1) 2011. 51-61
- [3] M.F. Haque, "Hatching and growth performance of synthetic population as obtained from commercial broilers" M.S. thesis, Department of Poultry Science, Bangladesh Agricultural University, Mymensingh, 2005
- [4] E.F. Gueye, "The role of family poultry in poverty alleviation, food security and the promotion of gender equality in rural Africa. Outlook on Agriculture, Volume: 29(2) 2000. 129 - 136.
- [5] P.V.I. Kishore, R.G.Narasimna, R.P. Sharma, N.K. Praharaj, G.B. Ramesh and A.Satyanarayana, "Inheritance of body weight in synthetic broiler chickens" Indian Journal of Poultry Science, 37 2002. 175- 178
- [6] G.S. Schmidt, E.A.P. Figueiredo and M.C. Ledur, "Genetic gain for body weight, feed conversion and carcass trait in selected broiler strains" Brazilian Journal of Poultry Science, 8 2006. 29-32.
- [7] P.B. Siegel, J.A. Cherry, W.L. Beane, "Genetic-nutritional relationships in growth and carcass characteristics of broiler chickens" Poultry Science, 57(6) 2005. 1482-1487.
- [8] A.A. Mendes, E.A. Garcia, E. Gonzales and E.S. Politi, "Effect of strain on carcass yield in broiler" Poultry Abstract, 20(2) 1994:103.

- [9] N.K. Pandey, C.M. Mahapatra, R.C. Goyal and S.S. Verma, "Carcass yields, quality and meat composition of broiler chickens as influenced by age, sex and strain" Poultry abstract, 11 1985: 94.
- [10] F.S. Lugin, "Growth performance, carcass traits and meat quality of slower-growing and fast-growing chickens raised with and without outdoor access" Journal of Animal science, 45(6) 1989.456-460.
- [11] H.L. Orr, E.C. Hunt and C.J. Randall, "Yield of carcass parts, meat, skin and bone of eight strains of broilers" Poultry Science, 63 1985. 2197–2200.
- [12] S. Pervin, "Comparative performance of synthetic broiler and commercial broiler" M.S. thesis, Department of Poultry Science, Bangladesh Agricultural University, 2005.

Modélisation hydrodynamique de la nappe alluviale de Rich (Haut Atlas central, Maroc)

[Hydrodynamic modeling of the Rich alluvial aquifer (Central high atlas, Morocco)]

Youssef El KAYSSI¹, Mohamed HILALI², and Ilias KACIMI¹

¹Laboratoire d'Océanologie, Géodynamique et Génie Géologique,
Faculté des Sciences Agdal-Rabat, Maroc

²Laboratoire de Géo-Ingénierie et Environnement,
Faculté des Sciences et Techniques d'Errachidia, Maroc

Copyright © 2016 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 Rich aquifer is considered as the biggest alluvial aquifer of the high Ziz basin. However, it faces major natural and anthropogenic pressures include the aridity of the region and development of irrigated areas resulting in the rupture of the hydrodynamic balance sheet and accusing the sustainability of socio-economic fabric by the destocking groundwater reserves.

The piezometry of this aquifer shows that the water flow is converging towards the center at the confluence of the Ziz and Sidi Hamza rivers and in the southern part with some local changing of the flow direction between the observed piezometric states 1980 and 2012.

The development of a 3D finite difference mathematical model, in steady state for 1980, lets us to understand the spatial distribution of permeability, recharge and the hydrodynamic behavior of the aquifer.

This model that confirms the hydrogeological functioning of Rich aquifer system was used to calculate the terms of the water balance which is very balanced.

KEYWORDS: Rich alluvial aquifer, hydrogeology, hydrodynamic modeling, steady state, water balance.

RÉSUMÉ: La nappe de Rich est considérée comme la plus importante nappe alluviale du haut bassin de Ziz. Néanmoins, elle est confrontée à des pressions naturelles et anthropiques majeures, notons l'aridité de la région et le développement des superficies irriguées entraînant la rupture de l'équilibre hydrodynamique de la nappe et accusant la durabilité du tissu socio-économique par le déstockage des réserves en eau souterraines disponibles.

La piézométrie de cette nappe montre que l'écoulement est convergent vers le centre de la nappe à la confluence des oueds Sidi Hamza et Ziz et vers le sud dans la partie méridionale avec des changements locaux du sens de l'écoulement observé entre les états piézométriques de 1980 et de 2012.

L'élaboration d'un modèle mathématique 3D aux différences finies, en régime permanent pour l'état de 1980, a permis d'appréhender de la distribution spatiale de la perméabilité et de la recharge. Ce modèle qui confirme le fonctionnement hydrogéologique du système aquifère de Rich a permis de calculer les différents termes du bilan hydrique qui s'avère très équilibré.

MOTS-CLEFS: Nappe alluviale de Rich, hydrogéologie, modélisation hydrodynamique, régime permanent, bilan hydrique.

1 INTRODUCTION

Le centre de Rich et ses localités environnantes bénéficient de l'existence d'une nappe nommée nappe de Rich, de bonne qualité et accessible aux usagers à des profondeurs relativement faibles. La productivité des captages d'eau est en général bonne, ce qui explique le développement important de l'agriculture irriguée dans cette zone.

Le secteur agricole constitue la principale source de revenu et fait travailler la majeure partie de la population active, il est dominé par la Petite et Moyenne Hydraulique (PMH) et géré par l'office régional de mise en valeur agricole de Tafilalet. La superficie irriguée actuellement atteint 4400 ha.

Les besoins en eau sans cesse croissants de la culture irriguée conjugués aux sécheresses récurrentes qu'a connues la région, entraînent la rupture de l'équilibre hydrodynamique de la nappe et accusent la durabilité du tissu socio-économique par le déstockage des ressources en eaux souterraines.

Il est donc indispensable de savoir le fonctionnement hydraulique de cette nappe et ses potentialités afin de mettre en œuvre un développement soutenu et durable de l'agriculture.

L'étude du fonctionnement hydraulique de la nappe a été faite en fonction de l'analyse des données collectées et inventoriées (lithologie, piézométrie, jaugeage, géophysique, etc.), à l'aide de la modélisation afin d'appréhender la distribution spatiale de ses caractéristiques hydrodynamiques et de quantifier les différentes composantes du bilan.

1.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La nappe alluviale de Rich est située au nord du Maroc au niveau du Haut bassin de Ziz (fig.1). Elle appartient au flanc sud du Haut atlas central au niveau d'une large dépression longitudinale. Il s'agit d'une nappe d'accompagnement de l'oued Ziz où les alluvions quaternaires représentent le faciès réservoir [1], [3], elles sont établies essentiellement sur les marnes du Toarcien-Aalénien qui constituent le substratum imperméable du système aquifère (fig.2). Ces marnes de teinte vert-jaunâtres à vert-brunâtres intercalées parfois avec des lits fins, plus ou moins nombreux de grès calcaires brunâtres et des lits argileux de teinte verte et rougeâtre [2].

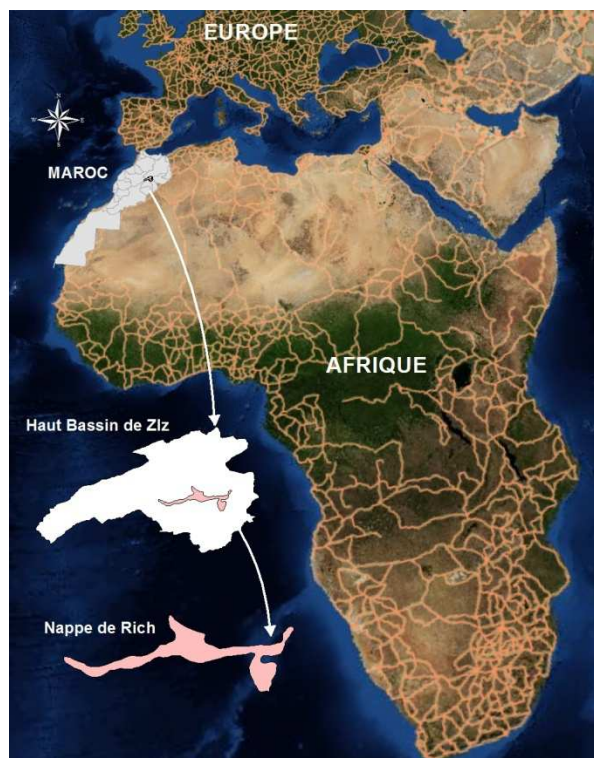


Fig. 1. Situation de la zone d'étude

Le substratum imperméable affleure au centre de la nappe et dans ses limites sud au piémont du Jbel Bou Hamid avec une épaisseur plus ou moins constante pouvant parfois dépasser 300 m.

Les dépôts plio-quaternaires sus-jacents sont représentés par des poudingues, des graviers, des galets, des éléments fluvi-lacustres calcaires et gréseux, parfois marneux, peu perméables, enfin des limons qui constituent généralement le sol [3]. Les formations quaternaires présentent donc une grande hétérogénéité lithologique d'où des perméabilités très variables.

L'analyse des coupes lithologiques des forages mécaniques disponibles montre, un niveau aquifère, constitué par des poudingues, des graviers et des galets en relation avec les alluvions du lit actuel de l'oued Ziz. Les poudingues qui forment généralement le fond de l'aquifère contiennent la réserve principale en eau, alors que les galets et les graviers forment les lieux de cheminement préférentiels et permettent les plus gros débits. En s'éloignant du lit de l'oued, les alluvions sont remplacées par des éléments plus fins, constitués par des dépôts fluvi-lacustres et des calcaires gréseux, parfois marneux, peu perméables.

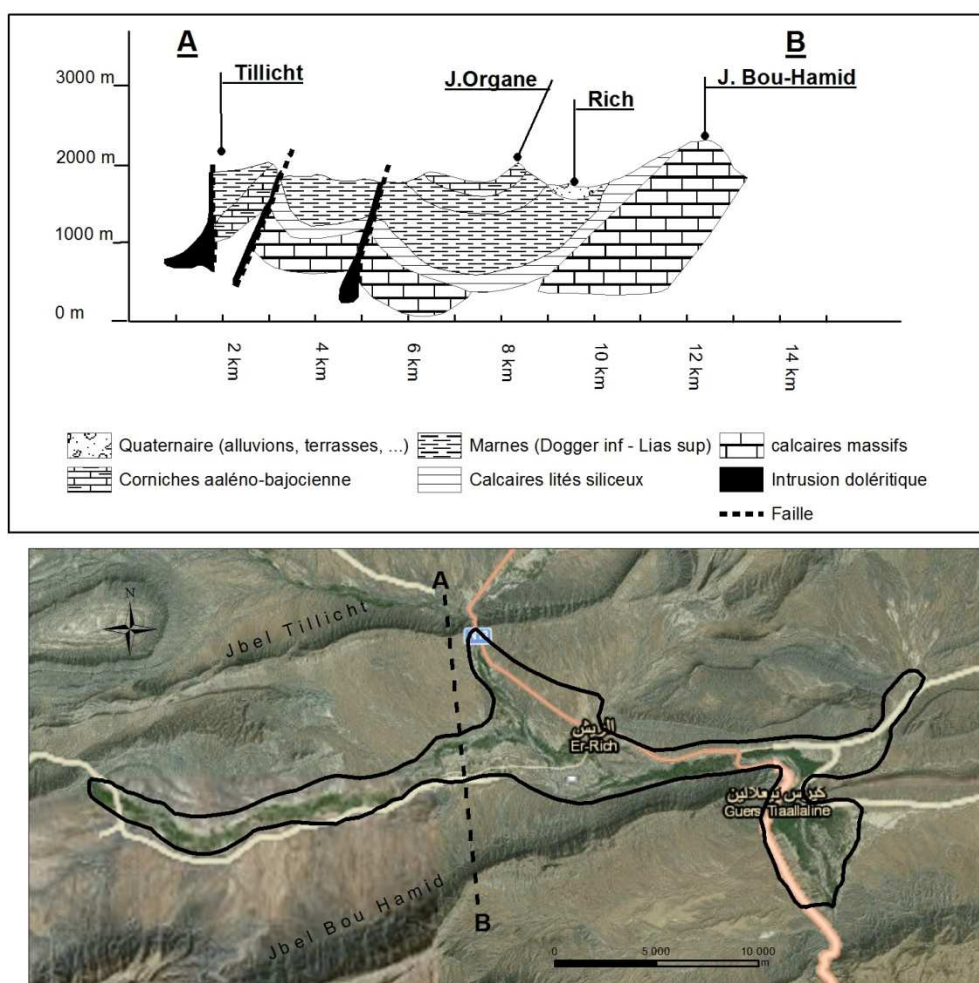


Fig. 2. Coupe structurale schématique (A-B) traversant la zone d'étude selon une direction nord-sud (d'après Du Dresnay (1967, inédit), modifié)

Cette unité hydrogéologique est alimentée essentiellement par les eaux de pluies et les crues de l'oued Ziz et son affluent l'oued Sidi Hamza [1], [3], [4] avec des fluctuations saisonnières peu importantes (fig.3) et un apport moyen annuel d'environ 100 Mm^3 .

Grâce à ces conditions géologiques et hydrogéologiques naturelles, en saison sèche les deux oueds drainent l'ensemble des formations aquifères avec un niveau piézométrique de la basse vallée qui reste stable d'un étiage à l'autre. Contrairement aux zones latérales plus hautes, les fluctuations piézométriques sont liées à celles de la pluie. Une diminution des pluies durant les années 1980 et 2000/2002 a provoqué une baisse moyenne d'environ 8 m du plan d'eau (fig.4). La hausse des pluies enregistrée à partir de 2001/02 s'est manifestée par une augmentation des niveaux piézométriques de la nappe.

L'écoulement général des eaux souterraines se fait de l'Ouest vers l'Est entre M'zizel et Ait Ouissadene, il devient N-S entre Ait Ouissadene et Ait Saleh [1]. Les cotes piézométriques varient de 1220 m à 1460 m (état de 2012).

La température de l'eau est comprise entre 10 °C et 22 °C, avec une moyenne de 18 °C. La conductivité électrique de l'eau oscille entre 223 et 590 $\mu\text{S}/\text{cm}$, avec une moyenne de près de 320 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

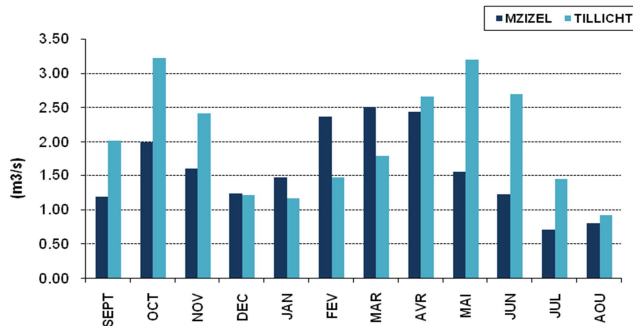


Fig. 3. Fluctuations saisonnières des apports des oueds Ziz et Sidi Hamza (Stations : Tillicht, M'zizel, 1985-2014).

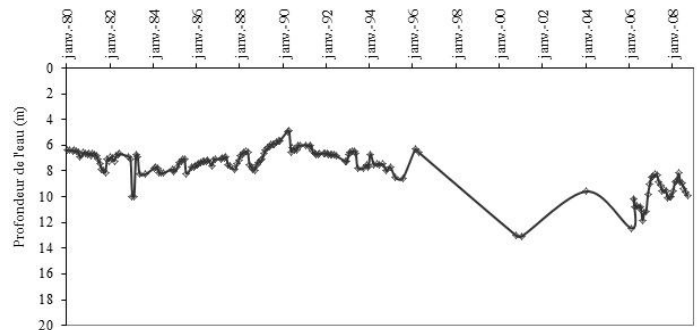


Fig. 4. Historique piézométrique de la nappe (Piézomètre N°IRE 588/39)

2 MATERIEL ET METHODE

L'élaboration du modèle hydrodynamique de la nappe de Rich en régime permanent s'articule sur la délimitation et la discrétisation du domaine à modéliser, une définition des conditions aux limites, l'analyse et la préparation des données physiques (toit, mur, recharge, etc.) et le calage. Ce dernier suppose que le système est stationnaire pour une période donnée. On considère alors que la nappe est en régime d'équilibre stable.

Le calage du modèle est obtenu après un certain nombre de simulations pour aboutir à une bonne concordance entre les niveaux piézométriques mesurés sur le terrain et les potentiels calculés par le modèle, en affectant à l'aquifère des valeurs de perméabilité conformes aux données disponibles [5], [6], [7].

Par ailleurs, la qualité du calage du modèle peut être appréciée en examinant les critères suivants :

- La reconstitution de la piézométrie de référence ;
- La réparation de la perméabilité ;
- L'erreur du bilan issu du calage.

L'établissement de ce modèle est réalisé à l'aide du logiciel GMS (Groundwater Modeling System). Il s'agit d'une interface graphique modulaire pour MODFLOW, code de calcul aux différences finies en trois dimensions développé par « United States Geological Survey » [8].

2.1 DISCRÉTISATION DU DOMAINE D'ÉCOULEMENT DANS LE SYSTÈME AQUIFÈRE DE RICH

La zone à modéliser correspond à la zone d'extension de l'aquifère quaternaire de Rich qui s'étend sur environ 110 km². Elle est entourée par un ensemble de rides anticlinales (Jbel Afra, Assamour, Idight, Jbel Bouhmid, etc.), lesquelles sont traversées par l'oued Ziz et l'oued Sidi Hamza formant respectivement les cluses de M'Zizel et Tillicht.

Le système est discrétisé en tenant compte de la densité et de la variabilité des données disponibles, selon des mailles carrées régulières de 200 mètres de côté, disposées sur 69 lignes et 210 colonnes (fig.5). Verticalement, nous avons considéré un système monocouche et les hauteurs des mailles sont variables et correspondent aux épaisseurs des formations quaternaires (fig.6).

Les mailles situées à l'extérieur des zones d'extension du système ont été inactivées pour restituer précisément la superficie du réservoir aquifère. Les mailles actives, qui correspondent effectivement à l'emprise du système aquifère, sont au nombre de 2429 mailles, tandis que les mailles frontières sont au nombre de 546.

2.2 CONDITIONS AUX LIMITES

Le choix des conditions aux limites constitue une phase importante de la mise en œuvre du modèle. Leur impact sur la qualité des résultats est majeur (in Benfarji, 2007). La synthèse hydrogéologique a permis de déterminer la nature des limites du système aquifère, ses particularités et de les intégrer au sein du modèle. Ces conditions aux limites se répartissent de la façon suivante (fig.5) :

- Au niveau de la cluse de M'zizel qui constitue le premier point de départ de l'aquifère avec une continuité hydraulique en amont du système le long du lit de l'oued Ziz : une condition de flux imposé entrant a été retenue pour l'état de référence de 1980.
- Au niveau de la cluse de Foum Tillicht qui constitue le deuxième point de départ de l'aquifère avec une continuité hydraulique en amont du système le long du lit de l'oued Sidi Hamza : un flux imposé entrant a été retenu pour l'état de référence de 1980.
- En aval de la nappe, la cluse de Foum Zaabel, constitue une zone de décharge de la nappe avec une continuité hydraulique le long du lit de l'oued Ziz : un flux imposé sortant a été retenu pour l'état de référence de 1980.
- Une limite à potentiel imposé le long des oueds Ziz et Sidi Hamza à l'intérieur du domaine à modéliser.
- Une limite à flux nuls dans le reste de la nappe car ils correspondent aux limites naturelles du Quaternaire, sans continuité hydraulique avec les formations géologiques latérales.

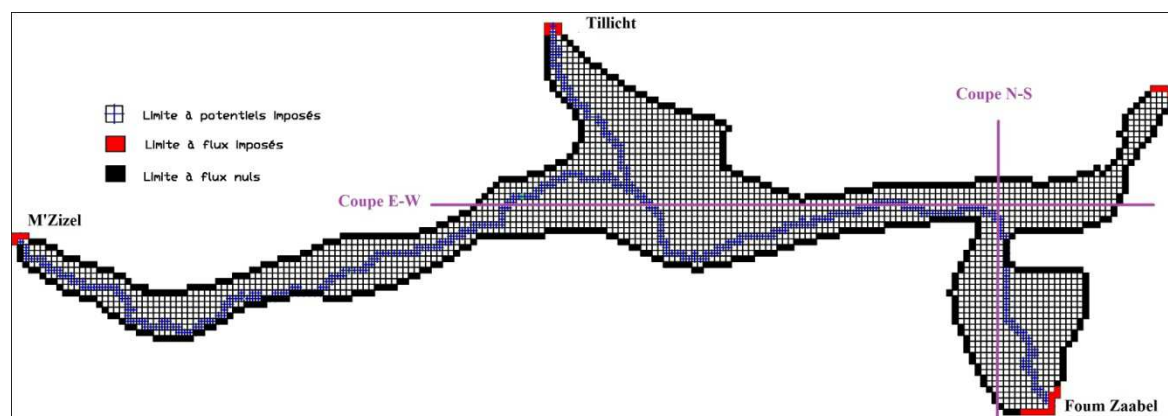


Fig. 5. Discretisation du domaine d'étude avec emplacement de deux coupes N-S et E-W

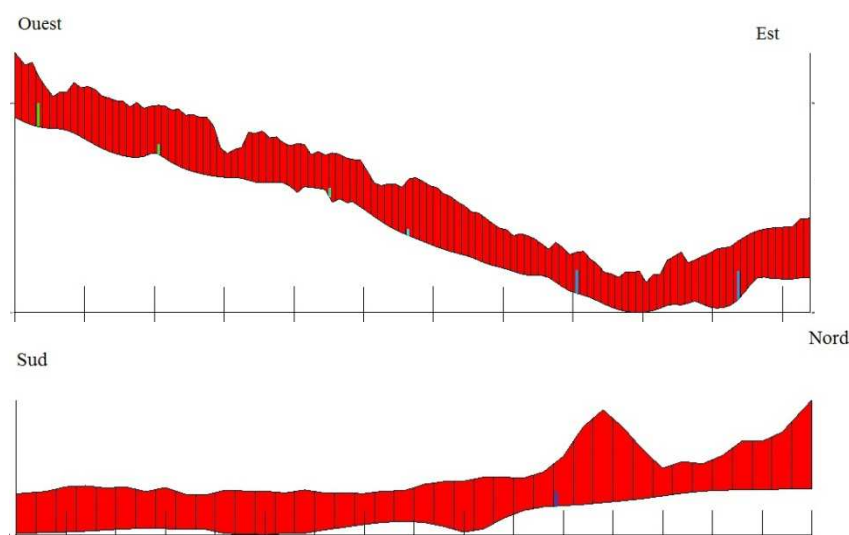


Fig. 6. Coupes N-S et E-W à l'intérieur du domaine discrétisé

2.3 PARAMÈTRES HYDRODYNAMIQUES

Les essais de pompage réalisés dans la zone d'étude concernent seulement les nappes profondes. Pour pallier à ce problème nous avons procédé à se rapprocher aux valeurs ponctuelles de la perméabilité des dépôts quaternaires en affectant à chaque type de faciès sa perméabilité correspondante, en se basant sur la classification de De Marsily (1981). (Tab. 1).

Tableau 1. Conductivités hydrauliques correspondantes aux faciès lithologiques selon De Marsily

Roche	Conductivité correspondante (m/s)
Galets	$10^{-1} - 10^{-2}$
Graviers	$10^{-1} - 10^{-5}$
Calcaires gréseux	$10^{-3} - 10^{-5}$
Calcaires marneux	$>10^{-5}$

Cette approche a permis de générer un zoning initial basé sur quatre champs homogènes de perméabilités, dont les valeurs s'échelonnent entre 10^{-2} m/s et 10^{-7} m/s.

2.4 CHOIX DE L'ÉTAT DE RÉFÉRENCE ET SOLlicitATIONS DE LA NAPPE

La piézométrie de référence choisie pour la simulation du modèle en régime permanent est celle relevée en 1980. Le choix de cet état est justifié par le fait que c'est le plus ancien état disponible et que, à cette époque, la nappe était très peu sollicitée et sous régime naturel d'alimentation à partir des précipitations et du drainage naturel par les oueds Ziz et Sidi Hamza.

2.5 RECHARGE PAR LES PRÉCIPITATIONS

Le potentiel pluviométrique de la zone d'étude est établi sur la base des moyennes interannuelles des séries actualisées des stations pluviométriques proches (stations de M'zizel, Foum Tilicht et Foum Zaâbel). L'application du coefficient d'infiltration directe de la pluie sur la zone d'étude est effectuée en tenant compte de la répartition de la pluie moyenne annuelle sur les différentes zones d'affleurement de l'aquifère. Ces zones d'alimentation représentent une superficie totale de près de 110 Km². Le volume de la pluie infiltrée directement sur la zone d'étude, moyennant un coefficient d'infiltration de 5% (DRHGRZ, 2007) et une pluie moyenne de 185 mm est de 1.11 Mm³.

2.6 RECHARGE PAR INFILTRATION DES EAUX DE CRUES

La recharge par infiltration dans le lit des oueds concerne donc l'infiltration des eaux de crues qui proviennent de l'extérieur du domaine modélisé.

Les débits des oueds Ziz et Sidi Hamza sont contrôlés à l'entrée de la nappe, respectivement, par les stations d'Amouguer M'Zizel et Foum Tilicht. Un coefficient de 4% est appliqué aux apports moyens des cours d'eau à leur entrée à la nappe. Ce coefficient est moins important que celui relatif aux précipitations du fait que les vitesses des eaux de crues sont plus élevées. Cette recharge est répartie tout le long des lits des oueds avec un volume calculé de 4.5 Mm³.

2.7 FLUX ENTRANTS

La synthèse hydrogéologique a montré qu'il existe une continuité hydraulique avec l'extérieur en amont de la nappe au droit des cluses de M'zizel et de Foum Tilicht. Ces deux continuités permettent une communication entre la nappe alluviale de Rich et les zones externes.

Le flux entrant au niveau de la cluse de M'zizel est estimé à près de 0.28 Mm³. Il est obtenu en tenant compte d'un front de nappe de 1600 m, un gradient hydraulique de 0.005 et une transmissivité de l'ordre de 10^{-3} m²/s.

Le flux entrant au niveau de la cluse de Foum Tilicht est estimé à près de 0.26 Mm³. Il est obtenu en tenant compte d'un front de nappe de 1150 m, un gradient hydraulique de 0.007 et une transmissivité de l'ordre de 10^{-3} m²/s.

2.8 FLUX SORTANTS

Les flux sortants sont estimés au droit de la cluse de Foum Zaabel. Ces flux sont estimés à près de 0.47Mm^3 en tenant compte d'un front de nappe de l'ordre de 3000 m, un gradient hydraulique de 0.005 et une transmissivité de $10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

2.9 LES PRÉLÈVEMENTS

Les prélèvements par pompages sont supposés nuls (état avant développement du pompage et du périmètre irrigué).

3 RESULTATS ET DISCUSSION

Le calage du modèle est destiné à reproduire le régime permanent de l'état de référence pris en considération. Il est obtenu après avoir procédé à un certain nombre de simulations pour aboutir à une bonne concordance entre les niveaux piézométriques mesurés sur le terrain et les potentiels calculés par le modèle.

Les opérations du calage sont menées de sorte que :

- Le modèle simule bien la piézométrie de référence, aussi bien dans son allure que dans ses niveaux ;
- Le modèle affiche des perméabilités qui varient dans des fourchettes raisonnables ;
- Le modèle arrive bien à restituer le bilan de la nappe, en particulier dans ses composantes les plus connues (convergence acceptable, peu de mailles dénoyées, entrées et sorties par les limites à potentiel imposé réalistes)

L'état de référence retenu pour caler le modèle en régime permanent est la piézométrie de 1980 correspondant à l'état avant le début des pompages.

3.1 AJUSTEMENT DES PERMÉABILITÉS

Une part importante du calage consiste en l'ajustement des caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère. Il s'agit d'une opération importante qui conditionne l'écoulement souterrain. En effet, une fois le bilan des entrées-sorties est équilibré, une précision des écoulements à l'intérieur du modèle a été procédée, c'est en modifiant localement les perméabilités en se basant sur la piézométrie observée et les débits de drainage.

Le calage a été mené en s'attachant à respecter au mieux les grandes plages de perméabilité identifiées dans l'aquifère, et en essayant d'affecter à l'aquifère des valeurs de perméabilité conformes aux données éparses disponibles.

La carte obtenue, suite au calage du modèle, montre la répartition spatiale de la perméabilité (fig.7). Cette dernière varie entre $1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ et $4 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$. On distingue principalement quatre zones :

Dans la zone ouest, entre M'Zizel et Rich, la perméabilité est faible, inférieure à $5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$.

Au niveau de la zone centrale, la perméabilité s'élève pour atteindre son maximum 10^{-3} m/s au niveau de la zone principale de convergence des eaux (près du centre de Rich).

L'axe Rich-Ait Ouissadene-Ait Salah se caractérise par une bonne perméabilité (supérieure à $5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$), cela est justifié par le gradient hydraulique qui devient faible surtout dans la partie sud.

A l'Ouest d'Ait Ouissadene, la perméabilité devient faible, inférieure à $5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$.

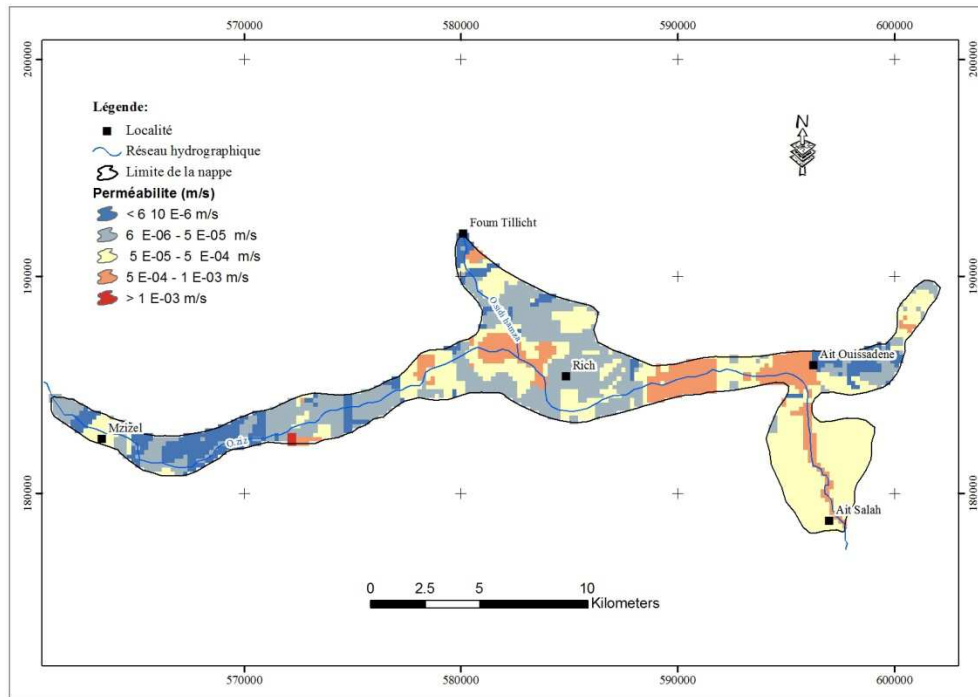


Fig. 7. Carte des perméabilités calculées à l'issu du modèle (m/s)

3.2 CALAGE DE LA PIÉZOMÉTRIE

L'examen du graphe de calibration montre une bonne concordance entre la piézométrie calculée et celle mesurée sur le terrain. L'écart entre les deux piézométries ne dépasse pas 1 mètre pour la majorité des points d'observation (fig 8).

Au terme du calage, une très bonne concordance s'opère entre la piézométrie observée (état de 1980) et celle simulée, cette dernière est représentée dans la figure 9.

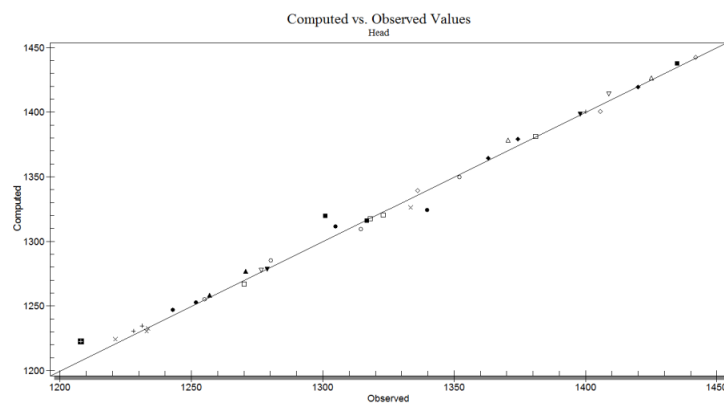


Fig. 8. Corrélation entre les piézométries calculée et mesurée en régime permanent

3.3 BILAN DU MODÈLE

Le calage du modèle en régime permanent a permis la reconstitution du bilan global de la nappe par évaluation de ses différentes composantes (tab. 2).

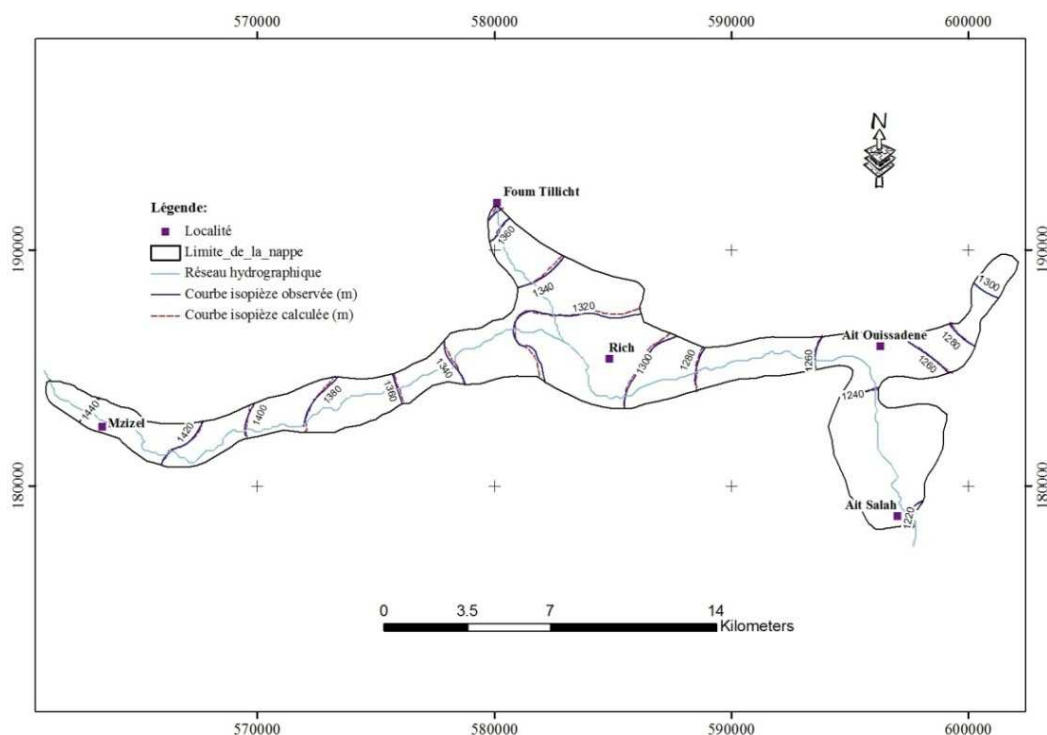


Fig. 9. Comparaison entre la piézométrie calculée et celle observée

Tableau 2. Bilan hydrique calculé en régime permanent

	Terme du bilan	Apport Mm3
Entrées	Recharge par infiltration des eaux de crues	4.5698
	Drainage souterrain	0.0007
	Recharge par les précipitations	2.2729
	Total	6.8433
Sorties	Oueds	6.8847
	Drainage souterrain	0.0002
	Total	6.8848

4 CONCLUSION

L'étude de la modélisation hydrodynamique de la nappe alluviale de Rich a montré, en régime permanent et après calage, une bonne concordance entre la piézométrie observée et celle calculée.

Le résultat du calage du modèle a montré que la nappe alluviale de Rich est caractérisée par une hétérogénéité importante en terme de perméabilité et cela en concordance avec l'hétérogénéité lithologique du réservoir aquifère qui est composé d'un matériel variable allant depuis les alluvions grossiers jusqu'à des dépôts fluvio-lacustres marneux ou gréseux.

Les perméabilités reconstituées par le modèle montrent que les zones les plus perméables de l'aquifère (10^{-3} à 10^{-2} m/s) se situent dans la zone de Rich, ailleurs les perméabilités sont relativement faibles (jusqu'à 10^{-5} m/s).

Le bilan obtenu par le modèle en régime permanent montre que l'essentiel de la recharge de la nappe s'effectue par l'infiltration des eaux de crues avec un taux de 67%. La recharge par les précipitations représente seulement 33% des entrées de la nappe.

Les résultats préliminaires de ce modèle constitueront la base des simulations futures en régime transitoire. Ce dernier permettra d'étudier l'effet des prélèvements par pompage sur la nappe et les prévisions futures sur l'exploitation des ressources en eau souterraines de la région de Rich.

REMERCIEMENTS

Nos sincères remerciements à Monsieur le Directeur de l'Agence du bassin Hydraulique du Guir-Ziz-Rh ris qui a mis à notre disposition tous les moyens nécessaires pour le bon déroulement de l'activité Terrain, et en mettant aussi   notre disposition les données requises par le modèle.

RÉFÉRENCES

- [1] ABH du Guir-Ziz-Rh ris. Etude d'actualisation du plan directeur d'aménagement intégré des ressources en eau des bassins du Guir, Ziz, Rh ris et Maider. Rapport de la mission 1, 2011.
- [2] Ait Addi A, Les séries du Dogger du Haut Atlas au Nord d'Errachidia : sédimentologie et lithostratigraphie d'une nouvelle formation la formation Tazigzaout," Revue de Géologie Méditerranéenne, Tome XXVII, 1-2, pp. 63, 2000.
- [3] Hilali M., Boualoul M., Sahbi H., et Benamara A., 2012 : Haut Atlas de Rich (Maroc) : Impact des changements climatiques et des unités structurales sur la quantification des ressources en eau. 2 me Colloque International sur la Gestion et la Préservation des Ressources en Eau (CIGPRE 2). Meknès, les 10 – 11 et 12 mai 2012.
- [4] Hilali M., 2015 : Hydrogéologie et ressources en eau du Tafilalet et ses régions limitrophes (Sud-Est du Maroc) : Connaissance, prospection, caractérisation, exploitation et gestion des ressources en eau. Rapport de l'habilitation universitaire, Faculté des Sciences de Rabat, Université Mohammed V.
- [5] El Guerouani A, Modélisation mathématique en hydrogéologie, support du cours, Maitrise Es sciences et techniques 2 : spécialité Hydrogéologie, Département des sciences de la terre, FST Fès-Saiss, 2005.
- [6] El Idrysy, H & De Smedt, F, Modeling groundwater flow of the Trifa aquifer, Morocco," Hydrogeology journal, vol. 14, pp. 1265-1276, 2006.
- [7] Ledoux E., Modèles mathématiques en hydrogéologie, Centre d'information géologique, Ecole Nationale Supérieure des mines de Paris, 1986.
- [8] USGS Office of Groundwater, 2015. [Online] Available : <http://water.usgs.gov/ogw/modflow/MODFLOW.html> (July 06, 2015)

L'université Senghor à Alexandrie: une université sans tabac?

[Senghor University in Alexandria: a university without smoking?]

Guillaume OKOUBO¹, Nicaise Aya N'GUESSAN², P. Abel NANEMA³, and Christian MESENGE³

¹UFR Sciences Médicales,
Université Félix Houphouët-Boigny,
08 BP 2746 Abidjan 08, Côte d'Ivoire

²UFR Biosciences, Laboratoire de Zoologie et Biologie Animale,
Université Félix Houphouët-Boigny,
22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

³Département Santé,
Université Senghor d'Alexandrie,
1, Place Ahmed Orabi, El Manheya Alexandria, Egypt

Copyright © 2016 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: OBJECTIVE: This survey aims to identify the determinants of smoking and compare their effects on smoking behavior of students and staff of the Université Senghor of Alexandria. METHOD: Descriptive and analytical cross-sectional study was done on 151 adults (students and staff) of the Université Senghor in 2012. Logistic regression models were used to test the association between smoking behavior and socio-demographic, socio-economic variables and knowledge of smoking. RESULTS: The overall prevalence of smoking in the Université Senghor was 10% with a prevalence of 3% and 32% among students and administrative staff respectively. Factors strongly associated with smoking behavior of the population of the Université Senghor are: age, employment status, level of education and exposure to passive smoking. In the association of the four co-variables "age", "professional status", "level of education" and "exposure to passive smoking," the professional status is the most important determinant in the choice of smoking ($\chi^2 = 24.16$, $df = 3$, $Prob < 0.00001$). CONCLUSION Smoking in Université Senghor is especially practiced by male administrative personnel. Compliance with the smoke free law seems to follow a gradient according to the occupational status. The fight against smoking in Université Senghor should necessarily be directed to the male administrative staff with non-university education.

KEYWORDS: Determinants, Smoking, Students and Staff, Université Senghor of Alexandria, Egypt.

RÉSUMÉ: OBJECTIF: L'objectif de cet article vise à identifier les déterminants du tabagisme, analyser et comparer leurs effets sur le comportement tabagique des étudiants et du personnel de l'Université Senghor d'Alexandrie. METHODES: Etude transversale descriptive et analytique portant sur 151 personnes (étudiants et personnel) de l'Université Senghor d'Alexandrie en 2012. Des modèles de régression logistique ont permis de tester l'association entre le comportement tabagique et les variables sociodémographiques, socioéconomiques et la connaissance du tabagisme. RESULTATS: La prévalence globale du tabagisme au sein de l'USA était de 10% avec une prévalence de 3% chez les étudiants et 32% chez le personnel administratif. Les facteurs fortement associés au comportement tabagique de la population étudiée sont l'âge, le statut socioprofessionnel, le niveau d'étude et l'exposition au tabagisme passif. Dans l'association des quatre co-variables « âge », « statut professionnel », « niveau d'étude » et « exposition au tabagisme passif », c'est le statut professionnel qui est le déterminant majeur dans le choix de fumer ($\chi^2 = 24,16$; $ddl = 3$; $Prob < 0,00001$). CONCLUSION: Le tabagisme au sein de

l'Université Senghor d'Alexandrie est surtout le fait du personnel administratif masculin. Le respect de la loi antitabac semble suivre un gradient selon le statut socioprofessionnel. La lutte contre le tabagisme à l'Université devrait principalement être dirigée vers le personnel administratif masculin de niveau non universitaire.

MOTS-CLEFS: Déterminants, Tabagisme, Etudiants et Personnel, Université Senghor d'Alexandrie, Egypte.

1 INTRODUCTION

L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) considérait en 2014 que la consommation de tabac était responsable de plus de 6 millions de décès par an dans le monde. Plus de cinq millions de ces décès sont le résultat de l'usage direct du tabac tandis que plus de 600 000 sont le résultat de l'exposition au tabagisme passif [1]. Ce chiffre devrait s'élever à plus de huit millions en 2030 si la tendance actuelle se poursuit [2]. L'épidémie du tabagisme mettra ainsi en danger la vie d'un milliard d'hommes, de femmes et d'enfants au cours de ce 21^{ème} siècle [1].

Près de 80% des décès prématurés liés au tabac se produiront dans les pays à faible revenu et à revenu intermédiaire et un tiers concernera les enfants [1]. La morbidité et la mortalité associées au tabagisme se déplacent du monde industrialisé vers les pays à faible revenu et à revenu intermédiaire [3]. La consommation de tabac progresse dans ces pays du fait de l'action des industries du tabac et de l'absence ou l'insuffisance de législation antitabac. En Afrique, le nombre annuel de décès lié aux conséquences du tabagisme s'élève à deux millions et ce sont les jeunes de moins de 18 ans qui sont le plus touchés par ce phénomène [4].

Alors que le tabagisme est aujourd'hui la première cause de décès évitable dans le monde, seule une faible proportion (16%) de la population mondiale est protégée par une législation non-fumeur complète [1].

L'Egypte est l'un des pays à revenu intermédiaire où le tabagisme quotidien¹ est estimé à 36% [5] avec un taux particulièrement élevé (44,3%) chez les hommes alors que les femmes sont peu nombreuses à fumer (0,3%) [6]. Comme de nombreux pays², l'Egypte a adhéré à la Convention-cadre de l'OMS pour la lutte antitabac (CCLAT) qu'elle a signé le 17 juin 2003 et ratifié le 25 février 2005 [7]. En application de cette convention, l'Etat égyptien a pris de nombreuses mesures dont l'instauration d'espaces non-fumeurs pour faire face à la forte prévalence du tabagisme [6].

Cette mesure destinée à protéger les populations contre les effets nocifs du tabagisme passif concerne les établissements de santé, les établissements d'enseignement, les universités, les services publics et les bureaux. L'Université Senghor d'Alexandrie (USA), dont les étudiants proviennent essentiellement de pays francophones avec des réalités socioéconomiques et culturelles différentes de celles du personnel administratif originaire d'Egypte, semble échapper à cette mesure. Pourtant les pays de la Francophonie (France, Canada, Belgique, Suisse) qui sont les principaux financeurs de cette université ont des lois très claires concernant l'interdiction du tabagisme dans les établissements d'enseignement. Un pays d'accueil qui recommande de ne pas fumer dans les locaux universitaires et des pays financeurs qui ont une législation rigoureuse en matière de tabagisme, il semble légitime de se poser la question de savoir pourquoi ces lois ne s'appliquent pas à l'USA ? En effet, le tabagisme est très frappant dès que l'on pénètre dans les locaux de cette université. Pour comprendre pourquoi la législation anti-tabac n'y est pas appliquée, il apparaît nécessaire d'en identifier les raisons profondes.

Les facteurs sociaux et individuels sont des déterminants importants de la santé d'une population. Les styles de vie, tels que la manière de se nourrir, l'activité physique, la consommation d'alcool et le tabagisme sont souvent considérés comme des comportements « individuels » alors qu'ils sont en grande partie déterminés par l'environnement dans lequel les personnes vivent : la famille, les milieux de vie ou de travail, la société en général [8]. Fumer est beaucoup plus qu'un simple comportement individuel, il constitue une partie de la culture à l'intérieur d'une communauté. Au sein d'une même communauté, on peut constater qu'il existe des disparités dans la prévalence du tabagisme qu'on pourrait lier aux facteurs socioéconomiques et aux normes sociales [9].

¹ Le tabagisme quotidien ou « régulier » est le fait de fumer tous les jours ou de fumer au moins une (01) cigarette par jour

² Jusqu'au 3 mars 2015, 168 pays étaient signataires de la convention et 180 Parties à la convention.

L'usage du tabac a été associé à diverses caractéristiques sociales, économiques et individuelles chez les adultes et adolescents [10]. Ainsi, les déterminants sociaux et individuels tels que l'éducation, la classe sociale, le type d'emploi, la situation économique et le statut matrimonial ont été associés au tabagisme. Il en résulte que les classes défavorisées, les célibataires, séparés ou divorcés ont des taux de tabagisme plus élevés que les classes socio-économiques supérieures et les mariés [11], [12].

Parmi le faible nombre de travaux réalisés sur le tabagisme en Egypte [13], très peu portent sur les déterminants du tabagisme au sein d'un groupe spécifique d'adultes. L'étude des interactions entre les facteurs individuels dans une communauté spécifique et le tabagisme est indispensable pour définir une stratégie susceptible de faire respecter la législation antitabac dans les universités. Ce constat amène à faire le point sur l'application de la loi égyptienne antitabac à l'intérieur de l'USA. Autrement dit, en quoi le statut socioprofessionnel influence-t-il le respect de la loi antitabac à l'USA ? Pour répondre à cette question, il paraît pertinent d'analyser les facteurs sociodémographiques, socioéconomiques et les habitudes qui déterminent le comportement tabagique (fumeur) au sein de la population de l'USA. L'hypothèse de ce travail est que les attitudes des individus vis-à-vis des addictions restent profondément liées à leur statut socioéconomique et culturel.

Afin de mieux comprendre la réalité du tabagisme à l'USA, une enquête a été menée en 2012 auprès des étudiants et du personnel de l'université. Cette étude avait pour objectifs (i) d'identifier les fumeurs chez les étudiants et chez le personnel, (ii) identifier les déterminants du tabagisme chez les étudiants et le personnel de l'USA et (iii) analyser la relation avec le fait de fumer chez les étudiants et le personnel dans l'enceinte de l'USA.

2 METHODES

La population étudiée était constituée des étudiants inscrits à l'USA au titre de l'année académique 2011-2012 et du personnel travaillant à l'université au cours de la même année, soit 250 personnes comprenant 180 étudiants et 70 membres du personnel. Les étudiants de l'USA sont des travailleurs en formation continue, avec un niveau d'étude minimum de Licence et un âge maximum de 36 ans. Ils proviennent essentiellement de pays francophones et regroupent 22 nationalités. Les membres du personnel sont quasiment originaires d'Egypte. Les participants sont ceux qui ont donné leur accord verbal. Après l'autorisation de réaliser l'étude par l'administration de l'université, les objectifs de l'enquête et les modalités de participation ont été expliqués à l'ensemble des interviewés.

L'enquête s'est déroulée en trois phases. La première étape a consisté à distribuer un questionnaire auto-administré en français à chaque étudiant et au personnel administratif parlant le français. Puis, le même questionnaire traduit en arabe a été administré au personnel parlant exclusivement l'arabe. La seconde phase a consisté à faire une observation directe des étudiants et du personnel fumeur pendant plus de deux semaines au sein de l'université. Le choix de cette méthode de recueil de données s'est imposé en raison du refus des fumeurs de participer à un focus groupe. Les observations ont été réalisées de manière inopinée dans toute l'université et à différents moments de la journée. Elles visaient à observer les sujets fumeurs en situation réelle dans l'enceinte de l'USA. Pour rappel, les locaux de l'USA sont essentiellement constitués par des espaces clos situés dans un immeuble de plus de dix étages. L'université n'occupe que le rez-de-chaussée, les paliers du 4^{ième} et du 5^{ième} étage. Les informations à collecter étaient les endroits où les personnes observées fumaient, si les fumeurs fumaient en présence d'autres personnes ou pas, le statut professionnel des fumeurs observés et celui des non-fumeurs. Avec le concours d'un agent du service intérieur de l'université, les individus fumeurs dénombrés ont fait l'objet d'une identification pour éviter de les comptabiliser à chaque nouvelle observation. A l'issue de l'observation directe, une phase supplémentaire d'entretien avec quelques étudiants fumeurs a été envisagée. Pour ce faire, un appel a été lancé de manière anonyme et sur une base volontaire, auprès des étudiants fumeurs de l'USA en vue de réaliser un focus group. Toutefois, compte tenu des difficultés à organiser la rencontre en groupe de tous les volontaires, l'entretien individuel a finalement été privilégié.

Les informations à collecter portaient sur le sexe et les réponses aux questions suivantes : « Fumez-vous dans l'enceinte de l'USA ? Si oui, dans quel (s) endroit (s) exactement ? Si non où fumez-vous ? Ensuite « Quelles sont les raisons pour lesquelles on ne vous voit jamais avec une cigarette dans l'enceinte de l'USA ? » ; « Que pensez-vous du fait de fumer dans l'enceinte de l'USA ? » ; « Que pensez-vous de l'idée de faire de l'USA une université sans tabac et que proposez-vous pour atteindre cet objectif ? ».

Les variables retenues pour étudier les facteurs déterminants du tabagisme à l'USA ont été : (i) les caractéristiques sociodémographiques de la population à l'étude : l'âge, le sexe, niveau d'étude et la situation matrimoniale; (ii) les caractéristiques socioéconomiques telles que le statut professionnel des enquêtés et la fonction occupée par les membres du personnel (employé, technicien, cadre, cadre supérieur, enseignant, direction); (iii) les variables relatives à la connaissance

du tabagisme : bienfaits liés au tabagisme, nocivité de la fumée pour la santé, existence d'une loi antitabac, définition et exposition au tabagisme passif, etc. Enfin, (iv) les variables liées aux habitudes tabagiques : avoir déjà fumé au moins une fois un produit tabagique ou autre, actuellement fumeur, etc.

La catégorie « *fumeur* » a été définie comme tout participant qui au moment de l'étude a déclaré consommer un produit tabagique quelconque de manière occasionnelle ou régulière. Par contre la catégorie « *non-fumeur* » comprend "ceux n'ayant jamais fumé" ainsi que "les anciens fumeurs". Le participant « n'ayant jamais fumé » est celui qui déclare n'avoir jamais consommé de produit tabagique de manière volontaire. L'« ancien fumeur » est tout participant ayant fumé antérieurement et qui déclare ne plus fumer au moment de l'enquête.

Les données ont été saisies dans le logiciel Excel puis importées et analysées par le logiciel STATA, version 9 (Stata Cooperation ; College Station, Tx, USA). Le test Chi2 et le test de Fisher (effectif inférieur à 5) ont été utilisés pour la comparaison des pourcentages avec un seuil de signification statistique fixé à 5%. Des modèles de régression logistique ont été utilisés pour identifier les facteurs associés au comportement tabagique avec une analyse d'abord bivariée puis multivariée.

3 RESULTATS

3.1 CARACTÉRISTIQUES SOCIODÉMOGRAPHIQUES

Sur un effectif total d'environ deux cent cinquante (250) personnes que comptait l'USA au cours de l'année académique 2011-2012 dont 180 étudiants et 70 membres du personnel, cent cinquante et une (151) personnes ont répondu au questionnaire, soit un taux de réponse globale de 60%. Sur l'ensemble des personnes interrogées (113 étudiants et 38 membres du personnel), il a été relevé que quinze personnes entraient dans la catégorie des "fumeurs", soit une prévalence de tabagisme de 10% (Tableau 1). Ce taux est relativement inférieur au 17% obtenu par observation directe (Tableau 2).

Tableau 1. Répartition des participants en fonction des caractéristiques sociodémographiques, Socioéconomiques et de l'habitude tabagique à l'Université Senghor (Alexandrie, Egypte, 2012)

	Habitude tabagique					
	Fumeurs			Non-Fumeurs		
	Effectif	%	IC95%	Effectif	%	IC95%
Age	n= 15			n=135*		
[20à30 ans]	4	26,67	[01,32 - 52,01]	46	34,07	[25,98 - 42,17]
[31à40 ans]	4	26,67	[01,32 - 52,02]	80	59,26	[50,86 - 67,65]
[41à50 ans]	5	33,3	[06,31 - 60,36]	8	5,93	[01,89 - 09,96]
Plus de 50 ans	2	13,33	[-06,52 - 32,82]	1	0,74	[- 0,72 - 02,21]
Sexe	n=15			n=136		
Femme	1	6,67	[-07,63 - 20,97]	42	30,88	[23,02 - 38,75]
Homme	14	93,33	[79,03 - 107,63]	94	69,12	[61,25 - 76,98]
Statut professionnel	n=15			n=136		
Etudiant	3	20	[-02,93 - 42,93]	110	80,88	[74,19 - 87,58]
Personnel	12	80	[57,07 - 102,93]	26	19,12	[12,42 - 25,81]
Niveau d'étude	n=15			n=132*		
Doctorat	3	20	[-02,93 - 42,93]	20	15,15	[08,95 - 21,35]
Maîtrise	1	6,67	[-07,63 - 20,97]	82	62,12	[53,74 - 70,50]
License	2	13,33	[-06,15 - 32,82]	21	15,91	[9,59 - 22,23]
Secondaire	8	53,33	[24,74 - 81,93]	7	5,3	[01,43 - 09,18]
Primaire	1	6,67	[-07,63 - 20,97]	2	1,52	[-0,60 - 03,63]
Situation Matrimoniale	n=15			n=135*		
Célibataire	7	46,67	[18,07 - 75,26]	71	52,59	[44,06 - 61,01]
Marié	6	40	[11,91 - 68,08]	62	45,93	[37,41 - 54,44]
Divorcé	2	13,33	[-06,15 - 32,82]	0	0	0
Veuf	0	0	0	2	1,48	[-0,58 - 3,54]

* Données manquantes dues à des questions sans réponse

Tableau 2. Résultats de l'observation directe du comportement tabagique à l'Université Senghor (Alexandrie, Egypte, 2012)

Lieu	Nombre de Personnes Observées			Nombre de Fumeurs Observés			Nombre de Non Fumeurs Observés		
	Etudiant	Personnel	Total	Etudiant	Personnel	Total	Etudiant	Personnel	Total
Ascenseur	1	3	4	0	1	1	1	2	3
Cafétéria	14	6	20	0	4	4	14	2	16
Couloir	25	11	36	0	4	4	25	7	32
Hall d'entrée	4	2	6	0	1	1	4	1	6
Reprographie	6	2	8	0	2	2	6	0	6
Restaurant	33	12	45	0	5	5	33	7	40
Salle de loisir	24	9	33	0	6	6	24	3	27
Salle de repos du restaurant	26	8	34	0	4	4	26	4	30
Salle de repos du personnel	0	8	8	0	6	6	0	2	2
Service intérieur	12	2	14	0	2	2	12	0	12
Effectif (%)	145 (69,71)	63 (30,2)	208 (100)	0	35 (16,8)	35 (16,83)	145 (69,71)	28 (13,46)	173 (83,17)

L'âge moyen de la population d'étude était de 33,27 ans alors qu'il est plus élevé (37,9 ans) chez les fumeurs. La répartition selon le sexe a montré que 28% des participants à l'étude étaient des femmes et 72% des hommes. Cependant, la consommation du tabac au sein de l'USA est essentiellement le fait de la population masculine. En effet, sur les quinze fumeurs relevés lors de l'enquête par le questionnaire, quatorze sont des hommes, de même que la totalité des fumeurs enregistrés par observation directe (Tableau 2).

La population ayant participé à l'étude était constituée de 113 (63%) étudiants et 38 (54%) membres du personnel administratif. Il y a donc eu proportionnellement plus de non-répondants dans le personnel administratif que chez les étudiants. Par ailleurs, l'enquête par questionnaire a montré une prévalence du tabagisme de 3% chez les étudiants et de 32% dans le personnel administratif alors qu'à l'observation directe, les fumeurs étaient à 100% membres du personnel administratif. Il apparaît donc que la proportion de fumeurs chez le personnel est relativement plus importante que chez les étudiants.

L'évaluation du niveau d'étude a montré que 12% des personnes interrogées avaient un niveau primaire ou secondaire tandis que 87% d'entre elles avaient un niveau d'étude universitaire.

3.2 CONNAISSANCE DU TABAGISME ET HABITUDES TABAGIQUES

Plus de 90% des enquêtés déclarent qu'il n'y a aucun bienfait à consommer du tabac et pensent que le tabagisme est nocif pour la santé. Ils connaissent le tabagisme passif et affirment qu'il est dangereux pour la santé d'y être exposé. Toutefois, ils sont plus de 65% à ignorer l'existence de la loi antitabac dans leur pays respectif.

La quasi-totalité des personnes interrogées reconnaît être exposée en permanence au tabagisme passif au sein de l'USA. Les résultats de l'observation directe confirment bien cette situation avec 83% de personnes exposées (Tableau 2). De plus, la consommation de tabac a été observée dans tous les locaux de l'université à l'exception des salles de cours, de la bibliothèque et de l'infirmerie. Le tabagisme dans les locaux de l'USA est essentiellement le fait du personnel administratif. Aucun étudiant n'a été observé en train de fumer dans l'enceinte de l'université. Aussi, pour comprendre cette situation, il a été envisagé d'interroger les étudiants fumeurs sur leurs comportements. Quatre étudiants de sexe masculin ont accepté volontairement de participer à ces entretiens individuels.

A la question de savoir pourquoi on ne les voyait pas avec une cigarette à l'USA, seul un étudiant a déclaré fumer dans l'enceinte de l'USA. Mais il ajoute qu'il fumait précisément dans les escaliers à l'abri du regard des autres étudiants. Quant aux trois autres, ils ont déclaré fumer principalement à la maison. Par contre, lorsque le besoin se faisait pressant pour deux d'entre eux pendant qu'ils se trouvaient à l'USA, ils sortaient de l'université pour aller fumer dans le parking ou dans le jardin public. Les quatre étudiants ont expliqué qu'ils ne voulaient pas gêner les autres et craignaient leur regard pour le fait d'être les seuls à fumer quand la grande majorité ne le faisait pas. Enfin, un seul a mentionné en plus qu'il était interdit dans son pays (le Cameroun) de fumer dans les lieux publics. Ayant intégré cela, il a continué à observer cette restriction à l'USA.

3.3 FACTEURS CORRELÉS AU COMPORTEMENT TABAGIQUE DE LA POPULATION DE L'UNIVERSITÉ SENGHOR D'ALEXANDRIE

L'analyse multivariée a permis d'identifier les facteurs déterminants du comportement tabagique dans la population d'étude. Il s'agit de :

- L'âge : le pourcentage de fumeurs varie significativement suivant la tranche d'âge (Fisher, $P < 0,0001$). Chaque augmentation de l'âge de dix années triple le risque d'être fumeur et le taux le plus élevé de fumeurs (33,3%) a été enregistré chez les 41 à 50 ans.
- Le statut professionnel : la proportion de fumeurs varie significativement suivant le statut professionnel (Fisher, $P < 0,0001$) et la proportion de personnel chez les fumeurs est la plus élevée (80%). Il y a dix-sept fois plus de risque d'être fumeur lorsqu'on est membre du personnel.
- Le niveau d'étude : Le pourcentage de fumeurs diminue de 0,3 fois avec le niveau d'étude (Fisher, $P < 0,0001$). C'est parmi les membres du personnel qui ont un niveau d'éducation secondaire que l'on trouve le taux le plus élevé de fumeurs (53,3%).
- L'exposition au tabagisme passif : augmente d'environ 0,2 fois le risque d'être fumeur.

Dans l'association des quatre co-variables « âge », « statut professionnel », « niveau d'étude » et « exposition au tabagisme passif », c'est le statut professionnel, surtout du Personnel qui est le plus déterminant dans le choix de fumer ($\chi^2 = 24,16$; ddl = 3 ; Prob < 0,00001).

Hormis ces quatre facteurs, toutes les autres variables étudiées au cours de cette enquête n'ont pas d'influence significative sur le comportement tabagique de la population d'étude.

4 DISCUSSION

4.1 LA PREVALENCE DU TABAGISME A L'UNIVERSITE SENGHOR D'ALEXANDRIE

Le taux de participation à l'enquête de 60% indique une proportion importante de non- répondants. Du fait de l'auto-déclaration, il n'a pas été possible d'avoir plus d'informations sur les 99 non-répondants qui comprenaient 67 (37%) étudiants et 32 (46%) membres du personnel. Le taux de participation a été corrigé par l'observation directe qui a donné une prévalence de fumeurs de 17% significativement plus élevée que les 10% déclarés. Au regard des 3% et 32% déclarés respectivement chez les étudiants et le personnel administratif alors qu'à l'observation directe, les fumeurs étaient à 100% membres du personnel administratif, la prévalence du tabagisme à l'USA pourrait avoir été sous estimée du fait de la sous déclaration et du biais de désirabilité sociale [14], [15]. La proportion de personnel relativement plus importante que celle des étudiants chez les fumeurs montre que les étudiants, lorsqu'ils sont fumeurs respectent mieux l'interdiction de fumer dans l'enceinte universitaire. On peut donc se demander si la sous-déclaration observée n'est pas essentiellement le fait de fumeurs membres du personnel administratif? La prévalence de 17% observée est néanmoins significativement en deçà de la moyenne nationale (36%) de l'Egypte [5], l'une des plus élevées en Afrique du nord et dans le Moyen Orient [16], [17]. Les résultats de questionnaire rapportés par Abdalla (18%) chez des étudiants en médecine en Arabie saoudite et Ouédraogo (27%) chez des enseignants du secondaire au Burkina Faso sont plus élevés que les taux déclarés à l'USA [15], [18], [19].

4.2 FACTEURS INFLUENÇANT LE COMPORTEMENT TABAGIQUE DANS L'ENCEINTE DE L'UNIVERSITE SENGHOR D'ALEXANDRIE

Deux groupes de facteurs ont été mis en évidence par l'enquête. Le premier groupe comprend les facteurs ayant une forte corrélation avec le comportement tabagique et le second ceux ayant peu ou aucune corrélation avec le fait de fumer dans l'enceinte de l'université. Les facteurs fortement corrélés au comportement tabagique (fumeur) sont par ordre d'importance le « statut professionnel », « l'âge », « le niveau d'étude » et « l'exposition au tabagisme passif » (Tableau 3). Ces facteurs ont été également identifiés par de nombreux auteurs comme ayant un lien avec la consommation du tabac [9], [11], [15].

Tableau 3. Analyse multivariée des facteurs déterminant le comportement tabagique de la population de l'Université Senghor (Alexandrie, Egypte, 2012)

Variables	Odds Ratio	p > z	IC95%
Age (par 10 ans)	3,24	0,002	1,51 - 6,95
Statut professionnel	16,92	0,0001	4,45 - 64,33
Niveau d'étude	0,34	0,0001	0,20 - 0,60
Situation matrimoniale	1,54	0,31	0,67 - 3,56
Exposition au tabagisme passif à l'USA	0,2	0,02	0,05 - 0,76

4.2.1 FACTEURS FORTEMENT CORRELÉS AU COMPORTEMENT TABAGIQUE DANS L'ENCEINTE DE L'USA

Le taux de tabagisme chez les étudiants de l'USA n'est pas très éloigné des 3,6% enregistrés chez les médecins de l'hôpital général de Douala au Cameroun par Ngahane [20]. Par contre, la prévalence de 27,3% relevée par Ouédraogo chez des enseignants du secondaire au Burkina Faso, est plus élevée que celle des étudiants de l'USA [19]. La proximité de la prévalence du tabagisme à l'USA d'avec celle de l'Hôpital de Douala et sa relative faiblesse par rapport à celle des enseignants du Burkina peut s'expliquer par la différence du niveau d'étude. Comme les étudiants de l'USA, les médecins de Douala ont un niveau d'étude universitaire élevé tandis que les enseignants du secondaire du Burkina ont un niveau d'éducation moindre. Le fait que sur un total de quinze fumeurs enregistrés, douze appartenaient à la catégorie "niveau d'étude primaire ou secondaire" confirme la notion de gradient social du tabagisme décrite par l'Organisation mondiale de la Santé [21]. C'est également les résultats auxquels aboutissent des études réalisées dans des pays industrialisés comme le Canada et l'Italie. En effet, les travaux de Reid et *al.* au Canada montrent l'existence d'un gradient social du tabagisme lié à l'éducation. Les Canadiens les moins éduqués avaient une consommation de tabac deux fois plus élevée que ceux ayant un diplôme universitaire [22]. En Italie, les travaux de Sardu et *al.* montrent une probabilité plus faible d'initiation au tabagisme et une plus grande probabilité de cesser de fumer chez les femmes et chez les hommes ayant un niveau d'instruction élevé. Par contre, les hommes ayant un faible niveau d'éducation présentent la plus forte probabilité d'initiation au tabagisme et la faible probabilité de cesser de fumer tôt. Ces auteurs notaient que depuis les années 1960, l'habitude de fumer était devenue de plus en plus une « maladie liée à la pauvreté ». Ainsi, le tabagisme apparaît comme l'une des causes de décès la plus fortement corrélée avec les inégalités sociales et un gradient similaire est observé pour la morbidité [23].

Le faible tabagisme des étudiants par rapport au tabagisme élevé du personnel administratif de l'USA est confirmé par l'observation directe. En effet, aucun étudiant n'a été observé en train de fumer dans l'enceinte de l'université. Pour comprendre cette attitude, il a été envisagé d'interroger les étudiants fumeurs sur leurs motivations. Il ressort des interviews que les étudiants fumeurs de l'USA ne fument pas à l'université parce qu'ils savent qu'on ne fume pas dans les lieux publics. Ils l'ont si bien intégré que les rares fumeurs parmi eux fument en cachette ou chez eux. Leurs attitudes laissent à penser qu'ils ont intégré le point de vue négatif de la communauté des étudiants sur les fumeurs. Le regard de la communauté est suffisamment influent pour que certains étudiants fumeurs tentent d'arrêter de fumer. Comme le montrent les données épidémiologiques de l'Observatoire régional de la Santé dans la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur en France, il existe également un lien fort entre diplôme, emploi, revenu et statut tabagique. Les moins diplômés sont en moyenne 45% à fumer alors que cette proportion est limitée à 26 % pour les personnes ayant un diplôme universitaire et celles-ci fument de moins en moins [24]. Aussi, l'on peut aisément imaginer pourquoi les personnes de niveau socio-économique élevé comme les étudiants de l'USA dissimulent leur tabagisme comme une tare qu'ils doivent assumer jusqu'à ce qu'ils parviennent à s'en débarrasser [25].

4.2.2 LE TABAGISME, UN MARQUEUR SOCIAL

Les travaux réalisés par le Health related behavior au Royaume-Uni et Baron-Epel et *al.* en Israël conduisent également à des résultats similaires. Leurs travaux montrent que le faible taux déclaré de tabagisme pourrait avoir un lien avec un niveau d'étude élevé [9], [11]. Baron explique par ailleurs que cette différence de prévalence du tabagisme entre les moins instruits et les plus éduqués est accentuée par des facteurs socioculturels [9]. Aux Etats Unis, des travaux réalisés dans un échantillon de population comprenant les Afro-américains, des Latinos et des Blancs, ont montré qu'il y avait une forte association entre le tabagisme et le niveau d'instruction dans presque tous les sous-groupes ethniques. Les personnes ayant un faible niveau d'éducation avaient un taux de tabagisme plus élevé [26].

La prévalence de la consommation du tabac pour le personnel administratif de l'USA en majorité d'origine égyptienne à l'issue du questionnaire, était de 32%. C'est une prévalence certes moindre mais relativement significative qui a été enregistrée par l'observation directe (17%). Dans les deux cas, la prévalence du tabagisme du personnel égyptien est plus

élevée que celle de 9,4% du personnel administratif de l'Hôpital Général de Douala au Cameroun [20]. Au vu de ces prévalences chez le personnel et chez les étudiants, on peut suggérer qu'à l'USA comme ailleurs, la consommation de tabac apparaît comme un marqueur social des catégories socioprofessionnelles [25]. De plus en plus, elle apparaît comme un symptôme de l'inégalité sociale et de la pauvreté. En effet, les personnes issues de catégories socioprofessionnelles moins favorisées sont plus nombreuses à fumer et sont moins nombreuses à parvenir à arrêter. Les plus gros fumeurs sont les plus pauvres [27]. En France, alors que la prévalence moyenne est de 30 %, la prévalence chez les ouvriers et les chômeurs est respectivement de 43 et 49 %. Le tabagisme constitue l'un des facteurs majeurs des inégalités sociales et de santé. Il est directement responsable d'une partie importante de la différence d'espérance de vie selon les catégories sociales [24].

4.2.3 L'IMPORTANCE DU TABAGISME PASSIF

Que ce soit par questionnaire ou par observation directe, les résultats de cette enquête mettent en évidence un tabagisme passif important au sein de l'université. En effet, la quasi-totalité des personnes interrogées, soit plus de 97%, connaît le tabagisme passif et affirme qu'il est dangereux pour la santé. Elles sont 89%, y compris les fumeurs, qui déclarent être victimes du tabagisme passif au sein de l'université. Cette forte exposition exprimée par les enquêtés est d'ailleurs confirmée par l'observation directe qui montre que la consommation tabagique se fait en présence d'autres personnes. Ainsi, aussi bien les étudiants que le personnel, les non-fumeurs comme les fumeurs, reconnaissent être exposés au tabagisme passif de façon permanente et sont conscients des effets nocifs de la fumée sur l'entourage. Pourtant le nombre de personnes qui fument au sein de l'université est relativement faible. On peut donc imaginer que la consommation de tabac de ce groupe de fumeur doit être suffisamment importante pour engendrer une telle exposition au tabagisme passif de la quasi-totalité des personnes interrogées. Comme le montrent les observations directes, l'explication est que la consommation de tabac a lieu généralement dans les espaces communs à tout le monde, notamment les bureaux du service intérieur, la reprographie, la salle de loisir, la salle de repos du restaurant, le restaurant, la salle de repos du personnel, les couloirs et le hall d'entrée. Cette situation résulterait d'une grande dépendance vis-à-vis de la nicotine et/ou de l'ignorance de la loi interdisant l'usage du tabac dans les établissements publics comme l'université [20].

4.2.4 FACTEURS INFLUENÇANT PEU OU PAS LE COMPORTEMENT TABAGIQUE A L'USA

Dans le groupe de déterminants ayant peu ou pas de corrélation avec le fait de fumer, la variable « sexe » semble se rapprocher des déterminants corrélés au tabagisme. La très faible proportion de femmes fumeuses à l'USA par rapport aux hommes, montre que le tabagisme est essentiellement le fait de la population masculine. Cette situation est conforme à la situation nationale en Egypte avec (44,3%) d'hommes et (0,3%) de femmes fumeurs [6]. De plus, elle est proche de celle rapportée par les études réalisées par Nassar en Egypte, Ouédraogo au Burkina, Awotedu en Afrique du sud [17], [19], [28]. En effet, les hommes égyptiens sont exposés à un risque plus élevé de fumer à cause des facteurs socioculturels qui font du tabagisme un comportement socialement acceptable, voire désirable pour les hommes [17]. Ces facteurs socioculturels inciteraient les hommes à éviter tous les caractères féminins et à manifester leur virilité. Parmi les caractères idéalisés et valorisés dans cette culture égyptienne, il y aurait la croyance selon laquelle le tabagisme contribue à promouvoir l'image de la maturité, de la bravoure, de la ténacité et de la masculinité [29]. Par contre, le tabagisme est considéré comme un tabou culturel pour les femmes. Il y a un fort sentiment dans la société musulmane patriarcale comme celle de l'Egypte, que fumer n'est pas approprié pour les filles et peut ruiner leur réputation et les perspectives pour le mariage [17], [29]. Ainsi, le taux de tabagisme relativement faible peut être le reflet d'un tabou culturel qui pousserait les jeunes femmes à ne pas fumer et pour celles qui fument, à ne pas toujours déclarer leur tabagisme [17]. Ce qui est confirmé par le fait que la seule femme qui a déclaré son tabagisme est une étudiante.

Au regard de l'ensemble des résultats, il a été possible de dresser le profil type du fumeur au sein de l'USA. En résumé, c'est un homme de 37 ans environ, membre du personnel administratif avec un niveau d'éducation secondaire et qui est relativement informé sur les effets nocifs du tabac. C'est vers ce profil que doit se diriger les efforts de sensibilisation pour faire baisser le tabagisme au sein de l'université, voire l'éradiquer définitivement.

4.3 LIMITES DE L'ÉTUDE

Cette enquête comporte cependant des limites. Les données collectées et étudiées ont été acquises à la suite d'auto-déclaration des personnes interrogées, ce qui laisse la possibilité d'une sous déclaration ou d'un refus de participer qui semblent avoir été largement utilisés. A cause de la réticence des fumeurs à participer à des entretiens en face à face, les enquêteurs ont été amenés à procéder à des observations directes dans les lieux où traditionnellement se réunissent les fumeurs à l'intérieur de l'université. Le concours d'un agent du service intérieur de l'université a été sollicité lors de ces

observations. Ainsi, les individus fumeurs dénombrés ont fait l'objet d'une identification pour éviter de les comptabiliser à chaque nouvelle observation. Bien que cette méthode ait permis de mettre en évidence une possible sous-déclaration des fumeurs, il aurait été intéressant de compléter la phase de collecte des données avec le questionnaire auto-administré par des séances de focus group réunissant l'ensemble des fumeurs déclarés. Toutefois, des entretiens individuels ont été réalisés ultérieurement avec quelques étudiants fumeurs. Ils ont permis de collecter des informations supplémentaires à savoir que les étudiants fumeurs interviewés sont tous de sexe masculin, fument principalement à domicile et dissimulent leur consommation de tabac au sein de l'université Senghor parce qu'ils sont gênés par le regard négatif de leurs collègues sur les fumeurs.

Malgré les efforts des enquêteurs pour collecter le maximum de données sur la réalité du tabagisme à l'USA, il n'a pas été possible d'interroger de manière exhaustive, l'ensemble des étudiants et du personnel administratif. Il persiste donc des zones d'ombre concernant la prévalence du tabagisme à l'université et les motivations du comportement tabagique des fumeurs qu'il n'a pas été possible d'interviewer sous une forme ou une autre.

Les résultats de cette enquête concernent la population d'une université, qui a la particularité d'être composée d'étudiants provenant de 22 pays situés pour la plupart en Afrique au sud du Sahara et par un personnel administratif principalement égyptien. Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude ne sont donc généralisables ni aux autres universités d'Alexandrie et encore moins aux autres universités égyptiennes.

5 CONCLUSION

Cette enquête a permis de montrer que le tabagisme au sein de l'USA est surtout le fait du personnel administratif masculin. Les résultats suggèrent que le fait de fumer dans l'enceinte de l'université malgré la loi égyptienne qui promeut des universités sans tabac est lié à la question plus globale des inégalités socioéconomiques, de niveau d'éducation et également culturelles qui traverse l'institution. Ceci expliquerait le fait que le respect de la loi antitabac semble suivre un gradient selon le statut socioprofessionnel. La lutte contre le tabagisme à l'USA devrait nécessairement être dirigée vers le personnel administratif masculin de niveau non universitaire. Cela pourrait se traduire par des campagnes d'affichages, l'organisation de séminaires de formation et d'information sur les effets nocifs du tabac et sur les dispositifs législatifs interdisant l'usage du tabac dans les établissements universitaires. La création d'espaces dédiés aux fumeurs pourrait constituer une phase transitoire et protégerait l'ensemble de la communauté des effets du tabagisme passif, ce qui est conforme à la loi et serait un pas majeur dans la direction qui ferait de l'USA une université sans tabac.

REMERCIEMENTS

Les auteurs de cette étude voudraient exprimer leur profonde reconnaissance et leurs remerciements au Professeur Jean-Daniel RAINHORN et au Dr Amadou DIOP de l'Institut de hautes études internationales et du développement (IHEID) de Genève, pour leurs conseils scientifiques, l'analyse critique de la méthode et la correction des manuscrits;

Ils remercient le Dr Marc R. KELLER, de l'Alliance des Ligues Francophones Africaines et Méditerranéennes contre le Cancer (ALIAM), qui a bien voulu corriger le protocole et le questionnaire.

Ils expriment également leur gratitude à Mlle Irane BELKHEDIM, auditrice au département Culture de l'Université Senghor, qui a accepté de traduire le questionnaire du français à l'arabe et les réponses du personnel de l'université parlant exclusivement l'arabe en français.

La réalisation de cette enquête a bénéficié des critiques et de la contribution du groupe de recherche de la Promotion 2011-2013, du département Santé de l'Université Senghor d'Alexandrie, Egypte.

Toutefois, les auteurs demeurent seuls responsables des erreurs.

REFERENCES

- [1] OMS, « Tabagisme Aide- mémoire n°339 », *WHO*, juin-2014.
[En ligne]. Disponible sur: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs339/fr/>. [Consulté le: 17-juin-2015].
- [2] D. Satcher, « Why we need an international agreement on tobacco control », *Am J Public Health*, vol. 91, n° 2, p. 191-193, févr. 2001.
- [3] P. Jha et F. J. Chaloupka, « The economics of global tobacco control », *BMJ*, vol. 321, n° 7257, p. 358-361, août 2000.

- [4] A. Lachance, « L'Afrique cendrier de l'Occident ? », *Education Santé.*, n° n° 175, p. 6, déc. 2002.
- [5] CDC Foundation, World Health Organization, et Lung Foundation, « The GATS Atlas Global Adult Tobacco Survey », *WHO*, 2015. [En ligne]. Disponible sur: <http://www.who.int/tobacco/publications/surveillance/gatstlas/en/>. [Consulté le: 15-juin-2015].
- [6] WHO, « Report on the Global Tobacco Epidemic_Country profile Egypt », *WHO*, 2013. [En ligne]. Disponible sur: <http://www.who.int/countries/egy/en/>. [Consulté le: 15-juin-2015].
- [7] OMS, « Convention-cadre de l'OMS pour la lutte antitabac », *WHO*, 2003. [En ligne]. Disponible sur: http://www.who.int/fctc/text_download/fr/. [Consulté le: 17-juin-2015].
- [8] A. Leclerc, M. Kaminski, et T. Lang, « Combler le fossé en une génération : le rapport de l'OMS sur les déterminants sociaux de la santé », *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique*, vol. 57, n° 4, p. 227-230, août 2009.
- [9] O. Baron-Epel, A. Haviv-Messika, D. Tamir, D. Nitzan-Kaluski, et M. Green, « Multiethnic differences in smoking in Israel: pooled analysis from three national surveys », *Eur J Public Health*, vol. 14, n° 4, p. 384-389, déc. 2004.
- [10] A. D. Roux, S. S. Merkin, P. Hannan, D. R. Jacobs, et C. I. Kiefe, « Area Characteristics, Individual-Level Socioeconomic Indicators, and Smoking in Young Adults The Coronary Artery Disease Risk Development in Young Adults Study », *American journal of epidemiology*, vol. 157, n° 4, p. 315-326, 2003.
- [11] Great Britain. Central Health Monitoring Unit, Great Britain. Department of Health, et Great Britain. Office of Population Censuses and Surveys, *Health related behaviour : an epidemiological overview*. London: HMSO, 1996.
- [12] S. A. Reijneveld, « The impact of individual and area characteristics on urban socioeconomic differences in health and smoking », *Int J Epidemiol*, vol. 27, n° 1, p. 33-40, févr. 1998.
- [13] R. M. Youssef, S. A. Abou Khatwa, et H. M. Fouad, « Tobacco cessation in a population over age 15 years: a community-based survey in Alexandria », *East. Mediterr. Health J.*, vol. 11, n° 3, p. 287-299, mai 2005.
- [14] A. Alamian et G. Paradis, « Individual and social determinants of multiple chronic disease behavioral risk factors among youth », *BMC Public Health*, vol. 12, p. 224, 2012.
- [15] I. Harrabi, J. M. Maatoug, M. Belkacem, R. Gaha, F. Lazreg, A. Boussaadia, et H. Ghannem, « [Profile of tobacco use among the teachers of Sousse, Tunisia] », *Ann Cardiol Angeiol (Paris)*, vol. 60, n° 2, p. 92-96, avr. 2011.
- [16] M. A. Corrao, G. E. Guindon, V. Cokkinides, et N. Sharma, « Building the evidence base for global tobacco control », *Bull. World Health Organ.*, vol. 78, n° 7, p. 884-890, 2000.
- [17] H. Nassar, « The Economics of Tobacco in Egypt: A New Analysis of Demand », *Tobacco Control*, mars 2003.
- [18] A. F. Al-Kaabba, A. A. Saeed, A. M. Abdalla, H. A. Hassan, et A. A. Mustafa, « Prevalence and associated factors of cigarette smoking among medical students at King Fahad Medical City in Riyadh of Saudi Arabia », *J Family Community Med*, vol. 18, n° 1, p. 8-12, 2011.
- [19] T. L. Ouédraogo, V. Ouédraogo, M. Kéré, A. Ouédraogo, D. Traoré, A. Traoré, et B. Sondo, « Le tabagisme chez les enseignants du secondaire de la ville de Ouagadougou, Burkina Faso », *Santé Publique*, vol. Vol. 16, n° 3, p. 427-434, sept. 2004.
- [20] B. H. M. Ngahane, H. Luma, M. Ndiaye, Y. M. Njankouo, S. Mbahe, A. Wandji, E. Temfack, A. M. Sone, et B. Dautzenberg, « Prévalence du tabagisme chez le personnel de l'Hôpital Général de Douala, Cameroun », *Pan African Medical Journal*, vol. 11, n° 1, 2012.
- [21] C. des D. sociaux de la S. WHO, « Combler le fossé en une génération : instaurer l'équité en santé en agissant sur les déterminants sociaux de la santé : rapport final de la Commission des Déterminants sociaux de la Santé », *Closing the gap in a generation : health equity through action on the social determinants of health : final report of the commission on social determinants of health*, 2009.
- [22] J. L. Reid, D. Hammond, et P. Driezen, « Socio-economic status and smoking in Canada, 1999-2006: has there been any progress on disparities in tobacco use? », *Can J Public Health*, vol. 101, n° 1, p. 73-78, févr. 2010.
- [23] C. Sardu, A. Mereu, L. Minerba, et P. Contu, « The Italian national trends in smoking initiation and cessation according to gender and education », *J Prev Med Hyg*, vol. 50, n° 3, p. 191-195, sept. 2009.
- [24] Observatoire régional de la santé(ORS) Provence-Alpes-Côte, « Cigarette et inégalités sociales : le tabagisme se concentre de plus en plus dans les milieux défavorisés - Veille documentaire sur les inégalités sociales de santé », 2009. [En ligne]. Disponible sur: <http://inegalitescreshn.canalblog.com/archives/2009/11/23/15900318.html>. [Consulté le: 18-juin-2015].
- [25] A. Kunst, K. Giskes, et J. Mackenbach, « Socio-economic inequalities in smoking in the European Union. Applying an equity lens to tobacco control policies. » 2004.
- [26] D. Siegel et B. Faigeles, « Smoking and socioeconomic status in a population-based inner city sample of African-Americans, Latinos and whites », *J Cardiovasc Risk*, vol. 3, n° 3, p. 295-300, juin 1996.
- [27] M. Suhrcke, R. A. Nugent, D. Stuckler, et L. Rocco, « Chronic Disease: An Economic Perspective, Confronting the epidemic of chronic diseases, London: Oxford Health Alliance, 2006 », *London: Oxford Health Alliance*, 2006.

- [28] A. A. Awotedu, E. R. Jordaan, O. Z. B. Ndukwana, N. O. Fipaza, K. O. Awotedu, J. Martinez, H. Foyaca-Sibat, et M. K. Mashiyi, « The Smoking Habits, Attitudes Towards Smoking And Knowledge Regarding Anti-Smoking Legislation Of Students In Institutions Of Higher Learning In The Eastern Cape Province Of South Africa », *South African Family Practice*, vol. 48, n° 9, p. 14, déc. 2006.
- [29] S. M. S. Islam et C. A. Johnson, « Correlates of smoking behavior among Muslim Arab-American adolescents », *Ethn Health*, vol. 8, n° 4, p. 319-337, nov. 2003.

Evaluation de l'impact de stress hydriques sur la croissance et le rendement du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) pour deux conditions de fertilisation azotée dans un environnement tropical semi-aride

[Evaluation of water stress impact on growth and yield of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) for two nitrogen fertilization conditions in semi-arid tropical environment]

Laopé Ambroise Casimir SIENE¹⁻²⁻³, Dago Faustin SOKO²⁻⁴, Omar DIOUF³, and Séverin AKE²

¹UFR des Sciences Biologiques / Département de Biologie Végétale,
Université Peleforo GON COULIBALY, Korhogo, Côte d'Ivoire

²UFR Biosciences / Laboratoire de Physiologie Végétale,
Université Félix HOUPOUËT-BOIGNY, Abidjan, Côte d'Ivoire

³Centre d'Etude Régional pour l'Amélioration de l'Adaptation à la Sécheresse (CERAAS), Thiès, Sénégal

⁴Laboratoire de Physiologie et Pathologie Végétale,
Université Jean Lorougnon GUEDE, Daloa, Côte d'Ivoire

Copyright © 2016 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 Sahel low agricultural yields are gone due to poor soils, drought and rainfall variability. Knowledge and understanding of the interactive effects of drought and nitrogen fertilization on growth of millet appear important. For this purpose the SOUNA3 millet was used as an experimental split-plot with two factors and four replications during the dry season in 2002. The water regime factor was used at two levels (watered and water-stressed) and the nitrogen fertilization factor also at two levels (without nitrogen, F0 and with a nitrogen supply of 68.5 kg ha⁻¹, F1). The water-stressed was applied during the vegetative stage and the grain formation and filling phases. The values of water consumption, the plant water status and the leaf area index were measure during the plant growth. The above dry matter was calculated at each development stage. Yield was calculated at the end of cycle. The results of the water consumption of plants and leaf water potential showed that water stress has reduced the values of these parameters and no difference was showed between nitrogen fertilization treatments whatever the level considered water regime. As for the values of leaf area index and the above dry biomass production, they were higher in fertilized plants for a given water regime. The nitrogen increased the values of these parameters at the irrigated plants. The water deficit has reduced the yield of 52.79 % in stressed plants. The water deficit cancels the beneficial effect of nitrogen fertilization on millet growth and yield.

KEYWORDS: millet, fertilizing, drought, dry matter, yield.

RESUME: Au sahel les faibles rendements agricoles sont en parti dus à la pauvreté des sols, à la sécheresse et à la variabilité des pluies. La connaissance et la compréhension des effets interactifs de la sécheresse et de la fertilisation azotée sur la croissance et le rendement du mil apparaissent importantes. Pour ce faire, la variété de mil SOUNA3 a été semée sous un dispositif expérimental en split-plot à deux facteurs et quatre répétitions pendant la contre saison 2002. Le facteur régime hydrique à deux niveaux (irrigués et stressés) et le facteur fertilisation azotée également à deux niveaux (F0 sans apport

d'azote et F1 avec un apport d'azote de $68,5 \text{ kg ha}^{-1}$). Le stress hydrique a été appliqué pendant les phases végétatives et de formation et de remplissages des grains. La consommation en eau, l'état hydrique des plants et l'indice de surface foliaire ont été suivis au cours du cycle de la culture. Les biomasses sèches aériennes des plants ont été mesurées à chaque stade phénologique. Le rendement a été calculé en fin de cycle. Les résultats de la consommation en eau et du potentiel hydrique foliaire n'ont montré aucune différence entre les traitements azotés quel que soit le niveau de régime hydrique considéré. Le stress hydrique a réduit les valeurs de ces paramètres. Quant aux valeurs de l'indice de surface foliaire et de production de biomasse sèche aérienne, elles ont été plus élevées au niveau des plants fertilisés pour un régime hydrique donné. L'apport d'azote a augmenté les valeurs de ces paramètres au niveau des plants irrigués. Le déficit hydrique a réduit le rendement en grains de 52,79 % chez les plants stressés. Par contre, aucune différence n'a été observée entre les traitements azotés quel que soit le régime hydrique. L'apport d'une fertilisation azotée couplé à une bonne pluviométrie améliorerait la croissance et la production du mil. Par contre le déficit hydrique annulerait l'effet bénéfique de la fertilisation azotée sur la croissance et le rendement grain chez le mil.

MOTS-CLEFS: mil, fertilisation, sécheresse, biomasse, rendement.

1 INTRODUCTION

Le mil pénicillaire ou mil à chandelles (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) est une graminée céréalière annuelle qui serait originaire d'Afrique de l'ouest où l'on rencontre les diverses formes, cultivées et sauvages [1]. En fonction du volume de la production et des surfaces cultivées, le mil se classe au septième rang mondial et regroupe un ensemble de céréales qui ont pour caractéristique commune la petitesse de leurs grains [2]. Environ 95 % des surfaces cultivées se trouvent dans les pays en développement à faible pluviométrie, surtout en Afrique et en Asie. Dans les régions les plus pauvres comme au Sahel, où la sécurité alimentaire est la plus précaire, le mil est d'une importance vitale car il constitue non seulement un aliment de base des populations [3], mais aussi la seule céréale d'importance économique [4].

Au Sahel, la faiblesse du rendement en mil a pour cause principale la pluviométrie déficitaire et irrégulière aggravée par une baisse de la fertilité des sols [3]. Les rendements moyens sur le mil au Sénégal sont plus faibles ($400\text{-}600 \text{ Kg ha}^{-1}$ de grains) que ceux des autres céréales (80 % du rendement moyen des céréales qui est de l'ordre de 800 kg ha^{-1}) alors que son potentiel atteint 2500 à 3000 Kg.ha^{-1} ([5], [6]). En effet, entre le Sahara et la savane soudanaise, le Sahel est caractérisé par une pluviométrie annuelle de 300 à 700 millimètres, en une saison de trois à quatre mois, de juin à septembre [4]. Le reste de l'année ne compte généralement aucune averse [4]. La fréquence et le caractère aléatoire des périodes de sécheresse y sont tels (coefficient de variation de 30-35 %) qu'une récolte de mil n'est garantie que 4 ans sur 5 [7]. Les sols sahéliens étant pauvres, ces conditions entraînent des difficultés de maintien de la productivité, d'autant que la plupart des paysans ne disposent pas des moyens nécessaires à l'utilisation d'engrais minéraux [4].

Dans ces conditions de baisse de fertilité des sols et de risque de sécheresse, la relance de l'agriculture par l'intensification des systèmes de culture reste dépendante de la connaissance préalable de la complexe interdépendance de ces facteurs. En effet, la majorité des travaux se sont focalisés sur le comportement du mil soit face à la sécheresse ([8], [9], [10]) soit vis-à-vis de la fertilité ([4], [11], [12], [13], [14]). Les études portant sur les effets de l'interaction entre la disponibilité de l'eau et de l'azote restent fragmentaires [3] et concernent notamment les paramètres d'élaboration du rendement et la production ([15], [16], [17]). De ce fait, les effets de l'interaction de ces deux facteurs sur les processus agrophysioiologiques du mil sont moins connus.

La connaissance et la compréhension des effets interactifs de la sécheresse et de la fertilisation azotée sur la croissance et le rendement du mil apparaissent importantes. Pour ce faire, nous avons conduit des travaux de recherche dont la démarche expérimentale adoptée compare les traitements hydrique et azoté en contre saison sèche. L'objectif final de cette démarche est d'étudier la réponse à l'interaction sécheresse x fertilité azotée chez le mil afin de fournir un cadre d'analyse pour mieux raisonner la fertilisation azotée face au risque climatique. Les objectifs spécifiques en fonction des traitements sont de :

- caractériser l'état hydrique et la consommation en eau des plants de mil ;
- étudier l'évolution de l'indice de surface foliaire au cours du cycle et la production de biomasse sèche aérienne à chaque stade phénologique des plants de mil ; et
- déterminer le rendement et ses composantes en fin de cycle.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SITE EXPÉRIMENTAL ET CONDUITE DE LA CULTURE

L'essai a été conduit au Centre National de Recherche Agronomique de Bambey (CNRA) situé au Centre-Ouest du Sénégal (14,42°N et 16,28°W). Le climat de la localité est de type sahélien avec une longue saison sèche (de novembre à mai) et une courte saison des pluies (de juillet à octobre) avec un total annuel moyen voisin de 550 mm. Les humidités à la capacité au champ et au point de flétrissement permanent sont respectivement de l'ordre de $0,13 \text{ cm}^{-3} \cdot \text{cm}^{-3}$ et $0,04 \text{ cm}^{-3} \cdot \text{cm}^{-3}$, donnant une réserve utile de l'ordre de $90 \text{ mm} \cdot \text{m}^{-1}$ ([18], [19]). Le site expérimental a été labouré en début d'expérimentation. Le semis en humide a été effectué le 03 mai 2002 avec des semences traitées au fongicide, SPINOX-T (Captafol 10%, Benomyl 10%, Carbofuran 20%) avec des écartements de $90 \text{ cm} \times 90 \text{ cm}$. La levée a eu lieu quatre jours après semis. Le démariage à trois pieds par poquet s'est fait à partir du 14^e jour après semis (JAS). Les sarco-binages, les traitements phytosanitaires et la protection anti-aviaire ont été assurés de façon à minimiser l'incidence de ces facteurs.

2.2 MATERIEL VEGETAL

La variété de mil SOUNA3 étudiée est une population synthétique au cycle moyen de 90 jours. Il présente des valeurs minimales, moyennes et maximales de besoins en eau respectivement de 380 mm, 418 mm et 460 mm [20]. C'est désormais quasiment le seul mil cultivé dans toute la moitié Nord du Sénégal. Mais il reste également très cultivé dans la moitié Sud du pays.

2.3 TRAITEMENTS ETUDIÉS ET DISPOSITIF EXPERIMENTAL

2.3.1 REGIME HYDRIQUE ET APPLICATIONS DES STRESS HYDRIQUES

Deux régimes hydriques ont été appliqués : un régime maintenu à évapotranspiration maximale (ETM) avec irrigation de complément au besoin tout le long du cycle et un régime «stressé (STR)» avec arrêt de l'irrigation durant la phase végétative (du 22^e au 44^e jour après semis, 22 jours de stress) et la phase de formation-remplissage des grains (du 78^e au 94^e jour après semis, 16 jours de stress), soient deux cycles de déficit hydrique correspondant aux conditions généralement rencontrées dans la zone ([21], [22], [23]). L'irrigation a été réalisée à l'aide des rampes basculantes permettant d'irriguer simultanément et de façon homogène des bandes de culture regroupant les parcelles élémentaires de même niveau de régime hydrique de chaque répétition. Des mini-pots d'une capacité de 35 mm installés dans chaque parcelle élémentaire ont permis de contrôler la quantité d'eau apportée par irrigation.

2.3.2 FERTILISATION AZOTÉE

Deux niveaux de fertilisation azotée ont été appliqués : le niveau F0, traitement sans apport d'azote simulant les conditions de sol pauvre fréquemment rencontrées en milieu paysan et le niveau F1, traitement correspondant à la fertilisation actuellement vulgarisée soit $22,5 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ à la levée + $23 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ au démariage et $23 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ à la montaison. L'azote a été apporté à la levée sous forme d'engrais ternaire de formule 15-10-10. Les autres apports d'azote ont été effectués sous forme d'urée. A la levée, le phosphore et le potassium ont été apportés à raison de $22,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ pour l'ensemble des traitements.

2.3.3 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL ET TRAITEMENTS

Un dispositif expérimental en split-plot à quatre répétitions et deux facteurs a été utilisé : le régime hydrique (facteur en sous-bloc) et l'azote (facteur en parcelles élémentaires) soit 16 parcelles élémentaires et 4 traitements (ETMF0, ETMF1, STRF0 et STRF1). Les mesures destructives ont été faites au hasard sur 3 poquets par parcelles élémentaire dans la zone de prélèvement entourant la parcelle utile située au centre de la parcelle élémentaire.

2.4 MESURES ET OBSERVATIONS

2.4.1 MESURES DE LA CONSOMMATION EN EAU DES PLANTS DE MIL

Les mesures d'humidité volumique à la sonde à neutron ont permis de calculer les variations de stock d'eau du sol (Δstock) entre deux dates de mesures. L'évapotranspiration réelle (ETR) ou consommation en eau des plants a été calculée à

partir de Δstock , des apports d'eau par les pluies (P) et les irrigations (I) selon la relation simplifiée du bilan hydrique au cours du cycle de la culture : $\text{ETR} = P + I \pm R - D_r + \Delta\text{Stock}$; avec $\Delta\text{Stock} = \text{Stock}_t - \text{Stock}_{t-1}$.

2.4.2 MESURES DE L'ETAT HYDRIQUE DES PLANTS DE MIL

Le potentiel hydrique foliaire caractérise l'état énergétique de l'eau dans la plante et constitue par conséquent un indicateur de l'état hydrique des plants. Il a été mesuré à l'aide d'une presse hydraulique à membrane (Campbell J 14 Instruments, [24]) calibré à l'aide de psychromètres C30. Les mesures ont été réalisées entre 11 h 30 mn et 13 h 30 mn, deux fois par semaine pendant les phases de stress. Elles ont été faites sur un petit échantillon prélevé sur la troisième feuille à partir du sommet. Trois poquets choisis de façon aléatoire ont été mesurés par parcelle élémentaire.

2.4.3 SUIVI DE LA PHENOLOGIE DES PLANTS DE MIL

Le suivi des différents stades de développement a été réalisé tous les jours sur les parcelles utiles. La levée, le tallage, la montaison, l'épiaison, la floraison, la formation grains et la maturité ont été considérés comme atteints lorsqu'ils étaient observés sur 50 % des poquets. Un brin a été considéré à la floraison quand la sortie des stigmates couvrait 50 % de l'épi et un poquet a été considéré à la floraison quand 50 % de ses tiges avaient atteint la floraison femelle [25]. Les grains étaient notés à maturité quand, dans l'ensemble, ils étaient devenus durs et détachables. La distinction de ces différents stades a permis de situer l'application des déficits hydriques, les apports d'azote et l'évolution de la biomasse [3].

2.4.4 MESURE DE L'INDICE DE SURFACE FOLIAIRE DES PLANTS DE MIL

L'indice de surface foliaire (LAI) correspond à la surface des feuilles rapportée à la surface de sol occupée. Il a été mesuré à l'aide du LAI-2000 (LI-COR, Inc., Lincoln, Nebraska 68504, USA), une fois par semaine à partir du 2^e JAS entre 7 h 00 mn et 8 h 00 mn. Dans chaque parcelle élémentaire, une mesure de la radiation incidente a été effectuée au-dessus du couvert végétal, ensuite six mesures ont été effectuées en-dessous du couvert végétal le long des diagonales formées par quatre poquets. Cette série de mesures a été répétée trois fois à l'intérieur d'une parcelle élémentaire. L'intégration de ces données a permis de calculer le LAI. L'appareil fournit également une estimation de la proportion de rayonnement transmis au sol qui correspond au LTR qui est aussi appelée DIFN.

2.4.5 SUIVI DE LA CROISSANCE ET DE LA PRODUCTION DE BIOMASSE SECHE AERIENNE DES PLANTS DE MIL

La production de biomasse sèche aérienne a été suivie à chaque stade de développement. L'ensemble des mesures a été effectué sur trois poquets prélevés de façon aléatoire dans la zone destinée aux mesures destructives de chaque parcelle élémentaire. Les poquets prélevés ont été séparés en leurs différents organes qui ont été mis à sécher. Les biomasses ont été pesées après un pré-séchage dans une serre puis un passage à l'étuve à 65 °C durant 48 h.

2.4.6 MESURE DU RENDEMENT ET DE SES COMPOSANTES

A la récolte, sur la parcelle utile, les différentes parties aériennes ont été pesées séparément : paille (tiges + feuilles), épis productifs, épis improductifs et grains. Les rendements en grains et en matière sèche totale aérienne ont été calculés à partir des poids secs respectifs et de la surface de la parcelle utile (4,86 m²).

2.5 ANALYSES STATISTIQUES

Le tableur Excel a été utilisé pour le calcul de moyennes des données et pour le tracé de graphiques. Il a aussi été utilisé pour le calcul des intervalles de confiance au seuil de 5 % et pour leurs illustrations graphiques. Une analyse de variance à deux facteurs a été réalisée sur les variables du rendement à l'aide du logiciel SAS. Le classement des moyennes a été fait avec le test de Student Newman Keul's.

3 RÉSULTATS

3.1 DÉTERMINATION DES STADES PHÉNOLOGIQUES DES PLANTS DE MIL

Le Tableau 1, montre les différents stades phénologiques, ainsi que les jours après semis (JAS) leurs correspondants.

3.2 CONSOMMATION EN EAU ET ÉTAT HYDRIQUE DES PLANTS DE MIL

Les résultats de la consommation en eau des plants (ETRj) ont montré une différence entre les plants irrigués et ceux stressés à partir du 3^e jour après application du premier déficit hydrique et à partir du 10^e jour pour le deuxième stress (Figure 1a). Le dernier déficit a été plus marqué avec des valeurs d'ETRj proches de zéro. Aucune différence n'a été observée entre les traitements azotés quel que soit le niveau de régime hydrique considéré. L'ETR cumulée des plants irrigués a été supérieure à celle des plants stressés avec des moyennes respectives de 459 mm et 332 mm. Les résultats du potentiel hydrique foliaire ont également montré une différence entre les plants irrigués et les plants stressés pendant la première phase de déficit hydrique (Figure 1b). Il a été supérieur chez les plants irrigués avec une valeur de - 0, 16 MPa. Cependant, durant le deuxième déficit hydrique la différence entre les plants irrigués et stressés n'a été observée qu'au 89^e JAS. A cette date, les plants fertilisés stressés ont présenté de faibles valeurs de potentiel hydrique par rapport à ceux non fertilisés.

3.3 EFFETS DES TRAITEMENTS HYDRIQUE ET AZOTE SUR LA CROISSANCE DES PLANTS DE MIL

3.3.1 EVOLUTION DE L'INDICE DE SURFACE FOLIAIRE AU COURS DU CYCLE

D'une manière générale, l'indice de surface foliaire (LAI) des plants a régulièrement augmenté jusqu'à une valeur optimale puis a régressé en fin de cycle (Figure 2). Le LAI maximum a été atteint au 61^e JAS soit en début d'épiaison pour les plants irrigués et au 73^e JAS, soit à la floraison pour les stressés. L'effet du premier déficit hydrique a été observé au 35^e JAS soit 13 jours après l'application du déficit hydrique et a été maintenu jusqu'au 42^e JAS soit 20 JAS après la mise en place du déficit hydrique. Le deuxième déficit hydrique quant à lui, a affecté les plants stressés à partir du 82^e JAS soit 4 jours après application du déficit hydrique et ceci jusqu'au 94^e JAS. Au cours de la première phase de déficit hydrique, une interaction entre le régime hydrique et la fertilisation azotée a été observée au 42^e JAS. En effet, la fertilisation azotée a influencé l'indice de surface foliaire chez les plants irrigués par rapport aux plants stressés. Les plants irrigués avec apport d'azote ont présenté un indice de surface foliaire supérieur à celui des plants irrigués sans apport d'azote. Aucune différence n'a été observée au niveau des plants stressés quel que soit le traitement azoté. Au cours du deuxième déficit hydrique, contrairement au premier, l'effet de la fertilisation azotée sur l'indice de surface foliaire a été significatif au niveau des plants stressés au 82^e JAS. A cette date, le LAI de F1 a été plus élevé. Dans l'ensemble, pour un régime hydrique donné, le LAI a été plus élevé pour les plants fertilisés.

3.3.2 EVOLUTION DE LA BIOMASSE SECHE AERIENNE PRODUITE A CHAQUE STADE DE PHENOLOGIQUE

L'effet de l'azote sur la production de biomasse sèche aérienne a été significatif du 66^e au 101^e JAS (Figure 3). L'effet du premier déficit hydrique sur la croissance a été significatif à partir du 45^e JAS, 13 jours après l'application du stress. L'effet du deuxième déficit hydrique a été significatif aux 82^e et 101^e JAS. L'apport d'azote a augmenté la biomasse des plants irrigués.

3.4 EFFETS DES TRAITEMENTS HYDRIQUES ET AZOTE SUR LE RENDEMENT ET SES COMPOSANTES DES PLANTS DE MIL

3.4.1 COMPOSANTES DU RENDEMENT

Le Tableau 2, présente les composantes du rendement en grains. Le nombre d'épis productifs (NBEP), le nombre d'épis improductifs (NBEIP) et l'indice de récolte (IR) n'ont pas été affectés par le régime hydrique. Tandis qu'ils ont été influencés par la fertilisation azotée. Chez les plants fertilisés, le NBEP et le NBEIP ont été plus élevés. Par contre, l'indice de récolte, a été supérieur chez les plants non fertilisés. Le poids 1000 grains a été affecté par le régime hydrique et la fertilisation azotée. Il a été supérieur chez les plants irrigués par rapport aux plants stressés, et plus faible chez les plants fertilisés que chez les non fertilisés. Le nombre de grains n'a été affecté que par le régime hydrique. Il a été supérieur chez les plants irrigués par rapport aux plants stressés.

3.4.2 RENDEMENT EN GRAINS

Le régime hydrique a affecté le rendement grains ($\alpha = 0,0165$). Les plants irrigués ont obtenu un rendement en grains supérieur à ceux stressés avec une moyenne de 1,61 contre 0,85 pour les stressés (Tableau 2). Le déficit hydrique a donc réduit le rendement en grains de 52,79 % chez les plants stressés. Par contre, aucune différence n'a été observée entre les traitements azotés quel que soit le régime hydrique (Figure 3).

4 DISCUSSION

MANIFESTATION DES TRAITEMENTS HYDRIQUE ET AZOTÉ SUR L'ÉTAT HYDRIQUE DE LA CULTURE, LE DÉVELOPPEMENT DU COUVERT VÉGÉTAL AINSI QUE SUR LE RENDEMENT ET SES COMPOSANTES

L'analyse de l'évolution de l'évapotranspiration journalière (ETRj), des consommations en eau cumulées sur le cycle (ETRc) et du potentiel hydrique foliaire (Ψ) a montré que les plants qui devraient être maintenues à évapotranspiration maximale (ETM) ont été bien alimentés jusqu'à la floraison (73^e JAS). Durant cette période, ils ont été différents de ceux stressés avec des valeurs de LAI et de biomasse sèche aérienne plus élevées. La référence [3] corrobore ce résultat. De même, l'effet de l'azote a été significatif sur ces paramètres, avec un bon développement des plants fertilisés. Même si lors du premier déficit hydrique la biomasse aérienne des plants fertilisés ont été plus élevée, son LAI a été réduit aux mêmes valeurs que ceux non fertilisés. Cependant, à la récupération le LAI des plants fertilisés a augmenté. Durant cette période, l'effet de l'azote n'a pas été mis en évidence sur les paramètres d'état hydrique des plants. L'apport d'eau sous-estimé au cours de la phase de formation et de remplissage des grains (92^e JAS) a entraîné une insatisfaction des besoins en eau à cause du fort développement végétatif noté précédemment chez les plants fertilisés, provoquant par conséquent un léger déficit hydrique au cours de cette phase. En effet, durant cette période, il a été enregistré une baisse des besoins en eau journaliers (ETRj) et une chute du potentiel hydrique foliaire au niveau des plants. Cela s'est fait ressentir par un ralentissement et une baisse du développement du couvert végétal montrée par le LAI. La différence observée au niveau du potentiel hydrique foliaire entre les plants stressés en F1 et en F0 pourrait se justifier par un besoin en eau élevé au niveau des plants fertilisés qui ont développé un couvert végétal important au cours de cette période. Ce déficit hydrique s'est traduit par une forte réduction du rendement des plants en conditions de fertilisation azotée quel que soit le régime hydrique. Le rendement des plants maintenus à ETM a été inférieur aux rendements de 2,5 à 3 t.ha⁻¹ obtenus par la référence [3] en conditions d'alimentation hydrique favorable. En effet, le déficit hydrique a causé une absence de l'effet de l'azote sur le rendement en grains, de telle sorte qu'il n'y a pas eu de différences entre la production en grains des plants fertilisés et celle des plants non fertilisés. Les plants fertilisés avec un développement végétatif plus élevé ont eu des besoins en eau plus importants et ayant produit plus d'épis n'ont pas eu la quantité d'eau nécessaire pour assurer le remplissage des grains donc le transfert d'assimilats vers ceux-ci [26]. Il a été obtenu un rendement en grains égal à celui des plants non fertilisés qui ont produit moins d'épis et qui ont su assurer au mieux le transfert d'assimilats pour le remplissage des grains. Cela est aussi valable pour les plants stressés sévèrement, mais avec des rendements encore plus faibles. La réduction plus marquée du nombre d'épis productifs en conditions de déficit hydrique s'expliquerait par l'augmentation du nombre d'épis improductifs. Conséquence d'une allocation plus faible des assimilats vers la formation des grains. En effet, d'après la référence [26], le déficit hydrique aurait des conséquences immédiates sur les épis se trouvant encore en phase précoce d'évolution (épiaison, floraison et fécondation), ou sur les grains en début de remplissage. Ceci aurait pour conséquence qu'à maturité, un certain nombre de grains ne soit pas formés ou que leur poids reste équivalent à celui des enveloppes. Cet effet plus marqué du déficit hydrique en conditions de fertilisation azotée a été déjà mis en évidence par la référence [3]. Ceci serait lié à un meilleur état hydrique en conditions d'absence de fertilisation qui serait favorable au transfert des assimilats. Pour ce qui concerne les assimilats azotés, leur transfert serait lié à une activité glutamine synthétase plus élevée.

5 CONCLUSION

Des différences dans la réponse à l'interaction sécheresse-fertilité azotée ont été observées sur la croissance et le rendement du mil. En effet, les résultats de notre étude ont montré que le stress hydrique réduit les valeurs de la consommation en eau des plants ainsi que le potentiel hydrique foliaire et que ces paramètres ne sont pas affectés par les traitements azotés quel que soit le niveau de régime hydrique considéré. L'apport d'azote a augmenté les valeurs de l'indice de surface foliaire ainsi que celles de la production de biomasse sèche aérienne. Ces valeurs ont été plus élevées au niveau des plants fertilisés pour un régime hydrique donné. Quant au rendement en grains, il a été réduit par le stress hydrique. Par contre, aucune différence n'a été observée entre les traitements azotés quel que soit le régime hydrique. Au terme de cette

étude, il apparaît que l'apport d'une fertilisation azotée couplé à une bonne pluviométrie améliorerait la croissance et le rendement en grains du mil. Par contre, la survenue de déficits hydriques au cours du cycle de la culture annulerait l'effet bénéfique de la fertilisation azotée sur la croissance et le rendement grain chez le mil.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée grâce à l'appui financier du CIRAD. Nos remerciements vont à l'endroit du DAAD (Deutscher Akademischer Austausch Dienst ou German academic exchange service) pour la bourse octroyée au premier auteur. Nos remerciements vont également à l'endroit d'Ibrahima N'DONG du service technique du CERAAS à Bambey (Sénégal) et à travers lui tous les autres agents dudit service.

6 TABLEAUX ET FIGURES

Tableau 1. Phénologie

Stades phénologiques	Semis	Tallage	Montaison	Epiaison	Floraison	Récolte
Jours après semis (JAS)	0	24	45	66	82	101

Tableau 2. Composantes du rendement

..	NBEP	NEIP	NGm ⁻²	P1000G	RG	IR
RH	<i>P=0.7137</i>	<i>P=0.1147</i>	<i>P=0.0240</i>	<i>P=0.0474</i>	<i>P=0.0165</i>	<i>P=0.0522</i>
ETM	34.25a	6.88a	21706.02a	7.41a	1.61a	0.18a
STR	33.13a	10.50a	13547.95b	6.26b	0.85b	0.13a
FN	<i>P=0.0036</i>	<i>P=0.0022</i>	<i>P=0.3815</i>	<i>P=0.0022</i>	<i>P=0.4719</i>	<i>P=0.0007</i>
F0	23.75b	4.50b	17096.93b	7.25a	1.26b	0.18a
F1	43.63a	12.88a	18157.04b	6.42b	1.20b	0.12b

Pour une variable et un effet donné, les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, test de Student Newman Keul's ; RH= régime hydrique, FN= fertilisation azotée, P= probabilité d'effet significatif, TRAI.= traitement, ETM= évapotranspiration maximale, STR= stressé, F1= apport d'azote et F0= sans apport d'azote.

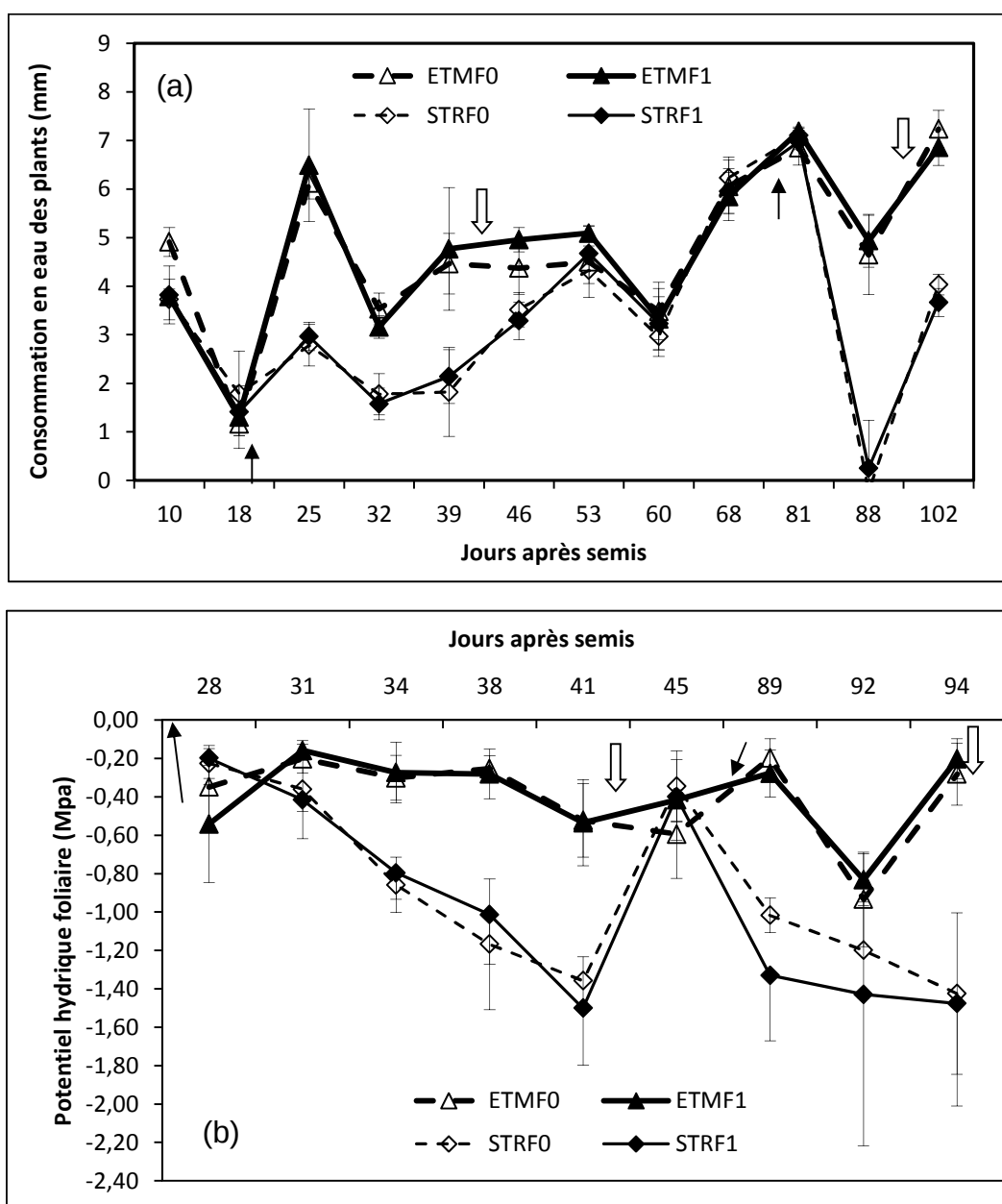


Fig. 1. Evolution de la consommation en eau (a) et du potentiel hydrique foliaire (b) des plants de mil

Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance au seuil de 5 % ; les flèches noires indiquent les dates d'application des stress et les blanches indiquent celles de la levée des stress.

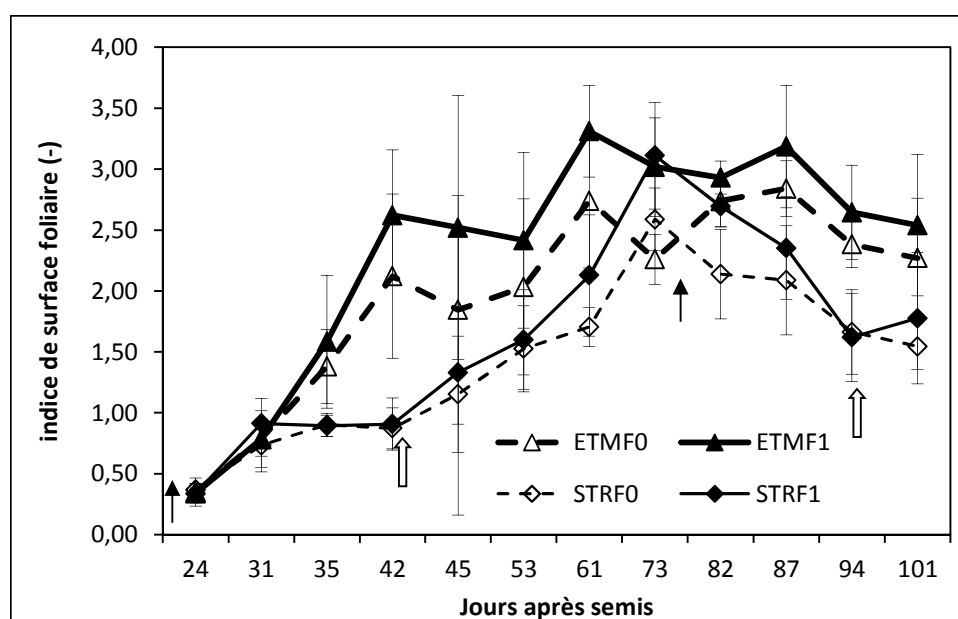


Fig. 2. Evolution de l'indice de surface foliaire des plants de mil au cours du cycle

Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance au seuil de 5 % ; les flèches noires indiquent les dates d'application des stress et les blanches indiquent celles de la levée des stress.

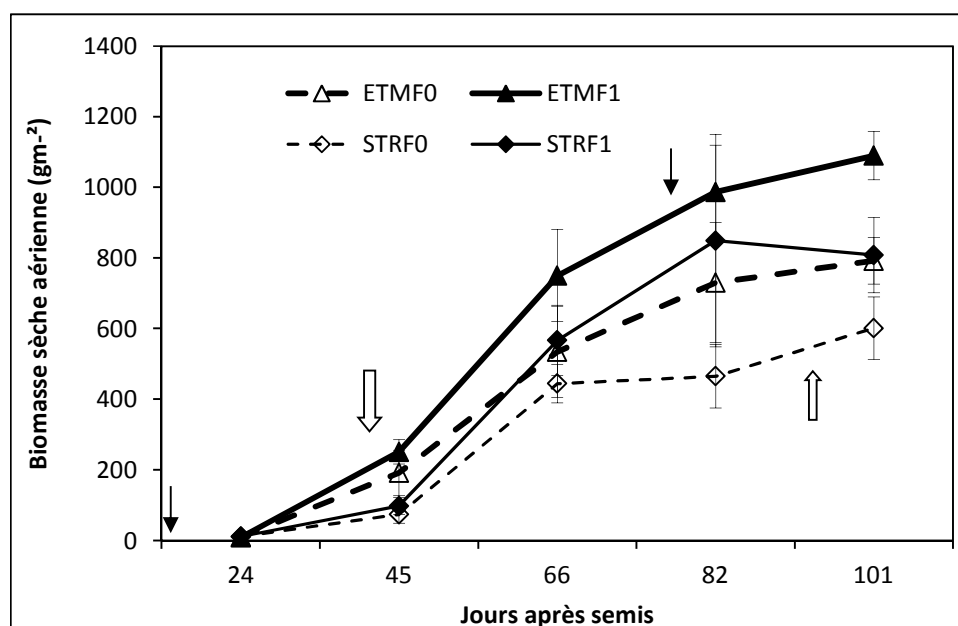


Fig. 3. Evolution de la biomasse sèche aérienne des plants de mil à chaque stade de développement

Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance au seuil de 5 % ; les flèches noires indiquent les dates d'application des stress et les blanches indiquent celles de la levée des stress.

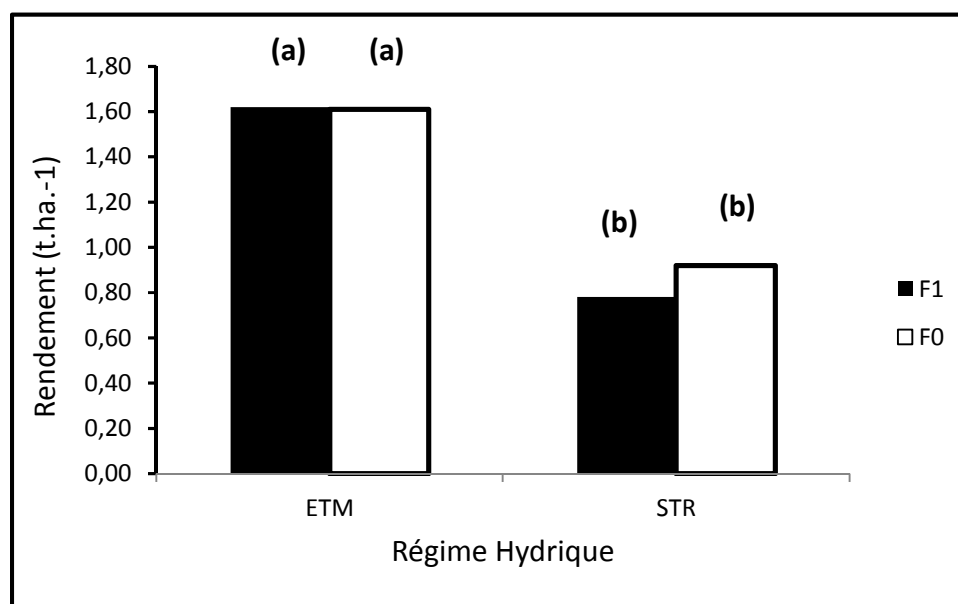


Fig. 4. Rendement

Pour une variable et un effet donné, les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%, test de Student Newman Keul's : ETM = évapotranspiration maximale, STR = stressée, F1 = apport d'azote (68,5 kg/ha) et F0 = sans apport d'azote

REFERENCES

- [1] Tostain, S., and Marchais, L., *Evaluation de la diversité génétique du mil (Pennisetum glaucum (L.) R. Br.) au moyen de marqueurs enzymatiques et relations entre formes sauvages et cultivées*. In: S. Hamon (Eds.), *Le mil en Afrique. Diversité génétique et agrophysiologique : potentialités et contraintes pour l'amélioration génétique et l'agriculture*, Orstom, Paris, pp. 33-56, 1993.
- [2] Anonyme, *L'économie mondiale du sorgho et du mil : faits, tendances et perspectives*, FAO, Rome, 1997.
- [3] O. Diouf, *Réponses agrophysiologiques du mil (Pennisetum glaucum (L.) R. Br.) à la sécheresse : influence de la nutrition azotée*. Thèse Doct., Univ. Libre de Bruxelles, 2000.
- [4] A. De Rouw, "Gestion de la fertilité du sol sur un terroir sahélien : fumure animal, matière organique et encroûtement superficiel du sol dans les systèmes de culture du mil, étude du Niger", *Agriculture et développement*, vol.18, pp. 63-70, 1998.
- [5] J. McIntire and L. K. Fussel, "On-farm experiments with millet in Niger: Crop establishment, yield loss factors and economics analysis", *Exp. Agric.*, vol. 25, pp. 217-233, 1989.
- [6] C. B. Christianson, A. Bationo and W. E. Baethgen, "The effect of soil tillage and fertilizer use of pearl millet yields in Niger", *Plant Soil*, vol. 123, pp. 51-58, 1990.
- [7] Le Houerou, H. N., *Relations entre la variabilité des précipitations et celle de productions primaire et secondaire en zone aride*. In: H. Le Floch, A. Grouzis, et J. C. Bille (Eds), *L'aridité : une contrainte au développement. Caractérisation, réponses biologiques, stratégies des sociétés*, Orstom, Paris, France, pp. 197-220, 1992.
- [8] F. Do, T. Winkel, L. Cournac and P. Louguet, "Impact of late-season drought on water Relations in a sparse canopy of millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.)", *Field Crop Res.*, vol. 48, pp. 103-113, 1996.
- [9] F. Do, *Réponses écophysologiques de cultivars de mil (Pennisetum glaucum (L.) R. Br.) à une sécheresse de fin de cycle en zone sahélienne : conséquences sur la stabilité du rendement*. Doctorat, Paris VII, Paris, 1994.
- [10] T. Winkel et F. Do, "Caractères morphologiques et physiologiques de résistance du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) à la sécheresse", *Agron. Trop.*, vol. 46, n°. 4, pp. 339-350, 1992.
- [11] De Rouw, A., Rajot, J. L., and Schmelzer, C., *Effets de l'apport de bouses de zébus sur les composantes du rendement du mil, sur les mauvaises herbes et sur l'encroûtement superficiel du sol au Niger*, In: A. Biales (Eds), *La conduite du champ cultivé. Point de vue d'agronomes*, Orstom, Paris, France, pp. 95-112, 1998.

- [12] J. Rockstrom and A. De Rouw, "Water, nutrients and slope position in on-farm Pearl millet cultivation in the Sahel", *Plant and Soil*, vol. 195, n°. 31, pp. 1-327, 1997.
- [13] F. Ganry, J. Bideau et R. Nicou, "Action de la fertilisation azotée et de l'amendement organique sur le rendement et la valeur nutritionnelle du mil Souma III", *Agron. Trop.*, vol. 29, n°. 10, pp. 1006-1015, 1974.
- [14] R. K. Pandey, J. W. Maranville and Y. Bako, "Nitrogen fertilizer response and use efficiency for three cereal crops in Niger", *Soil Science and Plant Analysis*, vol. 32, pp. 1465-1482, 2001.
- [15] C. Charreau et P. Vidal, "Influence de l'*Acacia albida* Del. sur le sol, la nutrition minérale et les rendements des mils *Pennisetum* du Sénégal", *Agron. Trop.*, vol. 20, pp. 600-626, 1965.
- [16] M. Diouf, *Analyse de l'élaboration du rendement du mil (Pennisetum typhoides Stapf et Hubb.). Mise au point d'une méthode de diagnostic en parcelles paysannes*. Doctorat, INA, Paris Grignon, 1990.
- [17] F. Forest, *Intérêts et limites de l'apport de matière organique en zone soudano-sahélienne : effets sur l'alimentation hydrique et sur le rendement de cultures d'arachide et de mil*, In: IFS/CTA, Ouagadougou (Eds), *Influence du climat sur la production des cultures tropicales*, pp. 93-104, 1991.
- [18] F. Affholder, "Empirically modeling the interaction between intensification and climatic risk in semi-arid regions", *Field Crops Research*, vol. 52, pp. 79-93, 1997.
- [19] G. Vachaud, C. Dancette, M. Sonko et J. L. Thony, "Méthode de caractérisation hydrodynamique *in situ* d'un sol non saturé - Application à deux types de sol du Sénégal en vue de la détermination des termes du bilan hydrique", *Annal Agronomy*, vol. 29, pp. 1-36, 1978.
- [20] C. Dancette, "Besoins en eau du mil au Sénégal. Adaptation en zone semi-aride tropical", *Agronomie Tropicale*, vol. 38, n°. 4, pp. 267-280, 1983.
- [21] J. Cocheme et P. Franquin, *Etude agroclimatologique dans une zone semi-aride en Afrique au sud du Sahara*. Projet conjoint d'agroclimatologie FAO/UNESCO/OMM., OMM n°. 210, TP. 110, 1968.
- [22] C. Dancette, "Agroclimatologie appliquée à l'économie de l'eau en zone soudano-sahélienne", *Agronomie Tropicale*, vol. 34, n°. 4, pp. 331-355, 1979.
- [23] M. V. K. Sivakumar, "Durée et fréquence des périodes sèches en Afrique de l'Ouest" *Bulletin de recherche / ICRISAT*, vol. 13, pp. 181, 1991.
- [24] P. Louguet et D. Laffray, "Techniques d'études de l'état hydrique des plantes" *Bull. Amélior. Prod. Agr. Milieu Aride*, vol. 1, pp. 7-34, 1988.
- [25] P. K. Maiti and F. R. Bidinger, *Growth and development of the pearl millet plant*. Research Bulletin, ICRISAT, Patancheru, A. P., India, 1981.
- [26] Do, F., and Winkel, T., *Mécanismes morpho-physiologiques de résistance du mil à la sécheresse. Intérêt d'une approche agrophysiologique et résultats expérimentaux*. In : *Le mil en Afrique : Diversité génétique et agro-physiologique. Potentialités et Contraintes pour l'amélioration génétique et l'agriculture*, vol. 283, pp. 187-204, 1993.

Performance improvement of mobile cloud by implementing a scheduler software layer

Yassine ELMAHOTI¹⁻², Noura AKNIN¹⁻², and Kamal Eddine EL-KADIRI²

¹Information Technology and Modeling Systems Research Unit,
Faculty of sciences, Abdelmalek Essaadi University,
93030 Tétouan, Morocco

²Computer Sciences, Operational Research and Applied Statistics Laboratory,
Faculty of sciences, Abdelmalek Essaadi University,
93030 Tétouan, Morocco

Copyright © 2016 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 mobile cloud computing (MCC) has permit a huge facility to get information from internet, a simple user now can connect anywhere and any when for receive the desirable information. But despite that, the mobile cloud are not yet capable to resolve same problems, like the mobile energy consumption. The batteries lifetime of mobile devices presents a major concern for customers, because of the variety applications available in the cloud, customers are often connected to the internet what their cause a massive energy consumption. This consumption is made also by the presence of heavy applications hosted in the cloud that require interesting resources. This paper proposes an implementation of a software layer that allows an intelligent scheduling of equipment in the mobile Cloud and permits also a fast processing of customer requests that will lead to a considerable conservation of energy and therefore a powerful and ecological system.

KEYWORDS: Cloud MCC, energy, scheduling, network.

1 INTRODUCTION

Today IT development was redirected towards the mobile environment since it generates a lot of money in favor of large customers in the different continents; the applications developed have affected all aspects of professional and personal entertainment of the customer. [1].

Currently the majority of the world population has become much attached to the telecommunications technologies, connect to the internet every day has become an indispensable operation for anyone that have a mobile terminal. This addition to the new technologies is due to the ease of obtaining information, all you need a mobile and wireless system(4G network for example) for having the likeable information.

The switching to mobile computing was with the presence of wireless networks, such as Wi-Fi, 3G and 4G. Despite this telecommunications system has enabled a mobility and flexibility to have information in the desired time and location, they are still unable to cope with some problems such as ensuring a good quality of service when the signal decreases, saving energy consumption of batteries and obviously reduce the overload of the equipment. [2]-[3]

This paper propose an implementation of a system that splits a customer request between the others devices (best elected devices) for minimizing the processing time, the results have shown that the implementation of this system contributes significantly to a considerable minimization of the request processing time and therefore minimizing the energy consumed.

The paper is organized as follows: Section (1) presents the mobile Cloud computing, Section (2) describes the functioning of the system proposed.

2 MOBILE CLOUD COMPUTING

The explosion in number of users is surely due to the large distribution of mobile devices in the world, a study conducted by Gartner (June 2015) showed that the number of Worldwide Device is reach 256 Million Units.

Table 1. Worldwide Device Shipments

Worldwide Device Shipments by (Segment Thousands of Units)	2013	2014	2015
Traditional PCs (Desk-Based and Notebook)	296,131	276,221	261,657
Ultra mobiles, Premium	21,517	32,251	55,032
Tablets	206,807	256,308	320,964
Mobile Phones	1,806,964	1,862,766	1,946,456

As show the Table 1, a significant number of internet user has emerged from the static to the mobile IT, this is due to the capability of the newest mobile equipment can perform many interesting tasks (sending mail, using heavy applications, storing big data).

The cloud has made a tremendous maturity for the mobile environment because it allowed him to use powerful resources beyond their performance, such as storage, hardware (RAM, CPU) and network. The cloud mobile users can use multiple services on demand according to their needs: [5]



Fig. 1. Types of cloud computing

- Infrastructure as a service (IAAS): This is the lowest level of the cloud computing delivering services; the cloud user can deploy remotely material resources as virtual servers (virtual machines).
- Platform as service (PAAS): The cloud providers prepares a test environment including the necessary prerequisites for testing the application's client. This type of cloud computing is often designed to the developers.
- Software as a service (SAAS): A software-delivering model that permit to the client to benefit of the software functionalities without installation, in general the client use the web browser for use the software.
- Data as service: (DAAS): The customer can benefit from storage resources; it can store its data in remote servers.
- Backend as service (BAAS): A delivering model that help developers make setup, management and linking their applications to the backend cloud storage.
- Compute as service (CAAS): A delivering model that permit to benefit from many features as a services such as computer, network, software, emailing, storage.

3 PROPOSED WORK

3.1 DESCRIPTION

To resolve the consumption energy problem in the mobile cloud computing environment, a layer architecture are proposed that ensure a best scheduling equipment, this layer permit a dividing of the customer request between the best elected mobiles in the network based on the following criteria such as : resources consumption, distance between mobiles, network signal, availability.

This layer is a set of component that provide these functionalities:

- Locator agent (LA): returns the localization of the mobile equipment.
- Splitter agent (SA): it divides the client request between the best-elected mobile returned by the monitor agent.
- Monitor Agent (MA): this agent monitors the resources allocations, availability and signal power of the mobile equipment.
- Mobile agent (MoA): Is an agent installed in each mobile for ensuring the communication between mobiles.

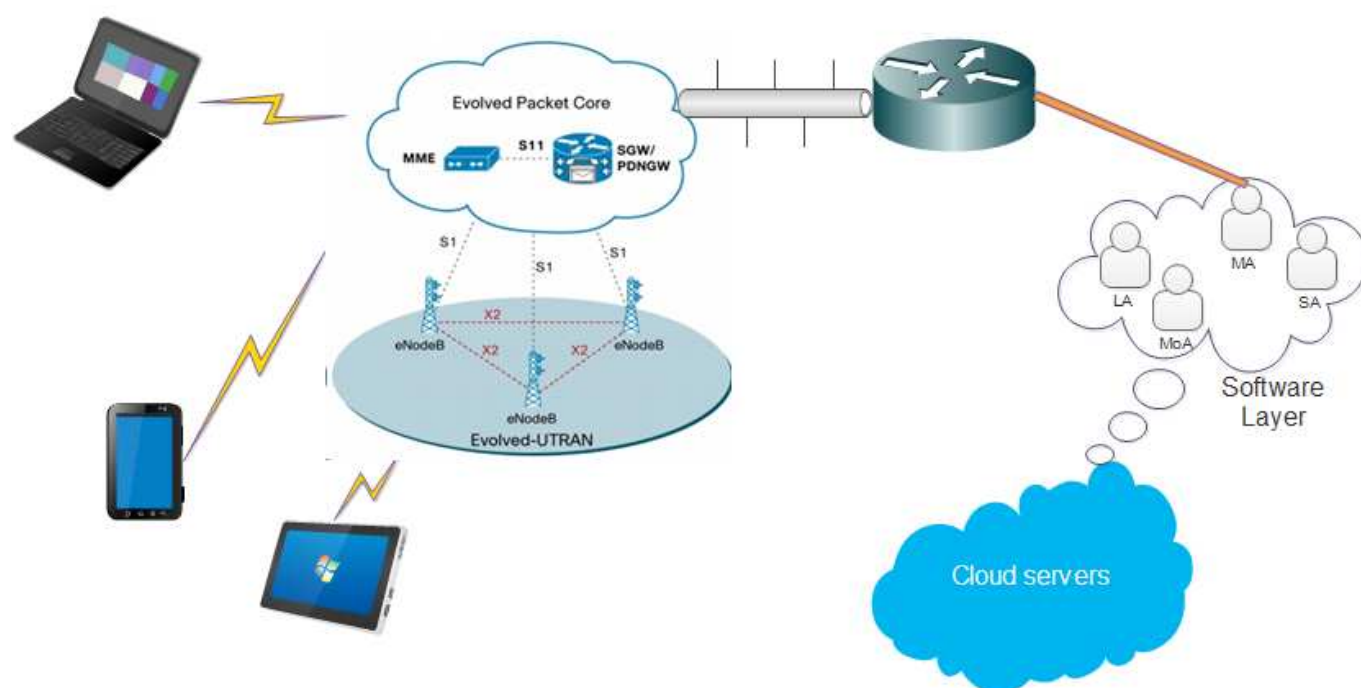


Fig. 2. The proposed system

As shown the Fig 2, the proposed layer is an intermediary between the client and the cloud servers, it receives the request from the client, contact the cloud servers and come back the response to the client after doing the necessary process in a very short time with the minimum of energy consumption.

When the client wants run an application in a cloud service, the locator agent starts by detecting the nearby equipment. Then the agent monitor keeps the less overloaded in terms of resources consumption (RAM, CPU, Disk, signal strength, battery percentage), the next step is performed by the splitter agent, it divide the client's process by the mobile selected by the monitor agent, and finally when each mobile ends hit task, it sends the result to the concerned client.

4 RESULTS

We installed a test model to test our work, for this we have implemented a cloud infrastructure of three powerful servers in each one (64 GB, 24 CPU) and a storage capacity of 30TB for delivering cloud services to the client. In our experimentation, we had use windows tablet for simulating the mobile behavior in the mobile cloud. For testing also the heavy applications

hosted in the cloud, a program in language C was developed that need an important resource to execute was injected in some machines.

As already mentioned, this software layer allows a splitting of user's Request for a fast processing and less consuming energy, the table shows the result when the implementation of this layer is made:

Table 2. Processing Time and Power Usage consumption

Devices number	Processing time (second)	Average power usage (Watt)
1	5754	23
2	2886	19
3	1732	16
4	1442	13

As shows the table 2, when the implementation of the proposed layer is made, a significant decline in processing time of customer processes is ensured by its distribution over the different mobile elected by the Monitor agent, also the power usage is decrease because the equipment mobile come more offload by processing just a part of the hole process.

To ensure that the energy consumed by a mobile for processing the request's customer in the case without using the proposed layer exceed the energy summation by all selected devices by monitor agent, we had calculate the energy by the formula as below and we found the following result as shown the Fig 3:

$$Energy = proc_time * \sum_{i=1}^n power_usage_i \quad (1)$$

Which *proc_time* is the processing time for a customer process, $\sum_{i=1}^n power_usage_i$ is the sum of the power usage consumed by the different mobile and n is the number of mobile device elected by the Monitor agent.

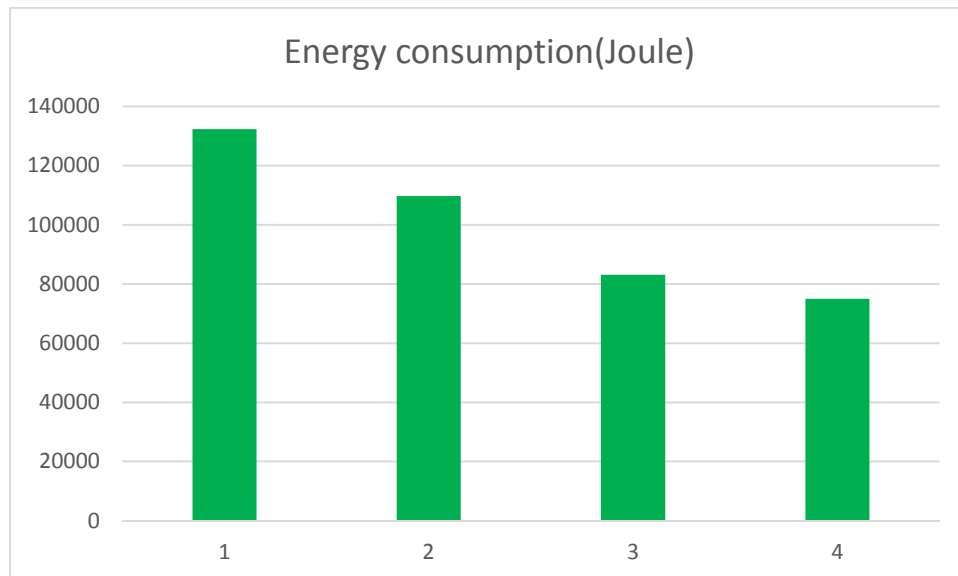


Fig. 3. Thee energy consumption by number of mobile

5 CONCLUSION

The mobile cloud computing (MCC) has become more and more present in our life and that is due to the wide availability of mobile devices in the world market (smartphones, tablets, etc.). However unlike the cloud computing has proven a big

development and performance in communication technologies, the mobile devices are not able to fully benefit from this development due to their resource's limitations especially their battery life.

The proposed work in this paper will permit a best saving of consumption energy for the customer by a smart splitting of request by the best elected mobiles. This splitting permits the minimization of the processing time and using the minimum of the power usage.

This layer will provide a significant Green computing system capable of handling multiple tasks with minimal resources and deliver in a very time the desired services by the client.

REFERENCES

- [1] Majed Balkhi, "Opportunities of Cloud Computing," International Journal of Innovation and Scientific Research, vol. 4, no. 1, pp. 33–41, July 2014.
- [2] Reem Alattas, "Cloud Computing Algebraic Homomorphic Encryption Scheme," International Journal of Innovation and Scientific Research, vol. 8, no. 2, pp. 191–195, September 2014.
- [3] Yassine ELMAHOTI, Noura AKNIN, Souad Amjad, Kamal Eddine El Kadiri "Process optimization time for a service in 4G network by SNMP monitoring and IaaS cloud computing", International Journal of Computer Applications, august 2013.
- [4] Bashir Alam¹, M.N. Doja¹, Mansaf Alam, Shweta Mongia, 5-Layered Architecture of Cloud Database Management System, 2013 AASRI Conference on Parallel and Distributed Computing and Systems.
- [5] Masudur Rahman and Wah Man Cheung, "Analysis of Cloud Computing Vulnerabilities," International Journal of Innovation and Scientific Research, vol. 2, no. 2, pp. 308–312, June 2014.
- [6] Putnik, G. D. , Ferreira, L. , Cunha, M. , Putnik, Z. , Castro, H. , & Shah, V. "User Pragmatics for Effective Ontologies Interoperability for Cloud-based Applications: The case of Ubiquitous Manufacturing System UI. Electronic Markets", The International Journal on Networked Business, 2012.
- [7] Lagar-Cavilla, H. A. , Whitney, J. , Scannell, A. , Patchin, P. , Rumble, S. , De Lara, E. , Brudno, M. , And Satyanarayanan, M. "SnowFlock: Rapid Virtual Machine Cloning for Cloud Computing. " In Proceedings of EuroSys 2009 Nuremberg, Germany, March 2009.
- [8] Ali Khajeh-Hosseini, David Greenwood, Ian Sommerville, 2010 "Cloud Migration: A Case Study of Migrating an Enterprise IT System to IaaS", Proceeding CLOUD '10 Proceedings of the IEEE 3rd International Conference on Cloud Computing Pages 450-457.
- [9] Chen, J. Multilingual Information Access for Digital Libraries and the Machine Translation of Metadata Records. Public Library Journal, 2012; 36(3):51-58.
- [10] Dušan Teodorović, 2009 "Bee Colony Optimization (BCO)", Innovations in Swarm Intelligence Studies in Computational Intelligence Volume 248, Pages 39-60
- [11] Nidhi Jain Kansal, Inderveer Chana, 2012 "Cloud Load Balancing Techniques: A Step Towards Green Computing", IJCSI International Journal of Computer Science Issues, Vol. 9, Issue 1, No 1, ISSN (Online): 1694-0814.
- [12] Sururah Apinke Bello, A Proposed Criteria for Evaluating Cloud based Systems, 2010 International Journal of Computers & Technology, ISSN 2277-3061.
- [13] Foster, I.; Yong Zhao; Raicu, I.; Lu, S., "Cloud Computing and Grid Computing 360-Degree Compared," Grid Computing Environments Workshop, 2008. GCE '08, vol., no., pp.1-10.
- [14] Fernando Rodríguez-Haro, Felix Freitag, Leandro Navarro, Efraín
- [15] Shaikh, F.B.;Dept. of Comput. & Technol., SZABIST, Islamabad, Pakistan; Haider, S." Security threats in cloud computing": Internet Technology and Secured Transactions (ICITST), 2011, IEEE conference, ABUDAHBI.
- [16] Mollah.M.B, Islam.K.R, Islam.S.S, "Next generation of computing through cloud computing technology" published at Electrical & Computer Engineering(CCECE), 2012 25th IEEE Canadian Conference.
- [17] Jyoti Verma, Heena Gulati, Harish Kundra, 2014." A Sophisticated Job Scheduling Approach to Minimize the Time Consumption at Computational Cloud", International Journal of Computer Applications.
- [18] Ajith Singh. N, M. Hemalatha. 2012. An Approach on Semi-Distributed Load Balancing Algorithm for Cloud Computing System.
- [19] Daniel Nurmi, Rich Wolski, Chris Grzegorzczak, Graziano Obertelli, Sunil Soman, Lamia Youseff, Dmitrii Zagorodnov, "The Eucalyptus open-source cloud computing system", 9th IEEE/ACM International Symposium on Cluster Computing and the Grid, CCGRID'09, pp. 124–131, 2009

Implementation a dynamic security in the Cloud computing environment

Yassine EL MAHOTI¹⁻², Noura AKNIN¹⁻², and Kamal Eddine EL-KADIRI²

¹Information Technology and Modeling Systems Research Unit,
Faculty of sciences Abdelmalek Essaadi University,
93030 Tétouan, Morocco

²Computer Sciences, Operational Research and Applied Statistics Laboratory,
Faculty of sciences Abdelmalek Essaadi University,
93030 Tétouan, Morocco

Copyright © 2016 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 recent years, the security of cloud computing has become a major challenge for all organizations because any attack can cause serious problems such as stealing customer and government information, control of systems by others entities (hackers) to perform any operation for their needs, etc. The last decade, the cyber-attacks have become increasingly complex, sophisticated, multiple and the majority of traditional security systems are unable to detect them. The goal of this article is present a secure layer installed in the cloud providers that allows a high security performance in the cloud environment. This is achieved by controlling all the services executed by customers on their virtual machines and block or quarantine the unknown of them until the provider decision is made.

KEYWORDS: Cloud Computing, Dynamic security, Cyber-attacks, Virtualization.

1 INTRODUCTION

With cloud computing, companies, users or public organizations can use many services they would not otherwise have because of the cost. In particular, small organizations or individuals can use very IT advanced services that the cloud permits them to develop and sell their own services. Therefore, the cloud computing offers tremendous potential for creativity and innovation in the services on the internet.

Despite the great success proved by the cloud during the last years in terms of diversity of applications given for costumers, it began to have a serious problem especially in data and access security. In fact, the cloud is based on virtual environments, it allows many customers to share the same resources like (storage, network, CPU, RAM). This sharing of hardware and data between many costumers by virtual machines must be secured, because any mishandling of a VM can overthrow the datacenter and therefore overthrow all the cloud providers' activities.

This paper propose an implementation of a software layer in the cloud servers that permit to move from a static security system which is based generally by implementing the traditional security policy like as installing firewalls, network filtering, access restriction to another dynamic that monitors in real time all activities executed by the client in the cloud platform (resources consumed, applications executed, localization services, etc.). Moreover, the moment when it detects a suspect behavior of the client such as a strange localization, executing applications which isn't in his profit, it blocks the virtual machine infected and contacts the admin for taking the necessary precautions.

The paper is organized as follows: Section (1) gives an overview of the Cloud computing: its types and its deployment methods, Section (2) describes the virtualization environment and the last section (3) describes the functioning of the software layer proposed.

2 CLOUD COMPUTING

Faced with the ever-increasing costs of implementation and maintenance of IT systems, companies outsource more often their systems management. [2]

Indeed, this outsourcing of resources and software is cloud computing. Cloud computing allows the use of multiple services on demand, and the company pays only what it consume. This new model of IT management has given a great flexibility for companies to manage their data, and a significant economization at material and human resources. Cloud computing has proven to be a very important contributor at the ecological and economical levels by:

- Reducing the energy consumption by resources pooling (sharing the same resources with several customers).
- Reducing cost: the companies pays only what they consume.
- Reducing waste: infrastructure managed internally are often underutilized, while a cloud infrastructure is pooling all resources for a large number of companies, and,
- Making resources flexible: the company can increase the capacity of its infrastructure without major investment.

The services offered by the cloud can be positioned in three areas: There are three types of cloud as shows the figure 1:

- SaaS: Software as a Service
- PaaS: Platform as a Service
- IaaS: Infrastructure as a Service

2.1 SOFTWARE AS A SERVICE: SAAS

Software as a Service (SaaS) is a software installed on remote servers rather than on the user's machine. Customers do not pay for a license version, but generally use free online service or pay a recurring subscription.

2.2 PLATFORM AS A SERVICE: PAAS

PaaS allows a test environment with all the necessary prerequisites for any company or individual that want to test their applications.

2.3 INFRASTRUCTURE AS A SERVICE: IAAS

IaaS (Infrastructure as a Service) provides a virtual IT infrastructure such as the computing power, virtual machines, including an operating system, storage and backup services.

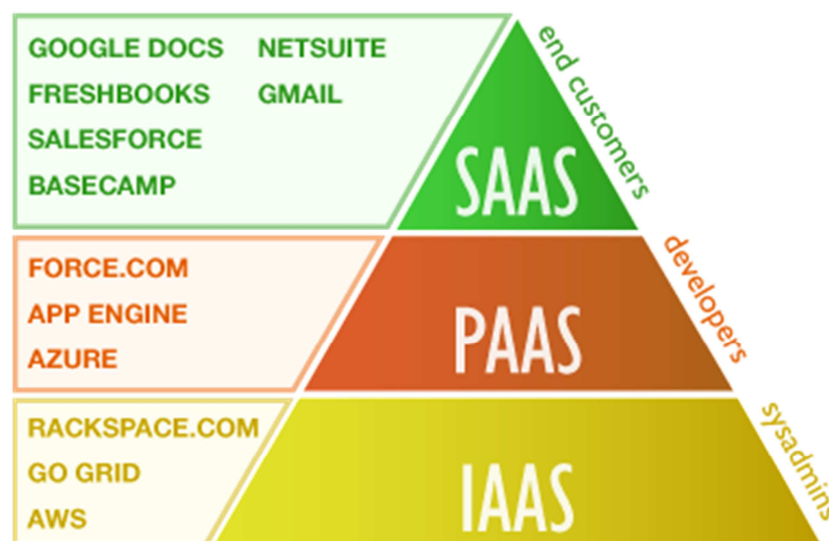


Fig. 1. Cloud computing types

2.4 DEPLOYMENT MODELS

There are three main deployment models in the IT world: public cloud, private and hybrid. Each model is used according to the need of the company or individual.

- Public cloud

Public clouds are managed by a specialized company that rents its services to many companies or individuals. This mode is open for everyone no matter how they are connected to the internet.

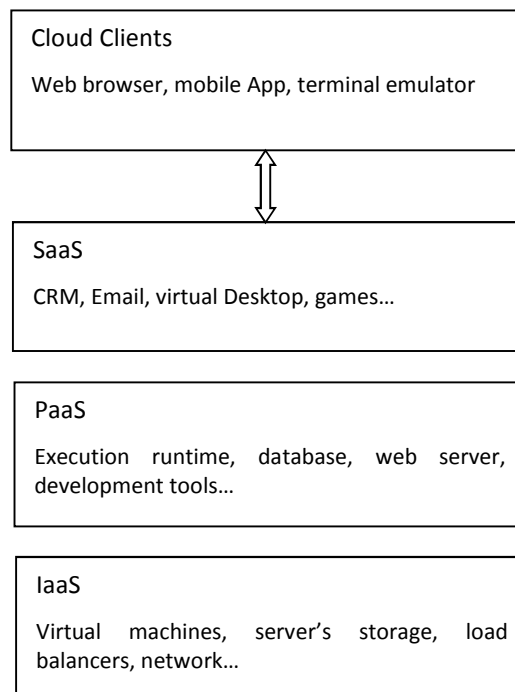
- Private cloud

Private clouds are dedicated to the needs of a single company or group of companies but hosted by a service provider.

- Hybrid cloud

Hybrid cloud is a combination of both public and private cloud models.

The Cloud is a topical environment that knows huge changes; diversity of services enables customers to have a fairly comprehensive list, we show the different services that can be benefited by the customer. [4]- [8]



3 THE TRADITIONAL SECURITY POLICY

The majority of the Information Systems managers invest fully to mount a secure IT platforms, they know very well that a single attack can cause serious damage to their company's business, the security policy used by the most of them is based on the implementation of several security layer:

- Firewalls (Firewall): a component that protects a network from intrusions from Internet generally the third-party networks.
- Data encryption: a technique that reformulate a source information in order to be not interpreted by unauthorized entities. Encryption is an essential mechanism to make the highly secure information especially for governments, military and banks.
- Access management: a mechanism to clearly specify the entities that have the right of access to computers and IT platforms. The types of access can be physical like making access restrictions (access badges, biometrics), or logical as well make specified user profiles (administrator profile, user profile).
- IPS (Intrusion Protection System): The IPS is a prevention system / intrusion protection against malware and hackers. IPS is an extended an IDS (Intrusion Detection System) which aims to intercept intruders packets in the network.

As we can see, the majority of information systems managers were focused to build a very secure perimeter around their platforms while believing that the attacks came from outside their network. But in recent years, the attacks change target because the control and the supervision of users has become a very difficult task, he can connect through an insecure and an untrusted network with his mobile, so the hackers have taken advantage of this factor, they reprogrammed a user-oriented attacks to take the necessary information to seep invisibly in companies networks and make the desirable instructions and attacks.

Today, the type of attacks have become increasingly oriented and targeted, the hacking now has become a well-organized and defective crime and the hackers do not just target the single internet users, but rather they target big entities such as government, banks and multinational industries.

Faced with the implementation of these static security systems, the digital attacks have been redeveloped and reclaimed more maturity and became able to infiltrate invisibly in the network, the hackers know very well how this security systems are implemented and they are aware that attacking directly is a very difficult operation, so that the attacks were redirected towards users, they usually have no internet safety culture, and can install defective applications or navigate in malicious sites and share they sensitive business information that allows hackers to have the necessary information to build a very sophisticated and invisible attack.

4 PROPOSED WORK

4.1 DESCRIPTION

Since users have become the attractive targets for hackers, we implemented an additional architecture of the classical architecture (firewall, IPS), called the dynamic security for detecting the unknown user's behavior. This software layer (as shows the figure 2) is dedicated to detect in real-time the unknown user's behavior based on the previously reports consolidated on their various activities in the Cloud (location, interest profile, monitor running processes, resources consumed, etc.).

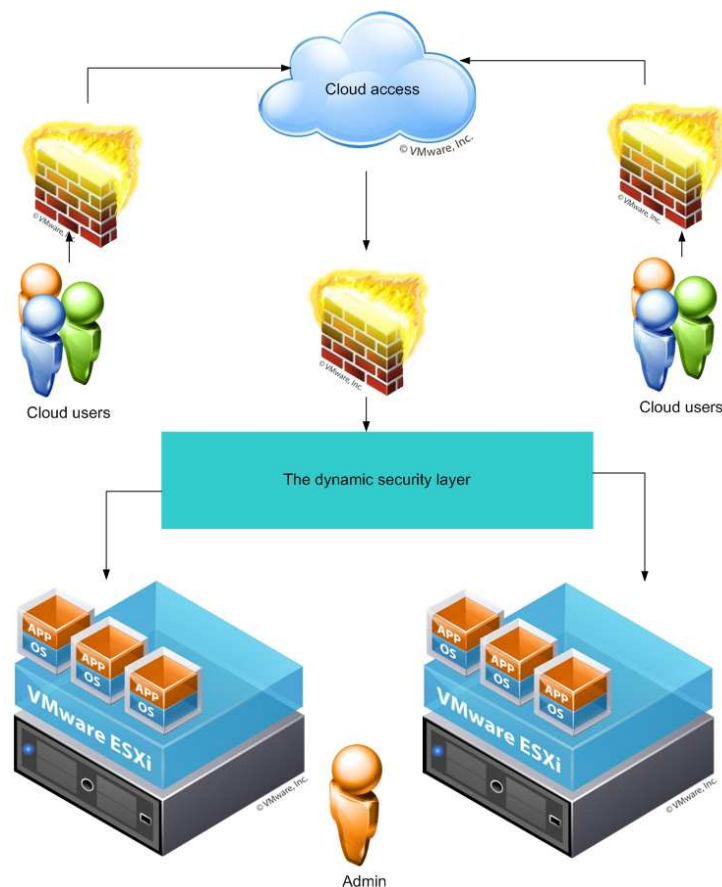


Fig. 2. The proposed architecture

This layer is a group of subsystems interconnected between them for having a real time monitoring for all activities executed by the customers:

- Localizer agent: return the localization of the client.
- Monitor Agent: this agent monitors the resources allocations and the executed applications in virtual machines.
- Reporter Agent: gets information from Localizer & Monitor agent and:
 - Contacts the firewall and VMM to block all unknown services or virtual machine when it finds an unknown service was in black list of service and notify the admin platform.
 - Notify the admin when it finds a new unknown service for starting investigation
- The virtual machine manager (VMM): the hypervisor of all virtual machine, It performs the migration of virtual machine (VM) between hosts, add resources to VM

This architecture proposed allows a very detailed report on all activities by the customers and also communicate with the major actors in the platform for providers (Virtual Machine monitor (VMM), firewall, etc.).

4.2 ALGORITHM

The architecture proposed runs scripts on the network for returning on real time all services executed in providers network and communicates in a dynamic and interactive way with the VMM and the admin to block or permit an execution of an application. The functioning process of this software layer Middleware is defined as shows the figure 3.

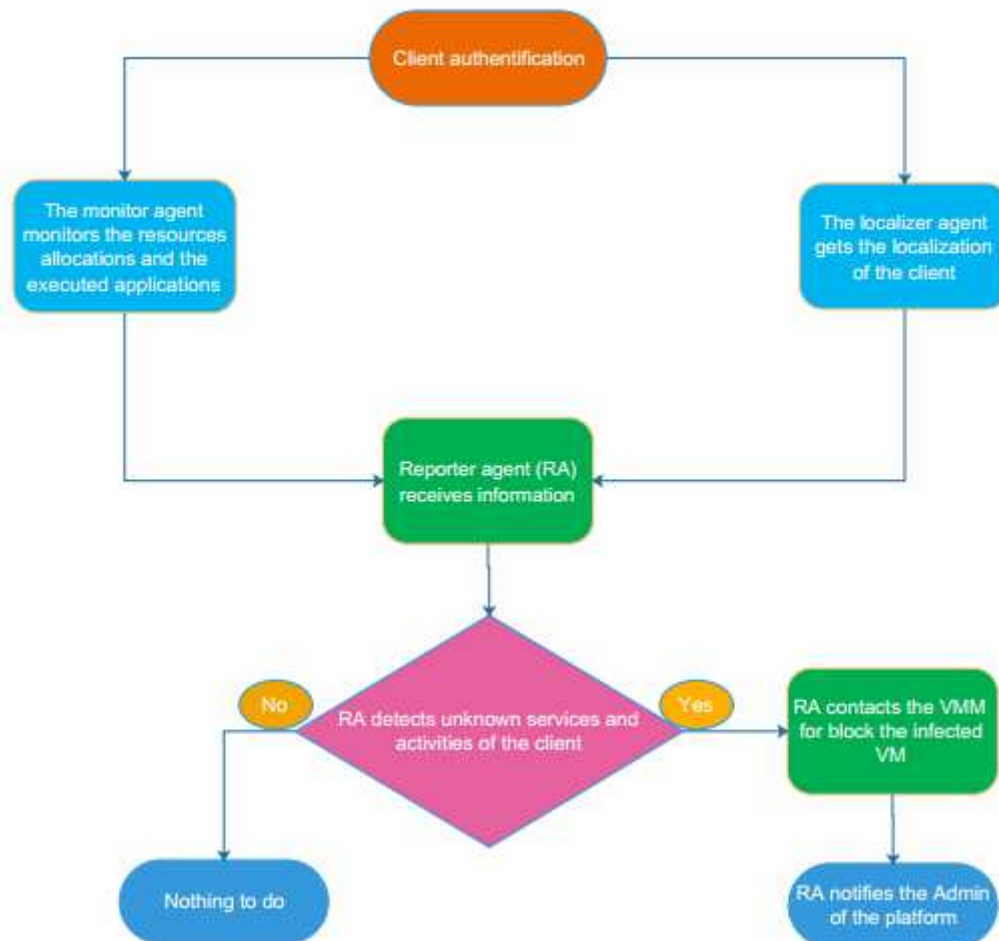


Fig. 3. The proposed algorithm for detecting the unknown services

When user authenticates in the cloud, the localizer and the monitor agent come back in real time information to the reporter agent like as resources allocations, executed services, its location, etc. This information will be compared with

already consolidated reports of the customer, and the moment of the RA detects a suspicious behavior such as a different location of the client or a mysterious applications are running which are not in its profits, it contacts the VMM to quarantine the infected virtual machine and notifies the cloud administrator to take the necessary precautions.

CONCLUSION

The cloud security requires a deep reflection on the establishment of security policies. In a cloud environment, the connection management and access profile were exceeded, we had to go to the next level and think of security in terms of use and type of hosted data. The amount and variety of information exchanged in the cloud need to have a security system that takes into account these factors. For this it is necessary have a dynamic system that analyzes each information separately and specifically.

The architecture proposed in this paper permits this dynamic treatment because it ensures a real time monitoring for all services executed in the cloud platform and block any unknown of them, to avoid any execution of any services by a virtual machine which can damage the shared resources of the cloud platform.

REFERENCES

- [1] M. Hsieh, C.Chang, L. Ho, J. Wu and P. Lui. "SQLMR: A Scalable Database Management System for Cloud Computing
- [2] Yassine ELMAHOTI , Noura AKNIN, Souad Amjad, Kamal Eddine El Kadiri "Process optimization time for a service in 4G network by SNMP monitoring and IaaS cloud computing", International Journal of Computer Applications , august 2013.
- [3] Sanjay P. Ahuja and Deepa Komathukattil, A Survey of the State of Cloud Security, Network and Communication Technologies; Vol. 1, No. 2; 2012, ISSN 1927-064X.
- [4] Bashir Alam¹, M.N. Doja¹, Mansaf Alam, Shweta Mongia, 5-Layered Architecture of Cloud Database Management System, 2013 AASRI Conference on Parallel and Distributed Computing and Systems.
- [5] Maricela-Georgiana Avram (Olaru), Advantages and challenges of adopting cloud computing from an enterprise perspective, The 7th International Conference Interdisciplinarity in Engineering (INTER-ENG 2013).
- [6] Lee SY, Tang D, Chen T, Chu WC (2012) A QoS Assurance middleware model for enterprise cloud computing. In: IEEE 36th Annual Computer Software and Applications Conference Workshops (COMPSACW), 2012, pp 322–327
- [7] Bahram S, Jiang X, Zi W, Grace M, Li J, Srinivasan D, Rhee J, Xu D (2010)"DKSM: subverting virtual machine introspection for fun and profit". 29th IEEE International Symposium on Reliable Distributed Systems, pp 82–91
- [8] Yuki Ashino, Masayuki Nakae , "Virtual Machine Migration Method between Different Hypervisor Implementations and its Evaluation, IEEE, 2012 26th International Conference on Advanced Information
- [9] Chen, J. Multilingual Information Access for Digital Libraries and the Machine Translation of Metadata Records. Public Library Journal, 2012; 36(3):51-58.
- [10] Masudur Rahman and Wah Man Cheung, "Analysis of Cloud Computing Vulnerabilities", International Journal of Innovation and Scientific Research ISSN 2351-8014 Vol. 2 No. 2 Jun. 2014, pp. 308-312
- [11] A. Dharini, R.M. Saranya Devi, and I. Chandrasekar, "Data Security for Cloud Computing Using RSA with Magic Square Algorithm", International Journal of Innovation and Scientific Research Volume 11, Issue 2, November 2014, Pages 439–444.
- [12] Ms. Punam U. Lambat, Prof. Mr. Parag Jawarkar, and Mr. G. Rajesh Babu, "SECURITY STORAGE SYSTEM FOR CLOUD USER USING OSD WITH A SELF-DESTRUCTING DATA", International Journal of Innovation and Scientific Research Volume 11, Issue 1, October 2014, Pages 19–26
- [13] Divya Kapil , Emmanuel S. Pilli and Ramesh C. Joshi , "Live Virtual Machine Migration Techniques: Survey and research Challenges" .Third IEEE International Advance Computing Conference(IACC), 2013.
- [14] Fernando Rodríguez-Haroa, Felix Freitag, Leandro Navarro, Efraín
- [15] Hernandez-Sánchez , Nicandro Farías-Mendozaa,, Juan Antonio Guerrero-Ibañez ~ , Apolinar Gonzalez-Potes, A summary of virtualization techniques, The 2012 Iberoamerican Conference on Electronics Engineering and Computer Science.
- [16] K. Dutta, R. Guin, S. Banerjee, S. Chakrabarti, U. Biswas, A smart job scheduling system for cloud computing service providers and users: modeling and simulation, in: Proc. 2012 1st Int. Conf. Recent Advances in Information Technology, RAIT, 2012, pp. 346–351.

The hospital accreditation program in Morocco after 5 years of launch

[Le programme d'Accréditation hospitalière au Maroc après 5 ans de lancement]

Abdelhak Dhaim¹, Mahjoub Aouane², Abdelilah El Klifi¹, Abderrazak Zahraoui¹, Rachid Ijoub¹, and Rachid Ben Gueddour³

¹Doctorat sciences et techniques CED,
Département de Biologie, Université Ibn Tofail, Kenitra, Maroc

²Laboratoire du Biotechnologie, Environnement et Qualité,
Département de Biologie, Université Ibn Tofail, Kenitra, Maroc

³Directeur du laboratoire Nutrition et Santé,
Département de Biologie, Université Ibn Tofail, Kenitra, Maroc

Copyright © 2016 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: Morocco has undertaken, with the support of the World Health Organization, in a process of development of a national hospital accreditation system and in 2009 the program was launched.

In this context a review of the implementation of the accreditation process at a regional hospital was made in November 2011.

This work aims exposure of the added value of the hospital improvement plan in place following recommendations of Auditors, Try to activate and understand the desired change in the preparation for accreditation.

The information was collected through interviews with health personnel, through direct observation and a questionnaire based on the criteria and sub criteria with points of improvement.

The results obtained per unit, hospital services or activities are:

- Biological Laboratory (LAB): 2 conformities, 1 Not compliance and 6 critical points.
- Occupational Safety and Health (OSH): 5 conformities, 4 non-conformities and 3 critical points.
- Hygiene, cleaning and disinfection of premises (HYG): 1 compliances, 2 non-conformities and 1 critical point.
- Security, fire and management of emergency situations (INC): 0 compliances, 8 non conformities and 4 critical points.
- Management system and quality assurance (QMS): 0 compliance, 1No compliance and 2 critical points.
- Management of medical and pharmaceutical waste (DEC): 2 conformities, 2 non-conformities and 3 critical points.

Overall, the results of the study which I have managed have demonstrated that the quality process in the hospital EL IDRISI had a positive impact because it has raised the motivation of a number of staff and Federated them around objectives common, but you cannot deny that there is much work to do since 23% of discrepancies were corrected while 77% remain uncorrected.

KEYWORDS: Quality improvement, Hospital Accreditation, Quality audit, Monitoring, Improvement Plan, Points for improvement, Quality approach.

RESUME: Le Maroc s'est engagé, avec l'appui de l'Organisation mondiale de la santé, dans un processus de développement d'un système national d'accréditation hospitalière et en 2009 le programme a été lancé.

Dans ce cadre une analyse de la mise en place de la démarche d'accréditation au niveau d'un hôpital régional a été faite en novembre 2011.

Ce travail vise l'exposition de la valeur ajoutée du plan d'amélioration de l'hôpital mis en place Suite aux recommandations des Auditeurs, Essayer d'activer et de comprendre le changement souhaité pour la préparation à l'accréditation.

Les informations ont été collectées à l'aide des entretiens avec le personnel de santé, par l'observation directe et par un questionnaire basé sur les critères et sous critères présentant des points d'amélioration.

Les résultats obtenus par unité, service ou activité de l'hôpital sont les suivants :

- Le laboratoire biologique (LAB) : 2 conformités, 1 non conformité et 6 points critiques.
- Sécurité et santé au travail (SST) : 5 conformités, 4 non conformités et 3 points critiques.
- Hygiène, nettoyage et désinfection des locaux (HYG) : 1 conformité, 2 non conformités et 1 point critique.
- Sécurité, incendie et gestion des situations urgentes (INC) : 0 conformités, 8 non conformités et 4 points critiques.
- Système de management et de garantie de la qualité (SMQ) : 0 conformité, 1 non conformité et 2 points critiques.
- Gestion des déchets médicaux et pharmaceutiques (DEC) : 2 conformités, 2 non conformités et 3 points critiques.

Globalement, les résultats de l'étude auxquels je suis parvenu ont démontré que la démarche qualité dans l'hôpital EL IDRISSE a eu un impact positif, car elle a suscité la motivation d'un certain nombre de personnel et les a fédérés autour des objectifs communs, mais on ne peut pas nier qu'il reste un grand travail à faire puisque 23% des écarts ont été corrigés tandis que 77% restent non corrigés.

MOTS-CLEFS: Amélioration de la qualité, Accréditation hospitalière, Audit qualité, Suivi, Plan d'amélioration, Points d'amélioration, Démarche qualité.

INTRODUCTION

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) déclare que «... Le droit à la santé suppose de pouvoir accéder en temps opportun à des soins acceptables, abordables et de qualité appropriée». La qualité et la sécurité des soins sont des soucis réels et quotidiens que partagent tous les intervenants dans le domaine de la santé. Elles correspondent à une attente légitime des usagers des services de santé, à une obligation éthique des professionnels et à une exigence de performance pour les gestionnaires [1, 2].

Au Maroc, l'alignement des établissements de santé aux normes de qualité est explicitement consacré dans la nouvelle constitution qui stipule à son article 154 que « les services publics sont organisés sur la base de l'égal accès des citoyennes et citoyens, de la couverture équitable du territoire national et de la continuité des prestations. Ils sont soumis aux normes de qualité, de transparence, de reddition des comptes et de responsabilité et sont régis par les principes démocratiques consacrés par la Constitution » [3].

Conscient de cette exigence, le Ministère de la Santé (MS) s'est engagé dans une vaste réforme afin d'améliorer aussi bien l'accès aux soins que la qualité des services [4].

Cela est explicité dans la stratégie sectorielle 2012-2016 dont les orientations portent entre autres sur la mise à niveau des hôpitaux publics, l'amélioration de la qualité des prestations, la valorisation des ressources humaines, l'élargissement de la couverture médicale.

Dans cette optique, des initiatives importantes telles que la conférence GATT de Marrakech, l'élaboration du premier document qualité intitulé Gestion Intégrée de la Qualité (GIQUA) en 1996, la mise en place du Programme National d'Assurance de la Qualité (PNAQ) en 1998, les 100 sites qualité dans le cadre du Projet de Financement et de Gestion du Secteur de la Santé (PFGSS) en 2000, le premier prix du concours qualité pour la province de Tétouan en 2001, la première conférence nationale de la qualité à Marrakech en 2003, les cinq concours nationaux de qualité, lancement du programme d'accréditation des hôpitaux en 2009 [5].

A l'instar des autres organisations hospitalières, le Centre Hospitalier régional de GHARB CHRARDA BENI HSEN a connu en 2011 une visite des Auditeurs du Ministère de Santé pour l'appréciation de l'état des lieux et suite à cette visite un rapport qui porte les dysfonctionnements, les points forts et les points faibles a été rédigé [6]. De leur côté les responsables du centre hospitalier régional ont élaboré un plan d'action pour corriger les écarts [7].

Le présent travail a pour objectif de déterminer à travers les résultats obtenus la valeur ajoutée du plan d'amélioration de l'hôpital mis en place. Suite aux recommandations des experts visiteurs, Essayer d'activer et de comprendre le changement souhaité pour la préparation à l'accréditation.

MATERIEL ET METHODES

PRÉSENTATION DE L'HÔPITAL EL IDRISSE DE KENITRA

Kenitra, capital du Gharb est située au nord-ouest du Maroc, à proximité de l'océan atlantique (10 km) et à 40 km au nord de Rabat, construite sur la rive de l'oued Sebou, la ville de Kenitra possède l'unique port fluvial du pays, sixième ville du royaume, nombre d'habitants environ 400000, climat est semi-aride influencé par l'océan, pluviométrie moyenne est d'environ 600 mm.

Cette étude a été menée au niveau de l'hôpital EL IDRISSE de Kenitra qui est un hôpital spécialisé et qui est érigé en Service d'Etat Géré de Manière Autonome (S.E.G.M.A.) depuis 1994. Il a une vocation régionale et dessert la population de la région GHARB CHRARDA BENI HSEN qui est estimée à 1.901.301 habitants.

L'hôpital EL IDRISSE de Kenitra a été créé en 1933 ; il a subi deux grandes extensions : La première en 1980 et la deuxième en 1998. Il s'étend sur une superficie de 6,5 ha dont 1,5 ha construit. Il a une structure pavillonnaire à deux étages, Sa capacité litière est de 416 lits.

Les critères de choix de cette structure est justifié par :

- a) Accessibilité facile
- b) Sa vocation régional
- c) Effectif de personnel important
- d) La présence d'un comité qualité opérationnel.

MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

- Pour la recherche on a utilisé la méthode de l'audit qualité pour l'évaluation [8].
- Le champ d'étude choisi est le suivant :
 - Le laboratoire biologique (LAB)
 - Sécurité et santé au travail (SST)
 - Hygiène, nettoyage et désinfection des locaux (HYG)
 - Sécurité, incendie et gestion des situations urgentes (INC)
 - Système de management et de garantie de la qualité (SMQ)
 - Gestion des déchets médicaux et pharmaceutiques (DEC)
- Les données sont recueillies à l'aide d'un questionnaire, entretien avec le personnel et à l'aide de l'observation directe.
- La période de recueil est de 6 mois de juin 2013 à décembre 2013

LES ETAPES DE LA DEMARCHE DU PROJET

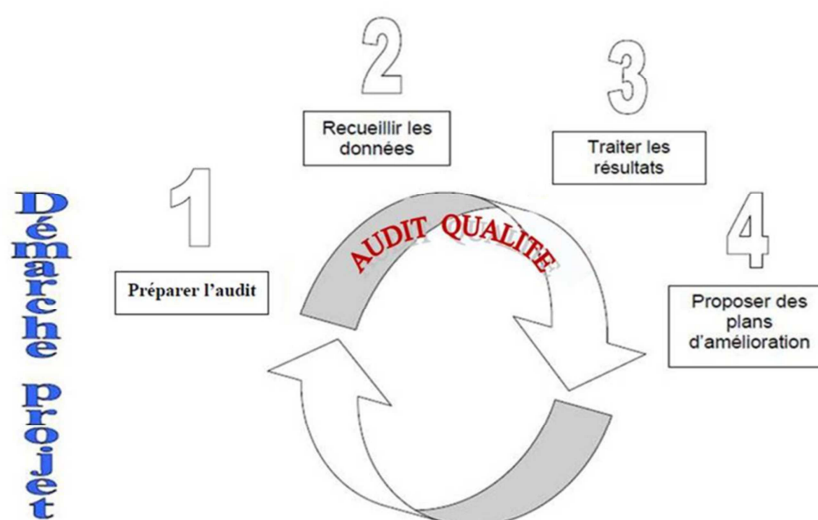


Figure 1 : Les étapes de la démarche du projet

RESULTATS ET DISCUSSION

LES RESULTATS SELON LES REFERENCES

Tableau 1 : résultats selon les références

LAB			SST			INC			SMQ			DEC			HYG		
C	NC	CP	C	NC	CP	C	NC	CP	C	NC	CP	C	NC	CP	C	NC	CP
2	1	6	5	4	3	0	8	4	0	1	2	2	2	3	1	2	1

Tableau 2 : pourcentage des résultats

Conformité	Non-conformité	Point d'amélioration
11	18	19
23%	37%	40%

PRÉSENTATION GRAPHIQUE DES RÉSULTATS

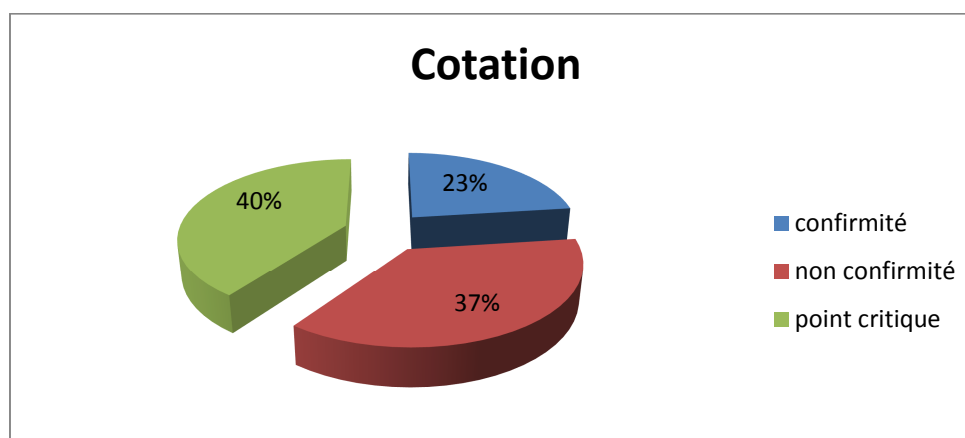


Figure 2: Résultats en pourcentage

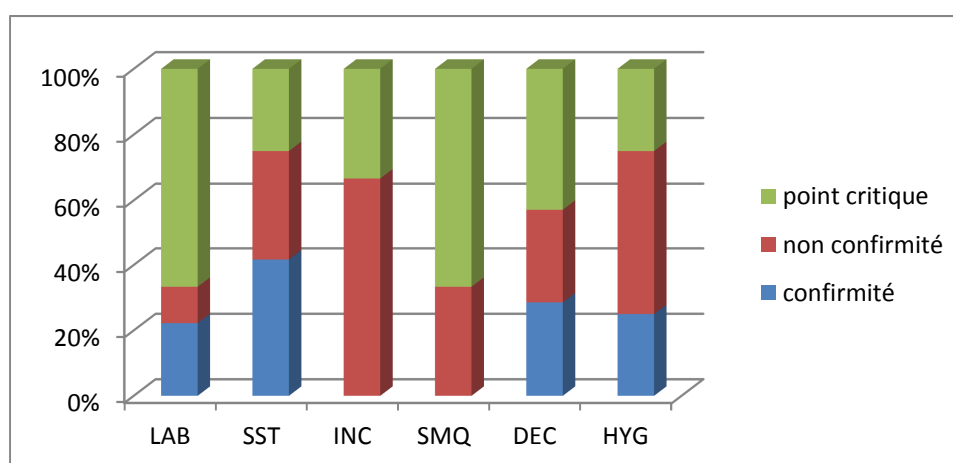


Figure 3: Résultats en pourcentage pour chaque Référence

Le laboratoire biologique est l'un des services spécifiques de l'hôpital et dont l'application des standards de Référentiel d'accréditation est primordiale.

En effet Les examens de biologie médicale permettent de diagnostiquer ou de contribuer au diagnostic d'une maladie. On considère que la biologie médicale contribue actuellement à environ 60-70% des diagnostics réalisés [9].

En novembre 2011 lors d'une étude d'état des lieux dans l'hôpital régional de la région GHARB CHRARDA BNI HSSEN l'équipe des auditeurs a détecté des écarts dans ce service : 3 non conformités et 6 points critiques, en 2013 et lors de notre étude de suivi sus mentionnée on a trouvé : 2 conformités, 1 non conformité et 6 points critiques donc une amélioration de 22% dans ce service.

Le management de la sécurité et la santé au travail permet d'assurer des lieux de travail sûrs pour le bien être de chacun et par conséquent un bon rendement économique du pays.

En effet, selon le rapport de l'Organisation internationale du travail (OIT) publié fin 2011 : chaque année, 317 millions d'employés sont blessés sur leur lieu de travail, soit une moyenne de 850.000 accidents journaliers qui inévitablement entraînent arrêts de travail et remboursements [10].

Lors de l'étude de 2011 les résultats ont montré qu'il avait des écarts dans cette unité : 5 non conformités et 7 points critiques et lors de notre étude de suivi en 2013 les résultats sont comme suite : 5 conformités ; 4 non conformités et 3 points critiques à raison de 42% d'amélioration des écarts dans cette unité.

L'hygiène, nettoyage et désinfection des locaux permettent au patient d'éviter le risque de contracter une ou plusieurs infections dites nosocomiales pouvant survenir durant ou à la suite de l'hospitalisation et qui posent un véritable problème de santé publique du fait de leur fréquence, leur gravité et leur coût socioéconomique. Une étude sur la prévalence des infections nosocomiales menée sous l'égide de l'OMS a révélé qu'en moyenne 8,7% des patients hospitalisés avaient acquis une infection nosocomiale ce qui est aussi le cas au Maroc [11].

Lors de l'étude de 2011 les résultats ont montré qu'il avait des écarts dans cette unité : 3 non conformités et 1 point critique et lors de notre étude de suivi en 2013 les résultats sont comme suite : 1 conformité ; 2 non conformités et 1 point critique à raison de 25% d'amélioration des écarts dans cette unité.

Le système de management et la garantie de la qualité est l'organisation mise en place par un organisme pour atteindre ses objectifs.

De nos jours, le management de la qualité et les projets d'assurance qualité deviennent une préoccupation majeure de toutes les organisations publiques et privées. L'exigence de la qualité prend de plus en plus d'ampleur. Elle s'impose d'un point de vue éthique, déontologique et constitue un facteur de progrès, de structuration et de performance [12].

En novembre 2011 lors d'une étude d'état des lieux dans l'hôpital régional de la région GHARB CHRARDA BNI HSSEN il avait des écarts dans cette unité : 1 non-conformité, 2 points critiques, en 2013 et lors de notre étude de suivi pour savoir si ces écarts sont améliorés on a trouvé : 0 conformité, 1 non conformité et 2 points critiques donc pas d'amélioration dans cette unité et les écarts restent les mêmes.

La sécurité incendie et gestion des situations urgentes a pour objectif la lutte contre l'incendie et de les prévenir en appliquant toutes les politiques relatives à la sécurité électriques, à la sécurité du personnel et aux patients. Et afin d'éviter des conséquences dramatiques, en raison de la présence permanente de patients ; de public et de personnel et parce que les personnes hébergées ont souvent des difficultés à se déplacer il faut que tout le personnel aie une formation dans ce domaine.

En revanche Les hôpitaux ne sont pas des bâtiments comme les autres. Ils sont une ressource vitale au cœur de la communauté, l'endroit où, bien souvent, la vie commence et s'achève. En raison du rôle central qu'ils jouent dans nos communautés, nous partageons tous la responsabilité de nous assurer qu'ils résisteront face à une situation d'urgence [13].

Lors de l'étude de 2011 les résultats ont montré qu'il avait des écarts dans cette unité : 8 non conformités et 4 points critiques et lors de notre étude de suivi en 2013 les résultats sont comme suite : 0 conformités ; 8 non conformités et 4 points critiques donc pas d'amélioration des écarts dans cette unité.

La gestion des déchets médicaux et pharmaceutiques a pour but de protéger et assurer la sécurité du personnel et de la population en général. Au Maroc divers publications et enquêtes ont montré que les conditions d'élimination des déchets solides, médicaux et pharmaceutiques ne sont pas toujours satisfaisantes [14].

En novembre 2011 lors d'une étude d'état des lieux dans l'hôpital régional de la région GHARB CHRARDA BNI HSSEN il avait des écarts dans cette unité : 2 non-conformités, 5 points critiques, en 2013 et lors de notre étude de suivi pour savoir si ces écarts sont améliorés on a trouvé : 2 conformités, 2 non conformités et 3 points critiques à raison de 28,5% d'amélioration des écarts dans cette unité.

CONCLUSION

Notre étude a porté sur le suivi du plan d'amélioration de l'hôpital EL IDRISSI de KENITRA suite aux recommandations des experts visiteurs lors de l'audit qualité de novembre 2011.

Les résultats de suivi ont démontré qu'il reste un grand travail à faire puisque 23% des écarts ont été corrigés tandis que 77% restent non corrigés.

Le travail réalisé a montré une amélioration à plusieurs niveaux malgré les obstacles et les freins (manque de moyens, de temps et de formations).

L'engagement de la direction et la motivation des acteurs sont des facteurs clés à la réussite de la démarche qualité dans l'hôpital.

Pour conclure la démarche qualité dans l'hôpital EL IDRISSI a eu un impact positif, car elle a suscité la motivation d'un certain nombre de personnel et les a fédérés autour des objectifs communs.

RÉFÉRENCES

- [1] Constitution de l'Organisation Mondiale de la Santé, 45^{ème} édition, octobre 2006.
- [2] Ministère de la santé, Direction des Hôpitaux et des Soins Ambulatoires, Guide d'accréditation des établissements hospitaliers, édition 2010.
- [3] Royaume du Maroc, Secrétariat Général du Gouvernement, la Constitution. Série « documentation juridique marocaine ». Edition 2011.
- [4] Ministère de la Santé, Stratégie Sectorielle 2012-2016, Mars 2012.
- [5] Dr. M.Ennaciri : Démarches qualité au Maroc : Etat des lieux et perspectives, (18/01/2013).
- [6] Mme Naima MOHSSINE, Dr My Hachem MORTAJI, Dr Yahya AZIZ Ministère de santé: Rapport Audit qualité dans l'hôpital EL IDRISS, (novembre 2011).
- [7] Centre hospitalier régional du GHARB CHRARDA BENI HSEN: Plan d'action, (janvier 2012).
- [8] ANAES: Méthodes et outils des démarches qualité pour les établissements de santé, (juillet 2000).
- [9] Ministère des affaires sociales, de la santé et des droits des femmes: biologie médicale, 25 mars 2013.
- [10] L'Economiste Édition N° 3744: Article Accident du travail: Que dit la loi?, du 2012/03/20.
- [11] Dr Hamid ZERROUK (Juillet 2013), ENSP : Mémoire de fin d'études : Evaluation de l'implantation du comité de lutte contre les infections nosocomiales au niveau du Centre Hospitalier Régional El Idrissi de KENITRA.
- [12] EL KOUHAIL K (2008), Mémoire INAS : Évaluation de la mise en œuvre de la démarche qualité entreprise à l'hôpital Med V de Meknès dans le cadre de la réforme hospitalière.
- [13] Organisation mondiale de santé, journée mondiale de santé (2009), sauver des vies : assurer la sécurité des hôpitaux dans les situations urgentes.
- [14] YASSINE EL MAAROUFI ET EL ABASS EL OUARTI, Gestion écologique des déchets médicaux solides, médicaux et pharmaceutiques : cas de l'hôpital Avicenne de Rabat.

Notice of Retraction

The authors of the following article have requested that it be retracted from publication in the *International Journal of Innovation and Applied Studies*:

Maroua El Ouaer, Mancour Halaoui, Ismail Trabelsi, and Abdennaceur Hassen, "Adaptation and use of *Chlorella sp.* for landfill leachate treatment," *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 14, no. 3, pp. 807–816, February 2016.

Design and Performance Analysis of 1 bit Full Adder in Subthreshold Region using 45nm Technology

Sajan Debnath¹, Sayed Mohammad Reza Khurshid², and Enamul Haque Talal³

¹Department of Electrical & Electronic Engineering, Metropolitan University, Sylhet, Bangladesh

²Lecturer, Department of Electrical & Electronic Engineering, Metropolitan University, Sylhet, Bangladesh

³Assistant Professor, Department of Electrical & Electronic Engineering, Metropolitan University, Sylhet, Bangladesh

Copyright © 2016 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: Full adder is the fundamental block of any digital system like microprocessor, microcontroller, DSP (Digital Signal Processing). In this paper a new architecture of full adder optimized under sub-threshold region is proposed. The newly proposed adder is based on modified multiplexer using GDI (Gate Diffusion input) and operated under sub-threshold region for low power consumption using 45nm Technology and analyzed with respect to power consumption, delay, Power Product Delay (PDP) and Energy Delay Product (EDP). The supply voltage is kept 200mV.

KEYWORDS: Full adder, GDI, Delay, PDP, EDP.

1 INTRODUCTION

Each and every microprocessor, digital signal processor (DSP), data processing application like specific integrated circuit (ASIC) contains the data path and the data path with its addressing unit which is made of arithmetic units, such as comparators, adders and multipliers. Binary addition is the most important operation found in the most arithmetic component [1]. 1-bit Full Adder is used for one bit binary addition. So if it is possible to enhance the performance of 1bit Full Adder it will enhance the overall performance.

For medical purpose, sensor networks, microcontroller, wireless computation low power devices are getting popular day by day. These devices need to be more energy efficient. Supply voltage scaling is the most effective way to meet the requirement. Reducing supply will reduce the power dissipation [2]. Several design of full adder are used for several purpose. Every design has both advantage and disadvantage. So there is no ideal design. In this paper a newly proposed subthreshold adder is designed and analyzed its performance according to delay, average power, PDP and EDP using 45 nm technology and the supply voltage is kept at 200mV.

2 POWER CONSUMPTION

The average power dissipation for a CMOS circuit is given by [3][4]:

$$P_{avg} = P_{dynamic} + P_{short\ circuit} + P_{static} \dots\dots\dots(1)$$

$$= V_{dd} \cdot f_{clk} \cdot \sum (V_{i\ swing} \cdot C_{i\ load} \cdot \alpha_i) + V_{dd} \cdot \sum I_{i\ sc} + V_{dd} \cdot I_l$$

where f_{clk} is the system clock frequency, $V_{i\ swing}$ is the voltage swing at node i (ideally equal to V_{dd}), $C_{i\ load}$ is the load capacitance at node i , α_i is the activity factor at node i , and I_{sc} and I_l are the short circuit and leakage currents, respectively. When operating CMOS device in the sub-threshold region, the power supply voltage is kept lower than the absolute of the

devices' threshold voltage to make sure that the transistor channel is never fully inverted , but is operated in weak or moderate inversion while the transistor is its 'on' state[5]

3 TRUTH TABLE AND EQUATION

Usually a Full adder have three 1-bit input(A, B, Cin) and it has two output(Sum ,Carry).The expression of sum and carry out can be written as[3]

$$\text{Sum} = (A \text{ xor } B) \text{ xor } C$$

$$\text{And Carry} = AB + BC + CA$$

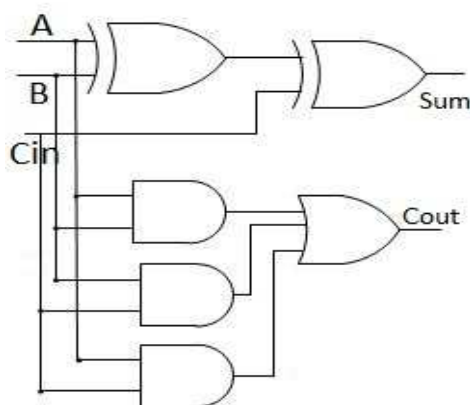


Fig. 1. Full Adder

3.1 GDI

- GDI(Gate Diffusion Input technique) -a new low power design technique is used to implement a wide range of complex logic function using only two transistor. This method is very suitable for design of fast, low power circuits, using reducing number of transistors. Minimum number of transistor helps to reduce the area. The conventional CMOS and PTL technique have several problems like static power dissipation, unusual delay, long critical path. The GDI based design meet most of the issues[6][7].
- A GDI cell contains 3 input - G(common gate input of nMOS and pMOS) ,P(input to the source/drain of pMOS)ad N(input to the source / drain to the nMOS).Its an important thing that not all the functions are possible in standard p-well CMOS process, but can be successfully implemented in twin-well CMOS or SOI technologist. The given table below shows the input configuration of the GDI cell and their Boolean functions accordingly.

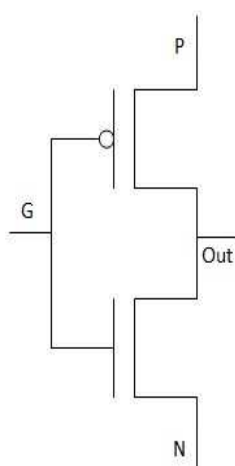
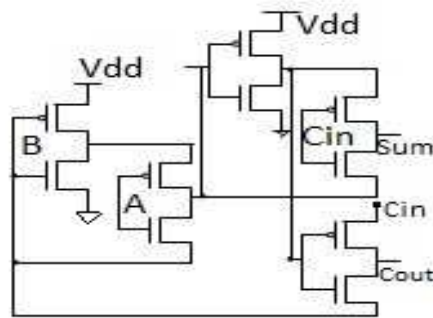


Fig. 2. Basic cell with GDI technique

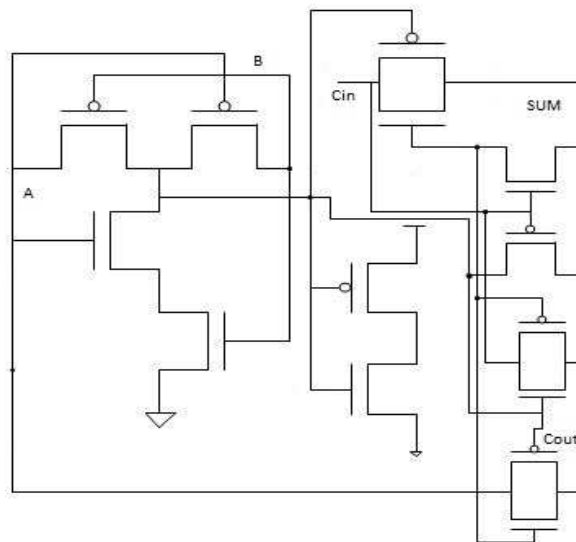
Table 1. GDI truth table and operation

P	G	N	OUT	FUNCTION
B	A	Low	$A \cdot B$	F1
High	A	B	$A' + B$	F2
B	A	High	$A + B$	OR
Low	A	B	AB	AND
B	A	C	$A'B + AC$	MUX
High	A	low	A'	NOT

**Fig. 3. GDI Full Adder[6]**

3.2 14T

- It contains a 4T PTL XOR gate, an inverter and two transmission gates based multiplexer designs for sum and Carry out signals [8].

**Fig. 4. 14 T Full Adder[6]**

3.3 12T

- Six Multiplexers and 12 transistors are used to build a 12T design structure. Using pass transistor logic each Multiplexer is implemented with two transistors. There is no Vdd and Gnd connection in the circuit and there are some path containing three serried transistors. It increases the delay for the sum signal. The size of every transistor in mentioned path should be three times larger to balance the output and optimize the circuit for PDP. As a result the area is increased [9][6].

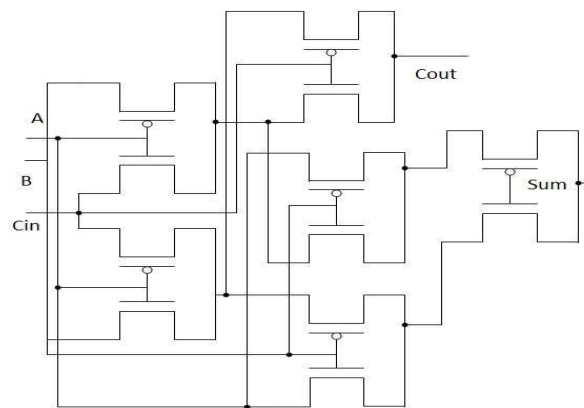


Fig. 5. 12 T Full Adder[6]

3.4 TRANSMISSION GATE FULL ADDER

- 20T transmission produces buffered outputs of proper polarity for both sum and carry. In this circuit 2 inverters are followed by two transmission gates which act as 8T XOR. Similarly 8T XNOR follows. It has 4 transistor XOR which is in the next stage is inverted to produce XNOR. These XOR and XNOR are used to produce SUM.

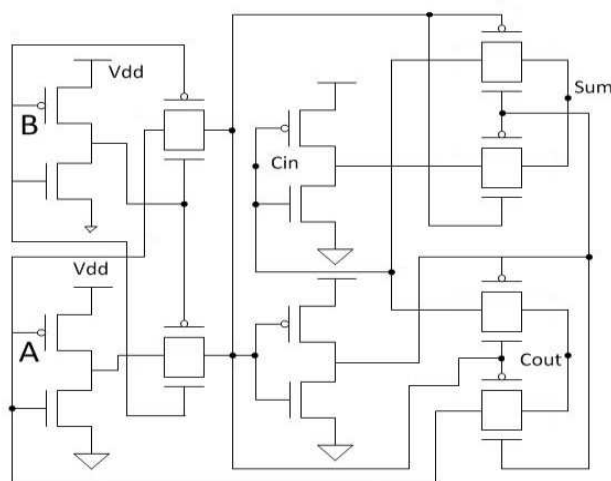


Fig. 6. Transmission Gate Full Adder[6]

3.5 PROPOSED DESIGN

- 18T are used in the design. 10 Transistors are used to make five 2-1 multiplexer. Among them four are used to generate Sum and one is used to generate Carry out. 4 transistors are used to invert A and B another 4 transistors are used to make AND and OR gate. All of the gates (except inverter) are designed with GDI technique where only two transistor are needed to construct any gate.

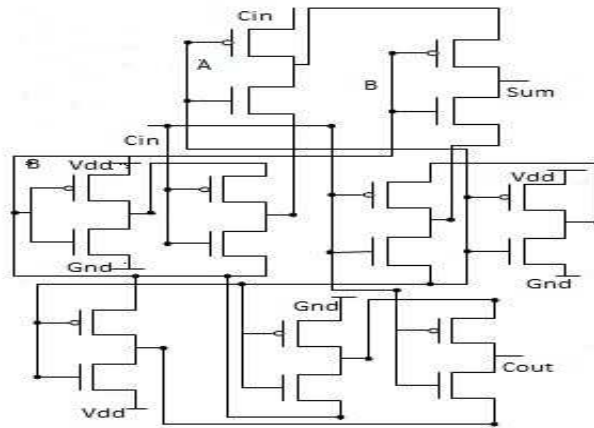


Fig. 7. Proposed Full Adder

4 RESULT

Full Adder has three input signal which are A,B Cin and two output signal Sum and Carry. The supply voltage is kept at 200mv and total simulation runs for 80 ns. Where Vdd= 200 mv. PDP=Power Delay Product, EDP=Energy Delay Product.

Adder	Average power(nW)	Delay (ns)	PDP (aJ)	EDP (10^{-26})
GDI	3.79	2.84	10.8	3.07
12t	42.5	4.85	235	99.9
14t	7.58	3.11	23.5	7.31
Transmission Gate	23.5	4.76	112	53.2
Proposed Adder	5.9	1.25	7.4	.931

Analysis shows that the propagation delay and the average power is significantly higher for 12T adder. As a result The EDP and PDP are also higher for this design. The Transmission gate adder has also relatively high average power consumption. It has got almost 50 percent of the EDP 12 T .Now among GDI, 14T, and Proposed design it is seen that the GDI has Got the minimum Average power(3.79nW) where as the proposed design has 5.9 nW but the delay of proposed adder has the minimum delay(1.23ns) which is less than the half of the delay(2.84ns) of GDI adder. Now As we know that the EDP and the PDP depends on the propagation delay and proposed design got the minimum delay so of course it has got the minimum EDP ($.931 \times 10^{-26}$) and PDP(7.4 aJ). The average power of proposed adder is little high due to the extra 8 transistor than GDI but has low delay because of small critical path. Though the proposed design is GDI based it is more efficient than GDI adder because of its topology. It is based on multiplexer which makes it faster enough. The EDP of it is almost one third than GDI. All the simulation is done at room temperature 300K.

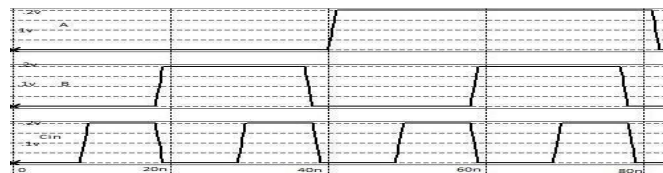


Fig. 8. The applied input signal (A,B,Cin)

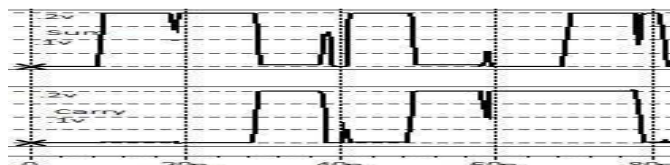


Fig. 9. Output of 14T Adder

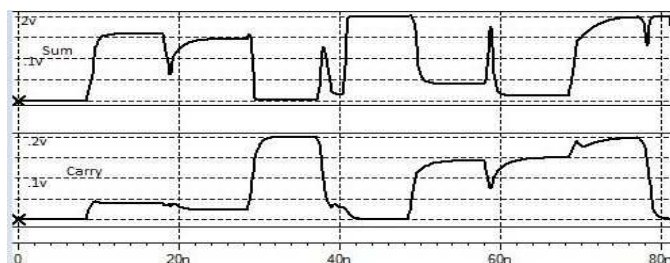


Fig. 10. Output of 12T adder



Fig. 11. Output of GDI based Full Adder

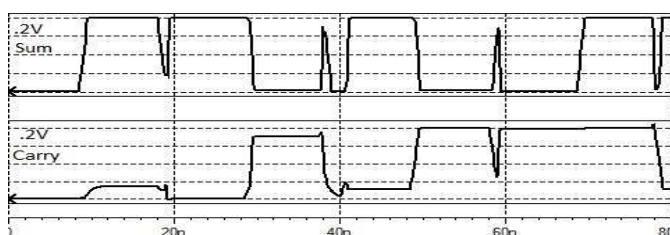


Fig. 12. Output of Transmission Gate Full Adder



Fig. 13. Output of Proposed Adder



Fig. 14. Propagation delay

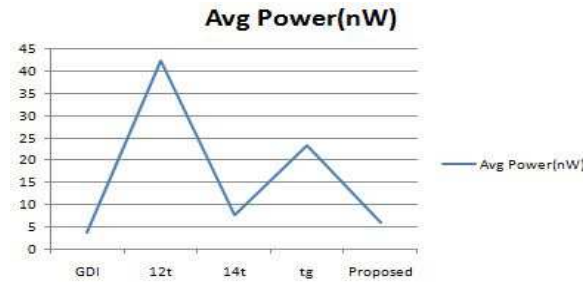


Fig. 15. Average Power

5 CONCLUSION

In this paper, an adder based on modified multiplexer using GDI is proposed which is under subthreshold region and analyzed its performance with respect to delay, power consumption, PDP and EDP. Compared to other reported results, power consumption and delay are reduced in 45nm technology.

REFERENCES

- [1] Ankita Bhati, Prof. Vinod Kr. Pathak, Dr. Rita Jain "Low Power-Delay-Product CMOS Full Adder", International Journal of Engineering Research and General Science Volume 3, Issue 2, March-April 2015. ISSN 2091-2730.
- [2] A. Wang, A. P. Chandrakasan and S. V. Kosonocky, "Optimal Supply and Threshold Scaling for Subthreshold CMOS Circuits," *IEEE Computer Society Annual Symposium on VLSI, ISVLSI2002*, Pittsburgh, PA, USA, Apr.25–26, 2002.
- [3] J. Rabaey, M. Pedram and P. Landman, *Low Power Design Methodologies*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 1995.
- [4] Ahmed M. Shams, Magdy A. Bayoumi, "A Novel High Performance CMOS 1-Bit Full Adder Cell," *IEEE Transactions on Circuits and Systems-II: Analog and Digital Signal Processing*, vol. 47, no. 5, May 2000.
- [5] Kristian Granhaug, Snorre Aunet "Six Subthreshold Full Adder Cells Characterized in 90 nm CMOS technology", *Design and Diagnostics of Electronic Circuits and systems*, 2006 IEEE, Date of conference: 18-21 April 2006, page(s) :25-30, Print ISBN-1-4244-0185-2.
- [6] M.B Damle, Dr. S.S. Llmaye, M.G. Sonwani, "Comparative Analysis of Different Types of Full Adder Circuits" *IOSR Journal of computer Engineering (IOSR-JCE)*.
- [7] Arkadiy Morgenshtein, Alexander Fish and Israel A Wagner, "GATE-DIFFUSION INPUT (GDI) –A TECHNIQUE FOR LOW POWER DESIGN OF DISITAL CIRCUITS: ANALYSIS AND CHARACTERIZATION".
- [8] J.Wang, S.Fang, and W.Feng, "New efficient designs for XOR and XNOR functions on the transistor level", *IEEE J.Solid-State Circuits*, vol.2, no.7, Jul.1994, pp.780-786.
- [9] J.F. Lin, Y.T. Hwang, M.H. Sheu and C.C. Ho, "A nobel High speed and Energy Efficient 10 transistor Full Adder design", *IEEE Transactions on Circuits and System – I: Redular Papes*. Vol.54, No.5, May 2007.

Le système fiscal marocain : une contrainte majeure à l'équilibre des finances publiques

[The Moroccan tax system: a major constraint to the balance of public finances]

Rachid HASNAOUI

Professeur de finances publiques et de fiscalité, Laboratoire Polyvalent en Recherche & Développement, Université Sultan Moulay Slimane, Faculté Polydisciplinaire Béni Mellal, Maroc

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The objective of this paper is to show the constraints of the Moroccan tax system in a context marked by the suffering of public finances. Indeed, following the effects of the international financial crisis generating a decline in economic growth as the social movements that took place later in 2011 as part of what has been called the "Arab Spring", the public spending has increased dramatically especially following the weight of payroll and the load of the compensation system. In parallel, this increase in public spending has been accompanied by a reduction of public resources. The public receipts that come mainly from taxes are condemned by a lame tax system, unfair and derogatory. He is a lame tax system because he apprehends, at every opportunity, the concept of reform, to a reduction in rate, he is unfair because it is concentrated on a few categories of taxpayers and he is derogatory because it provides tax incentives sometimes unjustified for many sectors. Faced with this situation, budgetary balance cannot be achieved. The recourse to public borrowing remains a 'normal' solution chosen by the government. In fact, public debt weighs heavily on the general state budget. The burden of debt service which is up sharply continuous, has contributed to the deterioration of the budgetary balance. With the aim to reduce this structural budget deficit as opposed at cyclical deficit, it is important to proceed in real reforms concerning taxation, public subsidies system and the good governance of public finances.

KEYWORDS: public finance crisis; public spending, budget deficit; public borrowing; lame tax system; proposals for improvement; Moroccan government.

RÉSUMÉ: L'objectif de ce papier est de montrer les contraintes du système fiscal marocain dans un contexte marqué la souffrance des finances publiques. En effet, faisant suite aux effets de la crise financière internationale engendrant une baisse de la croissance économique ainsi que les mouvements sociaux qui ont eu lieu par la suite en 2011 dans le cadre de ce qui a été appelé « le printemps arabe », les dépenses publiques ont connu une hausse spectaculaire à cause notamment du poids de la masse salariale et de la charge de compensation. Parallèlement, cette hausse des dépenses publiques a été accompagnée d'une réduction des ressources publiques. Les recettes publiques qui proviennent en majorité de la fiscalité sont condamnées par un système fiscal boiteux, inéquitable et dérogatoire. Boiteux parce qu'il appréhende, à chaque occasion, la notion de la réforme à une réduction du nombre de taux, inéquitable car concentré sur quelques types de contribuables et dérogatoire puisqu'il accorde des incitations parfois injustifiés pour bon nombre de secteurs. Face à cette situation, l'équilibre budgétaire ne peut être réalisé. L'appel à une mobilisation des ressources notamment les emprunts reste une solution « normale » choisi par le gouvernement. En fait, la dette publique pèse lourdement sur le budget général de l'Etat. La charge du service d'une dette qui « s'autoentretient » a largement contribué à la dégradation du solde budgétaire. Dans l'objectif de réduire ce déficit budgétaire structurel par opposition au déficit conjoncturel, il convient de procéder par de véritables réformes touchant à la fiscalité, au système de compensation et à la bonne gouvernance des finances publiques.

MOTS-CLEFS: crise des finances publiques ; dépenses publiques, déficit budgétaire ; emprunt public; système fiscal boiteux ; ébauche de solutions ; gouvernement marocain.

1 INTRODUCTION

L'évolution historique des finances publiques suit l'évolution des conceptions du rôle et des fonctions de l'Etat. L'accroissement de l'intervention de l'Etat dans la sphère économique et sociale marque le passage d'une science classique à une science moderne des finances publiques. En effet, sous la féodalité, les finances publiques du royaume sont celles du Roi, il existe une simple distinction entre les finances *ordinaires* et les finances *extraordinaires*. Les premiers comprennent les revenus du domaine, les amendes et confiscations qui servent à financer les dépenses renouvelables correspondant au fonctionnement normal de l'autorité publique. Les secondes correspondent à des actions plus ponctuelles qui nécessitent des aides.

Avec la première guerre mondiale, la crise économique de 1929 et plus encore dans les années qui ont suivi la Seconde Guerre Mondiale, les interventions de l'Etat se sont multipliées et diversifiées. En Occident il a fallu reconstruire les Etats et faire face aux problèmes sociaux de la population. De l'Etat « gendarme », nous sommes passés à l'Etat providence. Cette évolution politique et économique s'est traduite par un passage des finances publiques classiques aux finances publiques modernes.

Ces finances publiques modernes sont marquées par de nombreux problèmes, qui se sont accentués par l'impact de la dernière crise économique mondiale ayant concouru à une baisse de la demande mondiale, et alimentés par un contexte régional (printemps arabe) conduisant à un accroissement massif des dépenses publiques en vue de financer la paix sociale, un creusement du déficit budgétaire et de l'endettement dans bon nombre de pays.

Pour limiter la ténacité de ces problèmes, plusieurs Etats ont essayé de mettre en place des réformes structurelles à même de garantir un retour à la croissance et à des revenus durables. Parmi ces réformes, celles portant sur la fiscalité gagnent en importance. Pour rééquilibrer leur budget, ces pays poursuivent la réforme de leurs systèmes fiscaux. D'après un rapport publié conjointement en 2014 par la Banque mondiale, la société financière internationale et le cabinet Pricewaterhouse (PwC), 123 pays évalués sur un total de 183 ont procédé à d'importantes modifications réglementaires depuis 2006. Le mot réforme fiscale, réapparaît presque chaque année au Maroc depuis plus de trente ans, la dernière tentative est celle que le gouvernement marocain essaie de mettre en place après les assises de la fiscalité qui ont lieu en 2013.

Le deuxième chantier de réformes est la réforme du système de compensation, qui s'inscrit dans une stratégie visant à dépasser l'indexation partielle adoptée au Maroc en faveur de nouveaux mécanismes tels que le ciblage des populations et le transfert direct des ressources au profit des populations prioritaires. Plusieurs expériences mondiales sont pleines d'enseignement à ce niveau, notamment le programme Solidarios au Chili ou Opportunidades au Mexique.

Enfin, une troisième piste de réforme concerne la mise en place de nouvelles règles de gestion budgétaire à travers l'adoption d'une nouvelle approche de *gestion axée sur les résultats*, dans laquelle les principes et méthodes du management de projet gagnent en importance.

Cet article évalue les indicateurs des finances publiques tels que le déficit budgétaire et l'emprunt public au Maroc dans un contexte régional (printemps arabe) et international (crise européenne). Il vise essentiellement à montrer les défaillances du système fiscal marocain et son incapacité de restaurer l'équilibre budgétaire.

Aussi, dans ce travail de recherche nous accordons une part importante à l'analyse critique des différentes réformes entreprises par le gouvernement marocain dans le domaine des finances publiques. La démarche suivie dans cette étude est exclusivement qualitative.

2 LES PROBLEMES DES FINANCES PUBLICS MODERNES

Il ne fait aucun doute, que les finances publiques modernes sont marquées par l'accroissement continu des dépenses publiques... En effet, depuis la crise économique de 1929, l'intervention fonctionnelle et continue de l'Etat s'est imposée comme une évidence. Aujourd'hui, on attend presque tout de l'Etat providence. On lui demande de relancer la croissance économique, de garantir l'emploi, d'aider les catégories défavorisées, d'opérer une meilleure redistribution des revenus, d'assurer des investissements publics de qualité et créer les conditions favorables à l'investissement privé. Ce qui engendre dans la plupart des cas une hausse des taux d'endettement alimentée par un creusement du déficit budgétaire.

2.1 UNE MONTEE EN PUISSANCE DES DEPENSES PUBLIQUES

C'est un constat universel: dans les pays développés comme dans les PED, l'augmentation des dépenses publiques s'explique par l'accroissement des dépenses sociales telles que dans les domaines de la santé, l'enseignement, le logement, les infrastructures... Cet accroissement peut être dû aussi, comme l'avait expliqué, l'économiste Allemand Wagner à la *croissance du revenu national*. Selon *Wagner* « l'intervention grandissante de l'Etat pour gérer organiser et promouvoir l'activité économique, caractéristique d'un mouvement d'industrialisation et d'urbanisation s'est traduite par une augmentation particulièrement rapide des dépenses publiques, parallèlement à l'accroissement du revenu national »¹.

Quant à Peacock et Wiseman², cet accroissement des dépenses publiques s'explique par les bouleversements sociopolitiques, telles que les guerres qui facilitent l'acceptation par l'opinion publique de la création de nouvelles ressources fiscales considérées auparavant comme intolérables. En effet, en temps de guerre par exemple, les contribuables se soumettent plus facilement à une pression fiscale plus élevée qu'en période normale.

Pour les économistes de l'OCDE, les finances publiques connaissent par contre une expansion rapide même en temps de paix.

En ce qui concerne les PED, comme l'explique *Abderrafie HALONI*³, à la suite d'une expansion des exportations, les gouvernements sont tentés, par une politique d'investissement massif, afin de promouvoir le développement économique, ce qui augmente le rythme de l'accroissement des dépenses publiques. Au cas où faute de débouchés, les recettes d'exportations diminuent, les dépenses publiques continuent leur progression. Il faut dire que quelque soient les causes, les différentes études s'accordent sur une croissance régulière et soutenue des dépenses publiques.

Au Maroc en particulier, l'analyse de la structure détaillée des dépenses publiques indique que ce sont surtout les dépenses courantes qui constituent un enjeu majeur pour le budget marocain. Comme le montre le tableau 1, la masse salariale et les dépenses de subventions aux produits de base (énergie et produits alimentaires) ont vu leur poids s'accroître au cours des dernières années pour atteindre respectivement 13 % et 6,6 % du PIB en 2012.

Tableau 1 : évolution des dépenses publiques totales (en % du PIB)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Dépenses courantes	24,2	25,4	23,2	23,8	27,5	29,1	27,3
Salaires et pensions	10,7	10,2	10,3	11,6	12,4	13,1	12,8
Biens et services et transferts	7,7	8,0	8,7	6,3	6,7	7,0	7,3
Paielements d'intérêts	3,1	2,6	2,4	2,3	2,3	2,4	2,5
Subventions	2,7	4,6	1,8	3,6	6,1	6,6	4,7
Dépenses en capital et acquisition nette d'actifs non financiers	4,6	5,5	6,3	8,2	7,1	6,7	5,7
Dépenses totales	28,8	30,9	29,5	32,0	34,6	35,8	33,0

Source : Ministère de l'économie et des finances- FMI et élaboration de l'auteur

Aussi, d'après les analyses du FMI pour l'année 2014 « le Maroc affiche la masse salariale la plus élevée de la région MENA ». A l'inverse, les dépenses en capital accusent un certain recul depuis 2010.

¹ BIRD M.R. (1971). "Wagner's law" of Expanding and state activity public finance.

² Peacock A.T et Wiseman J. (1967). "The Growth of public expenditure in United Kingdom" London ALLEN and UNWIN.

³ HALONI Abderrafie (1986-1987). «Tendances à long terme de l'accroissement des dépenses publiques dans les PED », R.M.F.P.E n°2, Page 85.

2.2 UNE DYNAMIQUE INQUIETANTE DE L'ENDETTEMENT PUBLIC PESANT SUR LES GENERATIONS FUTURES

L'emprunt est un procédé qui permet de couvrir les dépenses publiques. Il est en effet un procédé de financement de la trésorerie publique et un moyen d'intervention dans le cadre de la politique économique. Le recours à l'emprunt public soulève des problèmes théoriques et pratiques.

Sur le plan théorique, la notion d'emprunt public a beaucoup évoluée. L'emprunt public d'après la théorie classique du 19^{ème} siècle déterminait les cas rares dans lesquels l'Etat ou les collectivités publiques pouvaient recourir à l'emprunt. En fait, selon la théorie classique, en recourant à l'emprunt l'Etat abandonnait ses prérogatives de puissance publique et devenait comme une entreprise privée avec toutes les contraintes auxquelles s'expose. Néanmoins, aujourd'hui, « l'emprunt est devenu un moyen de financement normal des dépenses publiques, tellement normal que certains Etats en abusent. La fameuse critique de Hume, *ou la nation détruira le crédit ou le crédit détruira la nation* n'a plus le sens quantitatif qu'on lui accordait à l'époque ». Aujourd'hui, on peut dire qu'une nation qui n'emprunte pas s'appauvrit.

Pratiquement, tous les gouvernements des pays en développement ont eu aujourd'hui recours à l'endettement de manière continue. Le gouvernement marocain ne fait pas exception. En effet, après une politique de désendettement du secteur public qui lui a permis de ramener la dette publique (hors dette extérieure des établissements et entreprises publics EEP) de 68 % du PIB en 2000 à 47 % en 2009⁴, le taux d'endettement s'est revu à la hausse après la crise financière et économique internationale et lors du déclenchement des mouvements de contestation dans la région MENA. En prenant en compte la dette des EEP et des collectivités locales, la dette du secteur public s'élève à 72 % du PIB en 2013, ce qui est relativement élevé par rapport à ce que l'on observe en moyenne dans les pays émergents.

Aussi, selon un récent rapport de la Banque Internationale pour la Reconstruction et le Développement qui date de 2014, le Maroc est classé parmi les dix pays les plus endettés au Monde. Dans ce sens, l'endettement public est passé de 78,2% du PIB en 2014 à 79,6% en 2015. Ce chiffre passera à 81 % du PIB en 2016 selon les prévisions du HCP. De même, le gouvernement marocain paie chaque année 30 milliards de dirhams en matière de service de la dette.

Le gouvernement marocain avance comme justification de ce recours massif à l'emprunt : « tout d'abord contribuer à la réduction du ratio de déficit, ensuite la deuxième raison est liée au besoin d'assurer la continuité des grands projets de développement élaborés par le Maroc pour relancer l'économie nationale et l'emploi car la politique d'austérité suivie par bon nombre de pays a conduit à la consécration de la pauvreté et l'augmentation des taux de chômage et la récession du commerce ».

Or, le gouvernement marocain a lui même adopté ces dernières années une politique d'austérité se soldant par une pression fiscale qui a porté préjudice à toute l'activité économique du pays et à l'ensemble de la population fiscale. Ainsi, lorsque les ressources s'avèrent insuffisantes il ne reste qu'un seul recours naturel : l'appel à l'emprunt. L'emprunt devient donc un moyen d'équilibre financier du budget de l'Etat marocain.

Dans ces conditions, il est clair que le recours à l'endettement public ne peut qu'avoir des conséquences néfastes sur les générations futures. En effet, le poids de la dette transférée aux générations futures est constitué par des *coûts indirects*⁵. Ces coûts comportent plusieurs composantes. Premièrement, le service de la dette peut s'opposer aux objectifs redistributifs intragénérationnels du pays puisque les contribuables paieront des intérêts aux détenteurs d'obligations publiques qui seront vraisemblablement plus riches que le contribuable moyen ou vulnérable. Deuxièmement, le service de la dette présente des inconvénients tels que *la réduction de certaines dépenses publiques* et une *contrainte fiscale accrue* qui n'aurait pas existé si l'ancienne génération avait financé par l'impôt des dépenses en capital. A ce titre, il faut noter que l'endettement n'est pas une fatalité en soi, mais à condition qu'il sert à financer des investissements de pointe qui seront très utiles aux générations futures ou pour relancer l'économie en période de crise. Or, dans la plupart des pays en développement dont le Maroc, il se trouve qu'une grande partie des emprunts sert pour financer les charges de fonctionnement. Les diverses défaillances gouvernementales poussent en effet à s'endetter excessivement et l'endettement incite l'Etat à trop dépenser.

⁴ D'après les données de la direction du trésor et des finances extérieures 2014.

⁵ Pierre-Alain Bruchez, Barbara Schlaffer (2012). « Endettement public excessif : mieux vaut prévenir que guérir ». Working Paper de l'AFF N°. 18 Suisse, Page 32.

Une autre inquiétude ne peut pas être cachée : il faut tenir compte du fait que les générations futures devront faire face à des défis en matière de pollution et de pénurie des ressources: l'industrie et la technologie qui sont toujours en progression feront en sorte que les services que l'on tirait gratuitement de la nature risquent de connaître une diminution importante dans le futur. L'histoire est très riche en exemples. En effet, pendant longtemps, le service de l'eau était un service gratuit, dans chaque quartier, il y avait au moins une fontaine d'eau pour servir les habitants. Aujourd'hui, il n'en est rien de tout cela.

2.3 UN CREUSEMENT DU DEFICIT BUDGETAIRE : UNE TENDANCE STRUCTURELLE POUR L'ECONOMIE MAROCAINE

Le déficit budgétaire traduit bien un comportement expansif des dépenses publiques que l'accroissement du rendement des impôts n'a pas permis de compenser. Au Maroc, l'évolution, au cours des deux dernières décennies, du déficit budgétaire est marquée par la coïncidence de deux tendances opposées :

La première est constituée d'un niveau de déficit relativement acceptable au cours des années 2000 suite aux quelques performances économiques du pays. Le déficit budgétaire était de 3 % du PIB en moyenne au cours de la période 2000-2008.

Inversement, comme le montre le tableau 2, à partir de 2009, une nouvelle tendance haussière en matière de déficit budgétaire se dessine, plaçant celui-ci dans des niveaux inquiétants. Le déficit s'établit en moyenne à 5,4 % depuis 2009⁶.

Tableau 2 : évolution du solde budgétaire (en % du PIB)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Dépenses totales	28,8	30,9	29,5	32,0	34,6	35,8	33,0
Recettes totales et dons	27,9	30,9	26,4	27,5	27,9	28,3	27,6
- Recettes fiscales	24,9	27,2	23,4	23,4	23,6	24,3	22,6
- Recettes non fiscales	2,5	2,3	2,5	3,9	4,1	3,9	4,0
- Dons	0,5	1,4	0,5	0,2	0,2	0,1	1,0
Solde budgétaire global	-0,9	-0,0	-3,1	-4,5	-6,7	-7,5	-5,4
Solde budgétaire hors dons	-1,4	-1,4	-3,6	-4,7	-6,9	-7,6	-6,4

Source : Ministère de l'économie et des finances Maroc- FMI et élaboration de l'auteur

Deux facteurs expliquent cette nouvelle situation en matière de déficit budgétaire:

D'un côté la baisse des recettes publiques, notamment les recettes fiscales, en raison du ralentissement de la croissance économique (entre autres suite aux effets de la crise financière) et la montée en puissance des dépenses fiscales sous forme d'exonérations, abattements ou taux préférentiels mises en place par le gouvernement⁷ ; pour compenser cette baisse en matière de ressources publiques, le gouvernement marocain se base sur les dons, accordés notamment par les pays du Golf. Ces pays se sont engagés à accorder au Royaume du Maroc des subventions à hauteur de 5 milliards de dollars sur 5 ans à compter de 2012.

De l'autre côté, le déficit budgétaire en forte augmentation s'explique par la montée en puissance des dépenses publiques qui ont atteint 36% du PIB en 2012⁸. La hausse des dépenses publiques a été particulièrement forte en 2011 et 2012 pour le Maroc, à cause notamment de la montée des revendications sociales et la hausse spectaculaire des cours internationaux du pétrole.

Dans le même sens, les experts de la banque Mondiale affirment que « la persistance du déficit budgétaire s'explique par le fait que le gouvernement n'a pas développé l'épargne publique à un niveau suffisant pour permettre la réalisation des objectifs visés ». Aussi, lorsque l'activité économique faiblit glissant au-dessous de sa production potentielle, le déficit public

⁶ Clémence Vergne (2014). «Le modèle de croissance marocain : opportunités et vulnérabilités ». Agence Française de Développement (AFD), page 18.

⁷ Ces dérogations représentent un enjeu budgétaire important dans la mesure où elles représentent environ 4 % du PIB pour le Maroc. Cf., partie 2 de ce papier.

⁸ Afd 2014, op cit.

s'accroît du fait de rétrécissement de l'assiette fiscale et de la chute de son rendement ; parallèlement, certaines dépenses publiques s'accroissent.

Pour limiter le poids économique du déficit public et maîtriser le niveau de l'endettement, les autorités marocaines ont mis en place un certain nombre de réformes depuis 2012, notamment la réforme de la fiscalité, du système de compensation et la gestion des finances publiques à travers la LOLF.

3 DYNAMIQUE DU SYSTEME FISCAL MAROCAIN

Depuis l'indépendance, le système fiscal marocain a été caractérisé par de nombreux aménagements fragmentaires de portée très limitée qui ont porté sur les taux et les modalités de calcul mais également sur le remplacement de certains impôts par d'autres pour arriver en 2007 à un rassemblement des impôts dans un seul document intitulé le code général des impôts. Aussi, depuis presque trente ans, de multiples tentatives de réforme de la fiscalité ont été mises en place par le gouvernement et à chaque occasion on « réforme les réformes pour les réformer ». La question qui se pose quel est l'impact de ces modifications sur la structure fiscale actuelle ?

3.1 UNE STRUCTURE FISCALE MARQUEE PAR LA PREDOMINANCE DES IMPOTS INDIRECTS

Spécialiste de finances publiques, Gaston Jèze fut l'un des premiers universitaires à définir la notion de l'impôt « l'impôt est une prestation pécuniaire requise des particuliers par voie d'autorité, à titre définitif et sans contrepartie, en vue de la couverture des charges publiques »⁹.

Dans le temps et dans l'espace, la définition de l'impôt a été progressivement affinée pour contenir par la suite un souci de justice avec la définition du Paul-Marie Gaudemet en 1970 dans son *précis de finances publiques* : « l'impôt est un prélèvement opéré par voie de contrainte par la puissance publique et ayant pour objectif essentiel de couvrir les charges publiques et de les répartir en fonction des capacités contributives des citoyens »¹⁰.

En réalité, quelque soit la définition considérée, quatre traits essentiels caractérisent l'impôt : la permanence de l'impôt, le caractère contraignant de l'impôt, l'absence de contrepartie et le caractère définitif de l'impôt. Tout d'abord, la permanence de l'impôt : l'impôt est un prélèvement qui fait l'objet d'une législation en amélioration permanente car il est nécessaire que l'Etat dispose de ressources permanentes pour faire face à des dépenses permanentes. Ensuite, le caractère de contrainte par opposition au principe de consentement à l'impôt est une manifestation type de la puissance publique. Il en résulte que l'impôt est établi de manière *unilatérale* et levé en utilisant la contrainte. Ce caractère contraignant exclut du domaine fiscal les prélèvements non forcés comme par exemple les contributions volontaires en cas de catastrophes naturelles ou en matière de solidarité nationale par exemple. Troisièmement, l'absence de contrepartie, dans ce cas il n'y a pas de relation entre l'impôt payé par le contribuable et les services rendus par l'Etat, ce qui distingue l'impôt des taxes qui sont perçues par l'Etat moyennant une contrepartie directe¹¹. Enfin, on peut noter le caractère définitif de l'impôt : l'impôt n'est pas remboursé aux contribuables.

La fiscalité joue un rôle très important à plusieurs égards, il faut souligner trois points essentiels : son premier rôle est de contribuer à de très bonnes finances publiques en vue de parvenir à un équilibre macro-économique de la situation d'un pays, afin de favoriser la croissance économique et la création d'emploi. Le deuxième objectif qui s'attache à une bonne fiscalité, c'est le principe qui consiste à créer une masse fiscale qui constitue un revenu pour l'Etat. « Cela peut bien évidemment prendre de multiples formes, de multiples taux, de multiples assiettes. Cela peut être de la fiscalité indirecte, de

⁹ Olivier. Négrin (2008). « Une légende fiscale : la définition de l'impôt de Gaston Jèze », in *Revue de droit public*, n° 1, p. 119-131

¹⁰ Paul-Marie. Gaudemet (1970). « *Précis de finances publiques* », t. 1. In *Revue internationale de droit comparé*, volume 22 n°3 Juillet-septembre. Pages 600-601.

¹¹ Il faut noter à cet égard qu'aux frontières de l'impôt, on trouve trois autres notions connexes : la taxe, la redevance et la parafiscalité. **La taxe** se différencie de l'impôt en ce sens qu'elle est perçue à l'occasion d'un service rendu. Il s'agit par exemple de la taxe sur les services communaux et de la taxe urbaine (valorisation d'un immeuble à la suite des travaux de voirie). Comme la taxe, **la redevance** est perçue à l'occasion d'un service rendu. Son montant est absolument équivalent à la valeur du service rendu, valeur qui est évaluée en fonction du coût du service offert à la collectivité. **Les taxes parafiscales** sont affectées à un but et à un organisme. Elles sont perçues dans un intérêt économique et social. Il s'agit par exemple de la formation professionnelle, la recherche scientifique, l'assistance et la solidarité, l'environnement...

la fiscalité directe, le bon dosage entre le direct et l'indirect, la bonne assiette la plus large possible et le bon taux c'est-à-dire celui qui est toléré par les contribuables »¹². Le troisième rôle que l'on associe à la fiscalité c'est le rôle de redistribution qui permet de cibler des activités, des populations, des secteurs dans lesquels le gouvernement souhaite encourager ou décourager des initiatives.

Tableau 3 : Evolution des Recettes fiscales (en millions de dhs)

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012*
Impôts directs	50639	60 308	81 827	71 734	65 004	69 782	73 414
<i>IR</i>	<i>24 386</i>	<i>28 009</i>	<i>33 312</i>	<i>26 728</i>	<i>26 928</i>	<i>27 525</i>	<i>28 959</i>
<i>IS</i>	<i>24 182</i>	<i>30 013</i>	<i>46 290</i>	<i>42 395</i>	<i>35 114</i>	<i>40 250</i>	<i>41 543</i>
Taxe Professionnelle	280	278	213	180	205	212	264
Taxe d'Habitation	78	71	31	29	30	32	39
Majorations	1 623	1 865	1 885	2 315	2 650	1 681	2 561
Autres impôts directs	90	72	96	87	77	82	48
Impôts indirects	55 127	67 069	79 943	74 709	86 325	93 717	98 534
<i>TVA (1)</i>	<i>39 087</i>	<i>49 730</i>	<i>61 250</i>	<i>55 079</i>	<i>65 193</i>	<i>71 857</i>	<i>76 367</i>
Intérieure	16 587	20 707	25 817	22 484	26 759	27 727	29 810
Importation	22 500	29 023	35 433	32 594	38 434	44 130	46 557
<i>TIC</i>	<i>16 40</i>	<i>17 339</i>	<i>18 693</i>	<i>19 630</i>	<i>21 132</i>	<i>21 860</i>	<i>22 167</i>
Tabacs	5 617	6 133	6 983	6 865	7 502	7 494	7 500
produits énergétiques	9 202	10 159	10 639	11 708	12 307	12 943	13 200
Autres	1 221	1 047	1 071	1 057	1 323	1 423	1 467
Droits de douane	12 344	13 415	13 706	11 830	12 242	10 286	9 913
Enregistrement et timbre	7 195	9 331	10 175	9 104	9 992	10 571	11 750
Recettes fiscales (1)	125 305	150 123	185 651	167 377	173 563	184 356	193 611

(1) Y compris la TVA des collectivités locales estimée à 30% des recettes de la TVA / *prévisions

Source : Source : Ministère de l'Economie et des Finances, CESE 2012 et calculs de l'auteur

Le tableau 3 montre bien l'évolution des recettes fiscales entre 2006 et 2012. Il permet de constater une croissance des recettes fiscales provenant essentiellement de la fiscalité indirecte. En effet, la part des impôts indirects dans l'ensemble des recettes fiscales passe de 38% en 2006 à 44% en 2011. La TVA contribue de manière remarquable à cette croissance. A ce titre il faut noter la prédominance de la TVA à l'importation par rapport à la TVA à l'intérieur, une prédominance qui représente plus de **60%** des recettes totales de la TVA prévues en 2012. Soulignons en passant à titre de comparaison qu'en Tunisie les impositions indirectes relevant du régime intérieur contribuent à hauteur de 56% contre 44% pour le régime d'importation.

Comme la fiscalité indirecte, la fiscalité directe s'est également améliorée au fil du temps. En effet, la part des impôts directs dans les recettes fiscales s'élève à 44,8% en moyenne entre 2005 et 2012 contre 38,8% entre 2001 et 2004. L'IS gagne en importance au niveau des impôts directs, avec une part moyenne de 24,4% entre 2006 et 2012, contre 17,1% entre 2001 et 2005 avec un pic de 27,7% en 2008 et ce, malgré la révision à la baisse du taux d'imposition à 30% en 2008 contre 35% depuis 1995.

En définitive, cette structure (tableau 3) nous renseigne sur une « mauvaise » répartition de la charge fiscale entre les contribuables. Elle est considérée comme injuste pour plusieurs raisons : Concernant l'impôt sur les sociétés, il est resté concentré sur un nombre réduit de contribuables, et notamment dans certains secteurs : près de 80% des recouvrements proviennent d'environ 1% des contribuables. L'OCP par exemple a versé à lui seul 5,7 milliards de dirhams d'IS en 2012. Donc,

¹² Christine Lagarde (2013), Directrice Générale du FMI. Discours à l'occasion des assises nationales de la fiscalité. Livre 2^{èmes} assises nationales de la fiscalité, Skhirate. Page 37.

il faut noter que l'instauration d'une fiscalité qui tient compte de la spécificité du tissu productif national dominé par des PME devient primordiale (voir supra).

En ce qui concerne l'impôt sur le revenu (IR), bien que présentant les caractéristiques d'un impôt moderne, ses recettes sont constituées en grande partie de *l'IR sur les salaires*, soit une part de 72,5% en 2011 contre 77% en 2001.

Enfin, en matière de taxe sur la valeur ajoutée, la TVA à l'importation l'emporte sur la TVA à l'intérieur. Cette situation reflète une croissance continue des importations et donc une demande de consommation tournée de plus en plus vers les produits étrangers au détriment des produits *made in Morocco*. En plus, la complexité du système de calcul de cette taxe limite son rendement qui devrait en principe contribuer largement aux recettes fiscales en raison de sa neutralité économique et son assiette large.

3.2 LE RENDEMENT FISCAL ET L'IMPORTANCE DU SECTEUR NON ENREGISTRÉ

En matière d'élargissement de la population fiscale, le nombre de contribuables assujettis aux différents impôts et taxes s'est accru ces dernières années. Selon les *données officielles* disponibles fournies par le ministère de l'économie et des finances en 2013, la population fiscale a doublé pour l'IS, celle de la TVA et de l'IR a évolué, respectivement, de 69% et de 40% entre 2005 et 2011. La répartition des contribuables par nature d'impôt montre une prédominance des personnes morales au niveau de la TVA (63%), des TPE en matière d'IS (78%) et des salariés au niveau de l'IR (63%).

En matière de contrôle, l'administration fiscale vérifie chaque année la comptabilité de nombreuses entreprises. En moyenne, 1000 entreprises sont contrôlées par an, soit 3 à 4 dossiers par vérificateur. A ce titre, en 2013 par exemple le contrôle fiscal a généré au trésor public des recettes additionnelles de l'ordre de 7,6 milliards de DHs.

Malgré ces efforts déployés par l'administration, les résultats en matière de rendement fiscal sont encore en deçà des ambitions, en regardant l'importance de la fraude fiscale. D'après la figure 1, il s'avère que cette lutte contre la fraude est pénalisée par un manque d'effectifs. Le nombre moyen de contrôleurs a passé de 220 en 2006 à 280 en 2013.

Année	Nombre de contrôleurs
2006	220
2007	287
2008	277
2009	265
2010	279
2011	280
2012	312
2013	280
Total 2006-2013	2200

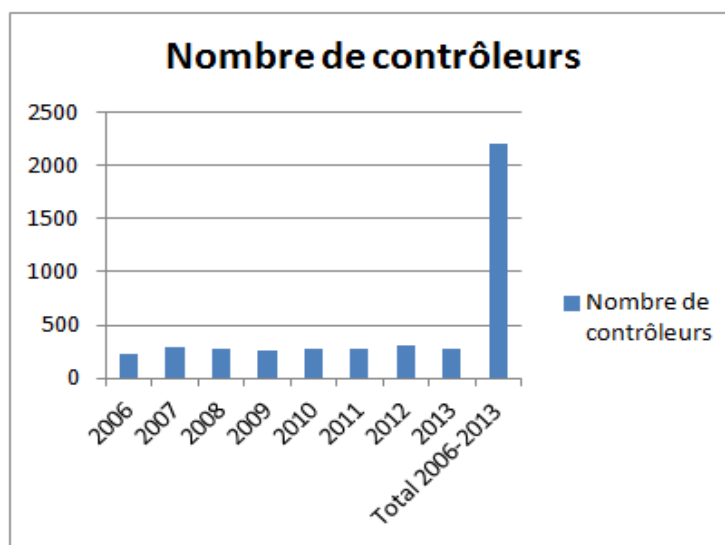


Fig. 1. Evolution du nombre de contrôleurs des impôts entre 2006 et 2013

Source : élaboration personnelle-DGI 2013

Aussi, les entreprises contrôlées sont celles identifiées auprès de l'administration fiscale, celle-ci se trouve incapable de réaliser des contrôles auprès des entreprises de l'informel. Etant donné qu'une bonne partie des biens et services consommés au Maroc est produite ou vendue par les acteurs du *secteur non enregistré*, une importante part de l'activité économique échappe ainsi au paiement des impôts, notamment de la TVA.

Au Maroc, on peut décomposer le *secteur non enregistré* comme suit :

Le secteur informel regroupant les micro-entreprises qui opèrent généralement à très petite échelle et avec un faible niveau d'organisation, de capital, de productivité et de revenu¹³. Dans ce cas le niveau relativement faible des revenus dégagés de l'exercice des activités micro-informelles fait d'elles, pour les services des impôts, des activités à faible rendement fiscal. En outre, les agents du secteur informel au Maroc restent imposés indirectement par le système de la *rémanence fiscale* c'est-à-dire par des impôts payés sous forme de TVA sur leurs consommations intermédiaires, par exemple.

Les activités frauduleuses de grande envergure regroupant les activités le plus souvent réalisées à grande échelle par des agents économiques disposant de surfaces financières assez larges. Au Maroc, les activités frauduleuses de grande envergure sont l'œuvre de puissants hommes d'affaires prenant parfois même l'Etat en otage parce que résultant d'une manière ou d'une autre des collusions entre le politique et le monde des affaires. C'est d'ailleurs en partie ce qui explique toutes les difficultés auxquelles font face les administrations fiscales dans le traitement des dossiers des opérateurs de ce secteur. Les activités d'envergure frauduleuses sont essentiellement concentrées dans les activités d'import-export, le bâtiment et les travaux publics, le négoce des cigarettes, et des voitures d'occasion.

C'est ce type de secteur informel qui pose le plus problème. Selon les études académiques existantes¹⁴, c'est le secteur frauduleux qui joue un grand rôle dans le blocage de l'élargissement de la TVA dans bon nombre de pays en développement dont le Maroc.

Quelles soient de très petite échelle ou de grande envergure, il est évident que les activités frauduleuses sont susceptibles de remettre en cause l'édifice fiscal à travers les pertes de recettes qu'elles engendrent et les distorsions qu'elles introduisent dans la concurrence. « La fréquence et le volume des activités de ces secteurs frauduleux font d'elles des structures à potentiel fiscal quasiment inexploité. Grâce à ce commerce lucratif, les entreprises du secteur frauduleux occupent une part importante du marché, dégagent des marges bénéficiaires substantielles et contribuent à la disparition des entreprises formelles, asphyxiées par une concurrence déloyale »¹⁵.

Ainsi, il est aujourd'hui très judicieux d'améliorer les moyens d'action de l'administration fiscale en vue de renforcer le recouvrement des impôts dus et de lutter contre la fraude. Plus particulièrement, le gouvernement marocain devrait renforcer les équipes chargées du contrôle fiscal en quantité certes mais également à travers une formation des profils concernés en matière des procédures spécifiques au contrôle fiscal. Ce contrôle devrait permettre de mieux cibler les contribuables à risque (priorité aux dossiers en fonction de leur importance) de manière à garantir le meilleur rendement.

En outre, dans le contexte marocain la durée du contrôle fiscal reste trop longue. Les contrôles de la comptabilité des entreprises durent plusieurs mois puisqu'ils portent pratiquement sur tous les impôts et sur les quatre derniers exercices. Cela pèse sur la relation entre le contribuable et l'administration fiscale. La réduction des délais de contrôle peut permettre en effet d'améliorer le rendement tout en augmentant le nombre de contrôles annuels réalisés par l'administration fiscale.

4 CONTRAINTES DU SYSTEME FISCAL MAROCAIN

Malgré tous les efforts entrepris par l'administration fiscale marocaine en matière de modernisation, de vulgarisation et de simplification des procédures, d'amélioration des conditions d'accueil et de contrôle des contribuables, le système fiscal actuel souffre d'un certain nombre de problèmes qui nuisent à son efficacité et à son efficience et qui constituent ensemble une taxe majeure sur l'entreprise productive « responsable » et le citoyen. Sa structure concentrée sur un nombre limité de contribuables, l'excès de dérogations et le poids de l'informel réduisent la base imposable.

¹³ C'est généralement des activités de subsistance qui sont l'œuvre de petits artisans tels que les menuisiers, les cordonniers ainsi que les vendeurs sur les voies publiques, les vendeuses de produits alimentaires, les petits prestataires de service tels que les mécaniciens ou réparateurs d'articles ménagers, etc. Une caractéristique commune de ces activités c'est qu'elles s'opèrent généralement en marge des réglementations légales (non respect des dispositions réglementaires en matière de droit du travail, par exemple).

¹⁴ Cf., à ce sujet les travaux d'Araujo et Chambas (2003), Brun et Chambas (2011). In Chocs et Mobilisation des Recettes Publiques dans les Pays en Développement, Souleymane DIARRA, Thèse de doctorat ès sciences économiques, Université d'Auvergne - Clermont-Ferrand I, 2012. Page 90.

¹⁵ Idem.

4.1 UN SYSTEME FISCAL INEQUITABLE

La question de l'équité fiscale a été très débattue au cours de la période de vive croissance économique mondiale (1990-2005). C'est ainsi que le taux marginal maximum de l'impôt sur le revenu des personnes physiques a diminué partout dans le monde de même que celui de l'IS. Cette question continue d'être actuelle avec le coût de la crise économique et financière internationale (2008) sur les finances publiques et ses implications pour les ajustements budgétaires liés à la fiscalité.

Dans le contexte marocain, l'article 39 de la constitution se consacre au principe d'équité fiscale. Or dans la pratique, ce n'est qu'un simple décor pour au moins pour trois raisons :

Tout d'abord, l'assiette fiscale est caractérisée par une concentration des recettes fiscales sur un nombre limité de contribuables et ne semble pas traduire les capacités contributives des acteurs économiques du Maroc. En effet, les statistiques concernant l'IR, l'IS et la TVA sont importantes pour illustrer cette question d'iniquité fiscale. En ce qui concerne l'IR, 75% des recettes de cet impôt proviennent de l'IR sur salaire. En matière d'IS, moins de 2% des sociétés contribuent pour plus de 80% des recettes de l'IS; et plus de 60% des entreprises déclarent des déficits en matière d'IS. Dans le même sens, selon les données de la DGI, 13 577 entreprises ont déclaré des résultats déficitaires en 2010. Enfin, pour la Taxe sur la Valeur Ajoutée, elle est considérée comme une « maladie congénitale » diluée dans les prix. Cet impôt est payé surtout par une grande masse de contribuables à revenu moyen ou faible, surtout lorsqu'il s'agit de la consommation de produits ou services dont la consommation est faiblement élastique. Aussi, un autre exemple est révélateur de l'iniquité en matière de TVA : le taux de TVA pour le service de l'eau potable et l'assainissement est de 7% que ce soit pour remplir une piscine dans une villa ou dans un village touristique ou pour un logement social de 50 mètres carrés qui contient 2 robinets d'eau. C'est le cas aussi pour l'électricité soumis au taux réduit de 14%.

Ensuite, en suivant la voie de comparaison avec d'autres pays, il s'avère qu'en Côte d'Ivoire par exemple, le taux d'imposition sur les bénéfices est de 25% pour les personnes morales et 20 % seulement pour les personnes physiques et le taux normal de TVA dans ce même pays est de 18% soit un taux inférieur à celui appliqué par le Maroc qui est de 20%.

Enfin, il est inéquitable que les entreprises enregistrées soient les seules à être contrôlées et redressées. Les opérateurs qui exercent dans le « noir » ou dans le « sous sol » ne sont pas appréhendés par les services des impôts et échappent carrément au processus de contrôle fiscal.

4.2 UN SYSTEME FISCAL FAVORISANT LA MULTIPLICATION DES DEPENSES FISCALES

Les dépenses fiscales s'entendent des mesures d'exonérations totales ou partielles, réductions, abattements ou taux préférentiels accordées à des agents économiques, à un secteur économique ou social ou à toute activité habituellement taxée. « L'objectif étant généralement d'altérer le comportement des agents ou de fournir une aide sociale à des catégories données de la population »¹⁶. Elles sont appelées « dépenses fiscales » parce que leur effet sur le budget de l'Etat est identique à celui des dépenses publiques.

Les statistiques fiscales les plus récentes du Ministère des finances (tableau 4) indiquent que les dépenses fiscales les plus importantes concernent la taxe sur la valeur ajoutée : 115 mesures dérogatoires évaluées pour un montant de 14.035 millions de dirhams (MDHS) en 2013. En matière d'impôt sur les sociétés, le montant des dépenses fiscales estimées est de 7.059 MDHS en 2013. La plupart de ces dépenses bénéficient aux entreprises (6.887 MDHS dont 3.206 MDHS concernent les exportateurs). Les dépenses fiscales estimées au niveau de l'impôt sur le revenu laissent apparaître un montant de 4.104 MDHS dont 2.587 MDHS en faveur des ménages. Quant aux droits d'enregistrement et de timbre, le montant des dépenses fiscales y afférent est de 6.276 MDHS, soit 18,4 % de l'ensemble.

¹⁶ Mohamed TAAMOUTI (2007). *Incitations fiscales : fondements et problèmes méthodologiques d'évaluation. Les cahiers du plan N° 12, mars-avril 2007, P21-P29.*

Tableau 4 : dépenses fiscales par type d'impôt en 2013

Impôt	Evaluation 2013 En MDHS	Part
Taxe sur la valeur ajoutée	14 035	41,1%
Impôt sur les Sociétés	7 059	20,7%
Impôt sur le Revenu	4 104	12,0%
Droits d'Enregistrement et de Timbre	6 276	18,4%
Taxes Intérieures de Consommation	1 135	3,3%
Droits de douane	1 565	4,6%
Total	34 173	100%

Source : Ministère de l'économie et des finances- Rapport sur les dépenses fiscales 2014

L'évaluation des dépenses fiscales par secteur d'activité permet de mesurer l'importance du dispositif incitatif et d'effectuer des comparaisons entre les différents secteurs.

Tableau 5 : principales dépenses fiscales par secteur d'activité en 2013

Désignation	Total tout impôt confondu En MDHS	Part
Activités immobilières	6 075	18%
Mesures profitant à tous les secteurs	4 308	13%
Agriculture, pêche	4 183	12%
Exportations	3 622	11%
Sécurité- Prévoyance	3 247	10%
Indust. alimentaires	2 640	8%
Services Publics	2 513	7%
Autres secteurs	2267	7%
Santé-Social	1 687	5%
Secteur financier	1 568	5%
Transport	1 339	4%
Electricité et gaz	725	2%
Total	34 173	100%

Source : Ministère de l'économie et des finances 2014 et calculs de l'auteur

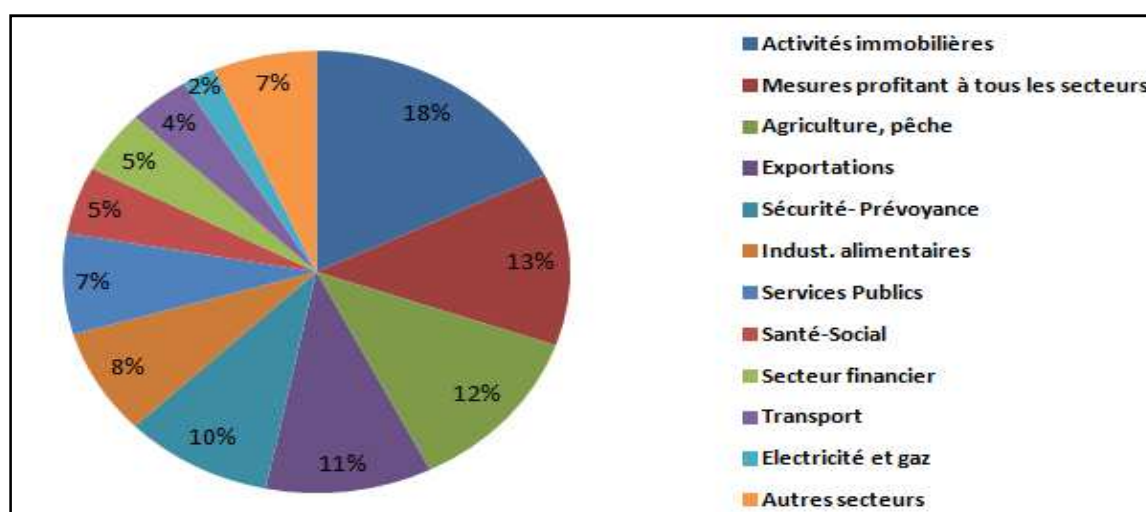


Fig. 2. Répartition sectorielle des dépenses fiscales en 2013

Source : élaboration de l'auteur- Ministère de l'économie et des finances 2014

Par secteur (tableau 5- figure 2), il est clair que l'immobilier est le secteur qui bénéficie le plus des dépenses fiscales à hauteur de 17,8 % des dépenses fiscales évaluées au titre de l'année 2013 et ce, pour un montant de 6.075 MDHS. Ce secteur n'est pas le seul à bénéficier des subventions publiques, l'agriculture et la pêche arrivent en seconde position puis le secteur exportateur notamment l'exonération en matière d'IS ainsi que le tourisme sur la partie du CA réalisée en devises.

Le recours aux dérogations fiscales traduit les orientations du gouvernement dans les domaines économique, social et culturel. Toutefois se sont les objectifs économiques qui dominent quant à l'octroi de ces régimes dérogatoires.

Dans le domaine économique, ces régimes dérogatoires sont utilisés notamment pour affecter le choix des agents et orienter l'activité économique vers des activités ou des zones spécifiques. En effet, dans les pays en voie de développement comme le Maroc, ces incitations fiscales sont utilisées par les gouvernements de ces pays comme moyen privilégié pour dynamiser l'activité économique, relancer l'investissement, accroître l'attractivité vis-à-vis des investissements directs étrangers (IDE).

Le choix de cet instrument relativement facile s'explique par plusieurs raisons, notamment, sa facilité comme alternative aux réformes structurelles et sa non dépendance du budget de l'Etat. Car les dépenses fiscales ont cet avantage de ne pas constituer une charge directe pour le budget de l'Etat. Cependant, même si elles n'ont pas d'impact direct, elles ont un coût d'opportunité en termes de manque à gagner qui pourrait s'avérer substantiel.

En outre, ces dépenses fiscales sont très souvent sous-estimées ou parfois admises comme des moyens pour atteindre des objectifs sociaux. Aussi, si une réduction du fardeau fiscal, à travers ces dérogations, ne permet pas de produire les effets escomptés en termes de croissance économique, les revenus de l'Etat vont baisser en produisant une pression sur le déficit budgétaire, détériorant ainsi le niveau d'épargne et hypothéquant la croissance économique dans le futur.

Dans ces conditions une réforme de ces dépenses fiscales s'avère primordiale. Elle devrait porter en effet sur trois dimensions stratégiques : la première consisterait à évaluer l'efficacité des dépenses fiscales octroyées sur la base de leur impact sur la valeur ajoutée, la création de l'emploi, le développement sectoriel et régional. Une telle évaluation, doit non seulement être une évaluation globale du poids économique des dépenses fiscales pour l'Etat mais également doit porter sur la mesure des distorsions qu'elles peuvent engendrer dans l'économie puisque ces incitations ont assez souvent tendance à canaliser les investissements vers des secteurs ou des activités exonérés, mais pas nécessairement productifs.

La seconde dimension porterait sur le ciblage des secteurs à inciter au regard de la politique économique et des performances constatées dans chaque secteur. La politique de ciblage définie par le gouvernement doit prendre en considération l'importance sociale du secteur « subventionné » et ou sa vulnérabilité éventuelle.

Le troisième point important dans une telle réforme consisterait à conditionner l'octroi d'incitations fiscales au respect d'un cahier des charges. Ainsi, il est important de fixer des limites temporelles à ces incitations et les conditionner à l'atteinte des objectifs initialement fixés.

Cette « régulation » soit disons des dépenses fiscales ne peut que contribuer à l'amélioration de l'efficacité des dépenses fiscales, du système fiscal et plus globalement des dépenses publiques.

4.3 UN SYSTEME FISCAL VEHICULANT UNE MEFIANCE MUTUELLE ENTRE L'ADMINISTRATION FISCALE ET LE CONTRIBUABLE

De manière générale, les méthodes d'évaluation de l'action de l'administration publique ont montré une faiblesse importante. Elles font rarement appel à l'usager comme évaluateur en vue de progresser dans la voie de la qualité et l'efficacité.

En matière fiscale, les besoins des contribuables évoluent sans cesse et par conséquent la recherche de l'information sur la qualité perçue et sur les attentes et besoins de ces contribuables doit être effectuée de manière continue. Dans ce cadre, « les enquêtes de satisfaction peuvent être considérées comme un outil-clé de l'étude des besoins. Elles permettent de recueillir l'opinion des différentes catégories de contribuables »¹⁷. L'expression de la satisfaction des contribuables doit pouvoir être sollicitée de manière permanente. Cela peut contribuer à la formation d'une relation de confiance. Il est

¹⁷ Ahmed Grar et Mohammed El Ouasfy (2006). *Evaluation des politiques publiques au Maroc : portée et limites. Cas de la politique fiscale* In *Revue Marocaine d'Audit et de Développement* n°22. Page 138.

important par exemple de déposer un petit questionnaire dans des bureaux d'accueil en vue de répertorier les remarques et propositions les plus pertinentes des usagers.

Ainsi, il est à noter que la construction d'une relation de confiance et de partenariat entre l'administration fiscale et les citoyens dans le cadre d'un engagement mutuel des deux parties constitue un véritable pilier dans la mise en place d'un système fiscal efficace et efficient. Or, aujourd'hui cette relation de confiance mutuelle n'est pas démontrée. En effet, « selon les données du ministère de l'économie et des finances, chaque année le nombre de réclamations reçues par la Direction Générale des Impôts est estimé aux alentours de 70 000 à 80 000 réclamations »¹⁸. Cela montre que la contestation est un acte enraciné dans les rapports entre le contribuable et l'administration fiscale. Dans ce sens nous citons également les réactions des internautes sur le forum de la DGI qui mettent en évidence les difficultés éprouvées dans leurs démarches à entreprendre auprès de l'administration fiscale.

De même, le manque de clarté de certains textes fiscaux et les règles compliquées de calcul de certains impôts donne une opacité accrue aux contribuables quant à l'interprétation de la législation fiscale en vigueur chose qui accentue cette montée du sentiment de méfiance.

Un autre point mérite également d'être souligné et a pour vocation d'alimenter cette méfiance: selon la législation fiscale, le régime de sanction en vigueur ne distingue pas entre les erreurs matérielles et les manquements qui relèvent du civisme fiscal. En effet, le contribuable ayant commis une simple erreur n'est pas encouragé à la rectifier. Il s'expose vite à des sanctions semblables à celles appliquées en cas de fraude.

Bien sûr et de manière réciproque, les pratiques de certains contribuables et le manque du civisme fiscal auprès de ces derniers, pousse l'administration fiscale à un sentiment de méfiance envers le contribuable. En fait ce ne sont pas les textes qui changent la réalité, mais c'est les êtres humains susceptibles d'appliquer ces textes qui doivent changer et matérialiser ce changement.

4.4 UN SYSTEME FISCAL DEFAVORISANT LA COMPETITIVITE ET LE CLIMAT DES AFFAIRES

Compétitivité et équité fiscale sont deux notions controversées dans le débat sur la fiscalité qui donnent parfois lieu à des idées fausses et des affirmations douteuses. La compétitivité fiscale a fait l'objet de plusieurs travaux analytiques dans les milieux universitaires au Maroc et ailleurs, au cours des deux dernières décennies. Les gouvernements en ont tirés argument pour modifier à maintes reprises le système fiscal. Ces réformes portaient assez souvent sur l'imposition des bénéfices des sociétés, la réduction des taux d'impositions et l'octroi des avantages fiscaux à certains investissements. Dans ce sens, il convient de noter que les pays émergents d'Europe et d'ailleurs, même les pays de l'OCDE, ont procédé à l'élargissement progressif de l'assiette et l'abaissement du taux d'IS. Ces deux démarches visent à contribuer à l'établissement d'un système fiscal compétitif.

D'autres mesures ont concerné également la TVA. En fait certains gouvernements avancent que l'abaissement du taux de la TVA dans certains secteurs tel que le tourisme est un atout compétitif puisque il influence sur le choix de la destination des touristes.

Dans le contexte des pays dans lesquels les taux d'imposition sont élevés tel qu'au Maroc, ces pratiques ont été également envisagées dans l'objectif d'établir un système fiscal compétitif. Toutefois cette démarche simpliste basée sur l'abaissement des taux et l'octroi des avantages est mise en cause puisque les recettes fiscales finissent par en souffrir. En plus, la fiscalité n'est qu'un des facteurs qui déterminent la décision des investisseurs. Les études scientifiques existantes sur plusieurs expériences mondiales montrent qu'il existe d'autres facteurs auxquels les investisseurs accordent une plus grande importance au cours de leur processus de choix de l'investissement et de localisation géographique. Il s'agit entre autres de l'existence d'une taille critique du marché permettant de rentabiliser les capitaux investis, d'une main d'œuvre qualifiée et bien motivée, des infrastructures matérielles et immatérielles de qualité. Et les facteurs d'attractivité et de compétitivité structurelle sont nombreux¹⁹.

¹⁸ AMINE. M (2015). *L'esprit perdu des réformes fiscales*. In *Revue Challenge* du 24 Avril. Page 24-25.

¹⁹ Pour approfondir ce point concernant les facteurs d'attractivité des investisseurs, voir sur ce sujet l'étude de Holland-Vann (1998) et Charles Albert Michalet 2002.

C'est pourquoi, le gouvernement marocain doit passer à une autre vision qui lie la compétitivité du système fiscal à l'efficacité économique et à la croissance de la productivité. Dans cette optique un système fiscal compétitif est celui qui utilise pleinement et au mieux chacun des impôts qui le composent. Un exemple est important à analyser dans ce sens : les incitations fiscales à l'investissement. En effet, selon les estimations du FMI, le manque à gagner concernant les coûts économiques des incitations fiscales peut atteindre plus que 3% du PIB pour l'économie marocaine.

5 DE VERITABLES REFORMES STRUCTURELLES SONT NECESSAIRES

Au cours des dernières années, le Maroc a mis en place diverses initiatives visant à adapter la gestion publique à l'évolution de la société et aux attentes des citoyens. Dans ce cadre et au centre de cette dynamique, le gouvernement a entrepris un vaste programme de réformes visant l'optimisation de l'allocation des ressources budgétaires. Ces réformes ont trait, principalement, à l'intégration de l'approche genre dans l'élaboration des budgets de l'Etat, la normalisation des dépenses publiques, la globalisation des crédits, le partenariat public-privé, la réforme de la caisse de compensation à travers l'indexation des produits pétroliers, la réforme fiscale et la réforme de la loi organique relative aux lois de finances. Dans ce paragraphe nous allons évaluer dans quelle mesure ces réformes pourraient favoriser un retour à la croissance et à des revenus durables au Maroc. Nous allons donner une priorité à trois initiatives importantes : la réforme fiscale, la réforme de la LOLF et la réforme de la caisse de compensation.

5.1 LA REFORME FISCALE: UNE VERITABLE VOIE VERS LA CORRECTION DU DESEQUILIBRE BUDGETAIRE

L'impôt est l'un des attributs de la souveraineté d'un Etat auquel il a recours pour financer ses dépenses publiques, mais également un instrument important de politique économique et sociale utilisé pour orienter les activités et les choix des agents économiques.

Comme il a été déjà souligné le système fiscal marocain souffre de plusieurs insuffisances nous citons entre autres: un important potentiel fiscal non encore exploité lié à une faible culture du *civisme fiscal* au sein de la société et se traduisant en partie par une forte concentration des recettes fiscales sur un nombre limité de contribuables; des distorsions économiques alimentées par la multiplication des dépenses fiscales et par la multiplication des modes de calcul de l'impôt sur le revenu; un manque de confiance des citoyens vis-à-vis du système fiscal dû en partie au déficit de communication de l'administration fiscale et à une perception négative à l'égard du pouvoir d'appréciation de l'administration fiscale.

Face à cet état de fait, une refonte du système fiscal s'impose avec acuité. Cette modernisation doit placer les principes de l'équité entre les différentes composantes de la population fiscale et la compétitivité de l'entreprise marocaine au centre des préoccupations des décideurs politiques. Comme il a été proposé par les différents panélistes présents lors des assises nationales de la fiscalité, ce chantier de réforme ne peut être réussi que par le biais :

- des ressources humaines en quantité et en qualité suffisante et une simplification des procédures: dématérialisation des procédures avec la télé-déclaration et le télépaiement, diminution des délais de traitement, accueil par type d'entreprise, renforcement des moyens humains, formation continue du personnel, amélioration de la relation avec le contribuable : accueil, communication,...
- lutte contre l'informel et la fraude: augmenter le nombre des contrôles fiscaux CF; Renforcer la sanction contre les fraudes fiscales, sensibiliser le citoyen au civisme fiscal; coordination des actions des différentes administrations: douane, DGI, Office de Changes...
- Réforme des dépenses fiscales: évaluation régulière des taux et des *mesures d'exonérations fiscales* prises par l'Etat, réforme de l'exonération octroyée à certains secteurs comme l'immobilier, les mines, les hammams et la zone Sud.
- plus d'équité en matière d'IR et d'IS:

En ce qui concerne l'IR, *il est très judicieux d'améliorer le barème de l'IR vers plus d'équité notamment envers la classe moyenne ; instaurer les barèmes référentiels régionaux en matière d'IR ; donner le choix entre la retenue à la source et la déclaration de l'IR; mettre en place des abattements pour certaines catégories de personnes: retraités par exemple ;*

En matière d'IS, il est très vive de porter l'IS à la baisse et d'adapter les règles de calcul de la base imposable aux capacités contributives notamment des PME-PMI pour être attractifs et encourager plus d'IDE et de délocalisations d'entreprises étrangères. A ce titre, il est important de citer l'étude réalisée par le HCP dans le cadre de sa contribution à l'éclairage de la prise de décision. Le HCP a en effet procédé, sur la base d'un modèle économétrique à l'évaluation des effets macroéconomiques d'une réduction du taux de l'IS de 30% à 25 %. Cette étude²⁰ a été élaborée sur la base des données des comptes nationaux concernant la période 1990-2008. Elle nous enseigne que cette mesure permettrait de relancer l'activité économique par ses effets positifs sur l'offre et la demande, et d'améliorer les niveaux de vie des ménages.

- la réforme de la TVA qui doit comprendre un élargissement de l'assiette (en supprimant certaines exonérations) et la mise en place d'un régime à un seul taux seulement pour être équitable ;
- des incitations fiscales pour les entreprises portant notamment sur la révision de la taxe professionnelle afin qu'elle ne pénalise pas les entreprises qui réalisent des pertes ou des bénéfices insuffisants;
- une introduction progressive de la taxation du revenu des grandes exploitations agricoles²¹ ;
- Instaurer un impôt de solidarité sur la fortune des personnes physiques à l'image de ce qui existe en France. A titre indicatif, en France 332 000 citoyens français ont payé l'impôt sur la fortune en 2014, ce qui a rapporté au trésor 5 millions d'euros.

Certes, la mise en place de cet impôt au Maroc aura comme avantage d'éviter l'accentuation des inégalités de patrimoine. Mais pourrait favoriser à terme l'expatriation fiscale.

5.2 LA REFORME DE LA COMPENSATION : VERS UNE SUPPRESSION TOTALE DES SUBVENTIONS

Le système de compensation est un système de subvention résultat de l'écart entre le prix réel du marché d'un produit (ou d'un panier de produits) et le prix subventionné. Au Maroc ce système concerne principalement les produits pétroliers mais aussi la farine, le sucre et le gaz butane.

Les produits compensés constituent un enjeu financier important pour le trésor public au Maroc vu leur impact sur l'accroissement des dépenses publiques.

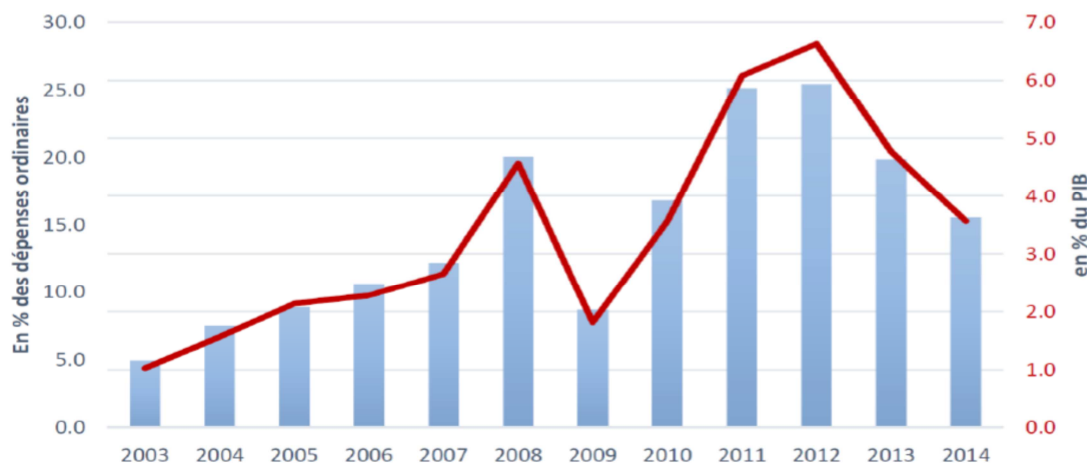


Fig. 3. Evolution des dépenses de compensation au Maroc, 2003-14

Source : Bank Al-Maghrib et Ministère de l'Economie et des Finances 2015

²⁰ CES (2012). « Le système fiscal Marocain, développement économique et cohésion sociale au Maroc ». Rapport n°9/2012.

²¹ La fiscalisation des exploitations agricoles se fera selon un calendrier progressif : à compter de 2014, pour les exploitants qui réalisent un chiffre d'affaires supérieur ou égal à 35 M DH, à compter de 2016 pour un chiffre d'affaires supérieur ou égal à 20 M DH, à compter de 2018 pour un chiffre d'affaires supérieur ou égal à 10 M DH. Les exploitations agricoles réalisant un chiffre d'affaires annuel inférieur à 5 M DH resteront exonérées, ce qui représente les trois-quarts des exploitants agricoles du pays.

Comme le montre la figure 3 ci-dessus, l'évolution de la charge de compensation est inquiétante. En 2012, les dépenses en termes de compensation ont atteint 28 % des dépenses publiques ordinaires représentant environ 7% du PIB. L'action de l'Etat dans ce domaine devrait être à la hauteur de cet enjeu. En outre, les subventions à l'énergie (en particulier à l'essence) s'avèrent régressives dans le sens où elles bénéficient davantage aux quintiles les plus riches de la population. Le gouvernement estime en effet que seulement 9 % des subventions bénéficient au quintile le plus pauvre contre 43 % pour le quintile le plus riche.

C'est dans ce contexte que le gouvernement du Maroc s'est engagé depuis 2012 dans une phase de consolidation budgétaire. En effet, les dépenses de compensation ont été fortement réduites suite à l'adoption d'une *indexation partielle* des produits pétroliers à partir de septembre 2013. Le système d'indexation partielle consiste à réviser les prix de vente mensuellement, tous les 16 de chaque mois, sur la base des moyennes mobiles des prix de reprise des deux mois précédents des produits concernés.

L'indexation est toutefois limitée en ce sens que l'augmentation des prix ne pouvait dépasser un plafond que le gouvernement fixait annuellement pour chaque produit soumis à l'indexation²². Le 17 janvier 2014, le gouvernement a annoncé avoir supprimé totalement les subventions au prix du fuel industriel et de l'essence²³. Quant au gasoil, il continuera de suivre le mécanisme d'indexation partielle mis en place en septembre 2013 qui consiste à opérer des réajustements des prix à la consommation dès que l'incidence des variations sur les prix de vente dépasse 2,5 %. Toutefois, l'Etat continue de subventionner le gaz butane, le fuel industriel destiné à la production de l'électricité par l'Office national de l'électricité et de l'eau potable (ONEE), le sucre, certains produits destinés aux provinces sahariennes, et la farine nationale du blé tendre qui relève de l'Office national interprofessionnel des céréales et légumineuses (ONICL). L'ensemble de ces produits représente plus de 50 % de la charge de compensation.

La rationalisation du système de compensation nécessite la définition d'une véritable stratégie dans le cadre d'un plan intégré de politiques publiques et de programmes de restructuration s'inscrivant dans la durée et selon une vision réaffirmant la vocation sociale de cette politique. Les axes majeurs de cette stratégie²⁴, à implémenter dans son ensemble de façon intégrée, progressive et coordonnée, consistent à :

- réduire, de manière progressive et concertée, le périmètre de la compensation aux seuls produits de base destinés à la consommation des ménages, à savoir le gaz butane, la farine et le sucre ;
- décompenser, de manière graduelle, les produits pétroliers liquides et leur substituer des aides à l'investissement, notamment en faveur du secteur du transport pour la modernisation du parc et l'acquisition de véhicules à faible consommation énergétique ;
- accompagner la décompensation du fuel industriel, décidée en janvier 2014, par des mesures de soutien à l'investissement pour les industries utilisant ce combustible afin de préserver leur compétitivité, tout en incitant à leur conversion énergétique ;
- mettre fin aux subventions du fuel utilisé par l'ONEE et leur substituer d'autres mécanismes tels que la recapitalisation pour couvrir les investissements et l'amélioration de l'autofinancement de l'Office dans le cadre d'un contrat de programme avec l'Etat ;
- optimiser les coûts des produits compensés par la réalisation de nouvelles infrastructures et la construction de nouvelles unités de stockage dans le cadre d'une politique visant la constitution de réserves stratégiques, notamment pour les produits énergétiques et alimentaires ;
- promouvoir l'efficacité énergétique et la production d'énergies renouvelables visant en particulier à diminuer la consommation du gaz butane à travers des programmes phares bien identifiés, etc.

²² Pour l'année 2013, d'après l'arrêté N°3-69-13, ces plafonds sont de 0,8 DH/L pour le Super, 2,6 pour le gasoil et 930 DH/T pour le fuel N°2.

²³ Les prix seront révisés le 1er et le 16 de chaque mois, conformément à la structure des prix publiée par le ministère de l'énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, et à l'instar des autres produits pétroliers non soutenus.

²⁴ Pour approfondir les axes de cette stratégie, cf. le rapport de la cour des comptes intitulé : le système de compensation : diagnostic et propositions de réforme janvier 2014. Page 105.

Il s'agit bien d'une réforme qui s'inscrit dans le bon sens mais qui reste incomplète. Il faut avancer trois arguments à ce sujet : tout d'abord parce que le système de subvention tel qu'il est mis en place au Maroc profite le plus aux couches sociales les plus favorisées. Ensuite, ce système n'a pas été accompagné de mesures en faveur des parties les plus touchées. Enfin il ne s'agit pas d'une réforme dont l'objectif est la réallocation optimale des ressources mais elle a été introduite juste pour améliorer un peu les déficits du budget et de la balance commerciale.

Aussi, du point de vue redistributif, ce système est inéquitable à cause de la place non négligeable qu'occupent les activités informelles au Maroc. Ces dernières bénéficient en effet des prix subventionnés sans pour autant contribuer aux recettes fiscales.

5.3 LA REFORME DE LA LOLF : DE NOUVELLES REGLES BUDGETAIRES MISES EN PLACE

La réforme de la gestion budgétaire au Maroc constitue, à côté de la réforme fiscale, un chantier très important qui s'inscrit dans une logique non pas de moyens mais de résultats et d'excellence. Dorénavant, le budget ne devrait plus être structuré en chapitres budgétaires qui regroupent les crédits alloués aux ministères dépensiers mais plutôt en *missions*²⁵, *programmes*²⁶ et *actions*²⁷ assortis d'*objectifs* bien définis et d'*indicateurs d'évaluation et de performance*²⁸.

La nouvelle Loi Organique relative à la Loi de Finances (LOLF) est fondée sur la consécration des principes de la transparence, de performance et de la qualité des services publics. En effet, cette réforme vise à lier l'exécution à la performance, à renforcer la transparence et la sincérité du budget et des comptes de l'Etat et à renforcer le *rôle du Parlement dans le débat autour de l'efficacité de la dépense publique*.

La LOLF est structurée selon trois axes essentiels :

Le premier axe : lier l'exécution de budget à la performance

Ainsi, le budget sera préparé par référence à une programmation budgétaire pluriannuelle afin de renforcer la cohérence des stratégies sectorielles dans les domaines de l'industrie, l'agriculture, le tourisme, la pêche maritime et bien d'autres.

De même, dans le but d'assurer un suivi pertinent des politiques publiques et de responsabiliser les gestionnaires de la chose publique, la nouvelle LOLF est structurée autour de programmes contenant un ensemble de projets et d'actions. Cela aura pour effet, de donner plus de flexibilité aux gestionnaires quant à l'exécution de programmes et renforcer en même temps leur responsabilité en termes de reddition des comptes. Dans le but d'activer cette reddition des comptes et d'évaluer les réalisations en terme d'objectifs de performance, des audits de performance seront réalisés par l'Inspection Générale des Finances qui sera amenée à présenter le rapport de son audit au parlement.

Aussi, le budget se focalise sur la performance puisque chaque programme sera lié à un ensemble d'objectifs d'intérêt général et reliés à des indicateurs de mesure des résultats obtenus.

Le deuxième axe : renforcer la transparence des finances publiques à travers un ensemble de règles

Premièrement, la nouvelle LOLF introduit le *principe de sincérité budgétaire* à travers la présentation de l'ensemble des ressources et des dépenses de l'Etat sur la base des données disponibles lors de la préparation de la loi de finances, et les prévisions qui peuvent en découler. Selon ce principe, les comptes de l'Etat doivent refléter une image réelle de sa richesse et sa situation financière.

²⁵ Une mission est : un ensemble de programmes concourant à une politique publique définie. Exemples de missions ministérielles : Politique de la ville, recherche scientifique, développement rural, agriculture, transports publics.

²⁶ Un programme regroupe les crédits destinés à mettre en œuvre une action ou un ensemble cohérent d'actions relevant d'un même ministère et auquel sont associés des objectifs précis ainsi que des résultats attendus et faisant l'objet d'une évaluation. Exemple de programme : rénovation urbaine

²⁷ L'action est une subdivision d'un programme. Exemple : le programme rénovation urbaine se compose de deux actions : i). les grands projets de la ville et ii). le programme national de rénovation urbaine.

²⁸ Les indicateurs de performance sont de l'ordre de trois types :

- indicateurs de moyens : nombre de classes réalisées, nombre de Km entretenus, nombre de filles bénéficiant de bourses d'internat par cycle...
- indicateurs de production : coût moyen de mobilisation du m³, taux des projets d'investissement privés réalisés...
- indicateurs d'impact : taux de réussite scolaire, taux de mortalité infantile, taux de scolarisation de la fille en milieu rural...

Deuxièmement, la nouvelle LOLF se basera, pour enrichir les données disponibles sur la performance de la gestion publique, sur un système comptable tridimensionnel avec trois types de comptabilités : publique, générale et analytique. « *La comptabilité budgétaire sera enrichie par l'institution de la comptabilité d'exercice et de la comptabilité d'analyse des coûts en vue de suivre le coût global des services publics et des efforts menés pour la maîtrise de l'ensemble des dépenses y afférentes, et ce, en parfait respect du principe de sincérité* »²⁹.

Enfin, la rationalisation de la création des SEGMA et des Comptes Spéciaux de Trésor (CST). En effet, la nouvelle LOLF supprimera les SEGMA qui ne réalisent pas de recettes propres supérieures ou égales à 30% de l'ensemble de leurs recettes, réduira le nombre de CST et intégrera les comptes de prêts³⁰ et les comptes d'avances³¹ dans le cadre des comptes de financement.

Le troisième axe : accroissement du contrôle parlementaire au niveau des finances publiques

La nouvelle LOLF vise à renforcer le rôle du parlement dans le débat budgétaire à travers l'enrichissement des informations communiquées par le gouvernement. Dans ce cadre, le projet propose d'associer le parlement dès les premières étapes de préparation du projet de loi de finances et de mettre à sa disposition des données précises et de qualité afin de lui permettre d'exercer son rôle de contrôle des politiques publiques et des conditions de leur mise en œuvre.

Aussi, cette nouvelle loi propose également de réaménager le calendrier d'examen et de vote du projet de loi de finances à travers l'introduction d'une phase de préparation du cadre de programmation pluriannuelle de référence dans lequel la loi de finances doit s'inscrire ainsi qu'une phase de concertation avec le Parlement avant la fin du mois de juillet pour discuter des grandes orientations et du cadre général qui sous-tendent le projet de loi de finances, notamment le contexte international, l'évolution de l'économie nationale, ainsi que l'exécution de la loi de finances de l'année en cours et la programmation triennale globale de l'Etat qui fera l'objet d'un rapport préparé par le gouvernement et pouvant être discuté au Parlement.

Finalement, il est proposé de simplifier la pratique du droit d'amendement parlementaire à travers une nouvelle définition de la charge publique et de revoir également les modalités de vote des prévisions de dépenses de la loi de finances en vue de les inscrire dans la nouvelle démarche axée sur les résultats à travers l'orientation du vote autour des départements ministériels et de leurs stratégies.

6 CONCLUSION

Les finances publiques ont subi une « chute sans fin » à cause tout d'abord des effets d'une conjoncture économique défavorable au niveau national et international, marquée par la crise touchant aux partenaires commerciaux du Maroc et les contestations dans le cadre de ce qui a été connu par le « printemps arabe », ce qui a entraîné une montée en puissance des dépenses publiques pour faire face à la masse des salaires et aux dépenses de compensation, un creusement du déficit budgétaire et un recours continu et sans précédent à l'emprunt extérieur.

Dans ces conditions le gouvernement marocain a adopté la solution simple : une politique d'austérité qui indique bien un recul en arrière de l'appareil Etatique. Il en découle donc une dégradation des services publics dans plusieurs domaines : la santé, l'enseignement, les collectivités locales.... Cela nous rappelle, en fait, les conditions d'application du programme d'ajustement structurel (PAS) lors du début des années quatre-vingts.

Aussi, le système fiscal marocain qui est susceptible de rétablir l'équilibre des finances publiques et la dynamique de toute l'économie en général semble inefficace. En effet, dans ce système on trouve bien des contribuables qui sont sous-fiscalisés et d'autres qui sont surfiscalisés, des secteurs qui bénéficient injustement des dérogations fiscales touchant à plusieurs impôts et des zones de « non droit fiscal ».

²⁹ Ministère de l'Economie et des Finances (2013). Note de présentation du projet de loi organique relative à la loi de finances. Page 4. Adresse consultée le 15/05/ 2014. http://www.sgg.gov.ma/Portals/0/lois/Projet_loi_130.13_Fr.pdf

³⁰ Les comptes de prêts retracent les opérations de prêts réalisées par l'Etat. Il s'agit notamment de prêts à des Etats étrangers réalisés dans le cadre de la politique commerciale ou d'aide au développement.

³¹ Les comptes d'avances retracent les avances faites par l'Etat à des collectivités, organismes ou personnes privées.

En guise de conclusion, il faut noter que le contribuable d'après indépendance qui paie son impôt parce qu'il a peur est en cours d'extinction. Aujourd'hui, le contribuable paie ses impôts s'il est convaincu. Par suite, toute stratégie de réforme de la fiscalité au Maroc ne doit pas être envisagée dans un cadre « technique », loin de la réalité marocaine, dans le cadre d'une vision poussée par des « experts » étrangers qui appliquent toujours à l'économie marocaine des schémas abstraits, mathématisés et inadaptés. En fait, dans le cas marocain l'acquiescement de la facture d'impôt suscite chez le contribuable un sentiment d'injustice au regard de l'importance d'un « phénomène social national » qui est la fraude fiscale dont les fraudeurs montrent une résistance féroce au paiement de l'impôt. Ceux-ci font souvent pression soit sur le législateur afin d'amener les élus à voter des lois qui leurs sont favorables soit, sur ordre supérieur, sur certains agents corrompus de l'administration en vue d'assouplir ou de réduire le nombre de contrôles fiscaux.

Ainsi, nous nous accordons à dire que tout le travail doit être dorénavant concentré le plus sur la moralité et le comportement du contribuable. En fait, à l'aide d'une argumentation morale plutôt que technique qui doit commencer, de préférence, dès le jeune âge, il est possible de faire comprendre au contribuable qu'il y va dans son intérêt de payer ses impôts. Se servir d'un expert-conseil c'est-à-dire une personne compétente dans le domaine et qui jouit de la confiance de la société peut être une bonne piste à emprunter car comme disait François Heidsieck³², « *la justice selon la loi, avant d'être une vertu, est une science et une compétence. Pour être mise en pratique, elle doit d'abord être prononcée, à dire d'expert et l'expert n'a pas besoin d'être généreux, il suffit qu'il soit prudent* ».

REFERENCES

- [1] Peacock A.T et Wiseman J. (1967). "The Growth of public expenditure in United Kingdom" London ALLEN and UNWIN. In Conference on Economic Development in Sub-Saharan Africa. CSAE, April 2000. Oxford.
- [2] HALONI A. (1986). « tendances à long terme de l'accroissement des dépenses publiques dans les PED », R.M.F.P.E n°2. Maroc
- [3] Bruchez P.A et Schlaffer B. (2012). « Endettement public excessif : mieux vaut prévenir que guérir ». Working Paper de l'AFF N°. 18 Suisse.
- [4] Vergne C. (2014). Le modèle de croissance marocain : opportunités et vulnérabilités, Agence Française de Développement. Paris France.
- [5] Négrin O. (2008). « Une légende fiscale : la définition de l'impôt de Gaston Jèze », in Revue de droit public, n° 1, p. 119-131
- [6] Gaudemet P. M. (1970). Précis de finances publiques, t. 1, Les opérations sur deniers publics. Budget et Trésor, t. II, Les ressources publiques. Emprunt et impôt. Revue internationale de droit comparé, volume 22 n°3 Juillet-septembre. Société de Législation Comparée Paris, France.
- [7] Lagarde C. (2013). Discours à l'occasion des assises nationales de la fiscalité. Livre des 2èmes assises nationales de la fiscalité, Skhirate Maroc.
- [8] DIARRA S. 2012. « Chocs et Mobilisation des Recettes Publiques dans les Pays en Développement ». Thèse de doctorat ès sciences économiques, soutenue à l'Université d'Auvergne - Clermont-Ferrand I.
- [9] TAAMOUTI M. (2007). « Incitations fiscales : fondements et problèmes méthodologiques d'évaluation ». Les cahiers du plan N° 12, mars-avril, P21-P29. Rabat Maroc.
- [10] Grar A et El Ouasfy M. (2006). « Evaluation des politiques publiques au Maroc : portée et limites. Cas de la politique fiscale ». Revue Marocaine d'Audit et de Développement n°22.
- [11] AMINE. M (2015). « L'esprit perdu des réformes fiscales ». Revue Challenge du 24 Avril. Casablanca Maroc.
- [12] CES (2012). « Le système fiscal Marocain, développement économique et cohésion sociale au Maroc ». Rapport n°9/2012. Rabat, Maroc.
- [13] Cour des comptes (2014). « Le système de compensation : diagnostic et propositions de réforme ». Janvier. Rabat, Maroc.
- [14] Desmoulin G. (2008). « finances publiques de l'Etat », éd., Vuibert. France
- [15] Ministère de l'Economie et des Finances (2013). Note de présentation du projet de réforme de la loi organique relative à la loi de finances. <http://www.sgg.gov.ma>.
- [16] Heidsieck F. (1959). La vertu de justice. Presses Universitaires de France. <https://books.google.co.ma>

³² François Heidsieck (1959). La vertu de justice. Presses Universitaires de France, p. 26.

NOTE PRELIMINAIRE SUR L'ÉCOLOGIE D'UNE *ASPARAGACEAE* ENDEMIQUE DU BASSIN DU CONGO

[PRELIMINARY NOTE ON THE ECOLOGY OF AN ENDEMIC *ASPARAGACEAE* OF CONGO BASIN]

Anthony Kikufi¹, Jean Lejoly², and Félicien Lukoki³

¹Laboratoire de Botanique systématique & d'écologie végétale, Faculté des Sciences,
Département de Biologie, BP. 190 Kinshasa XI (Université de Kinshasa), RD Congo

²Herbier de l'Université Libre de Bruxelles C.P. 169, Avenue F. Roosevelt, 50. 1050 Bruxelles, Belgique

³Laboratoire de Botanique systématique & d'écologie végétale, Faculté des Sciences, Département de Biologie, BP. 190
Kinshasa XI (Université de Kinshasa), RD Congo

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: A study was conducted in three localities in the southwest of RD Congo to clarify the ecology of *Dracaena acutissima* Hua: an endemic *Asparagaceae* of Congo Basin. Ecosystem characteristics (vegetation types, soil types and microclimates strata), phenological, chorological and ethnobotanical were determined. The results show that *D. acutissima* is a semi-sun-loving species that typically grows in the sandy soil of the undergrowth Kalahari type of riparian forest or forest or sloping plateau. It was seen with flowers and fruits during the dry season between May and July. The ethnobotanical survey showed that young leaves of this plant are used to treat childhood ear infections and stems are used for making small animal traps while its fruits are eaten by warthogs. Although, the species has not yet been confronted with the IUCN criteria; its distribution and human pressure area experienced by ecosystems that are its habitat to push the authors to classify it as a vulnerable species.

KEYWORDS: ecology, phenology, phytogeographical distribution, endemic species, microclimate layers, sandy soils, riparian forest, D.R. Congo.

RÉSUMÉ: Une étude a été menée dans trois localités situées au sud-ouest de la RD.Congo pour préciser l'écologie d'une *Asparagaceae* endémique du Bassin du Congo : *Dracaena acutissima* Hua. Les caractéristiques écosystémiques (types de végétations, types de sols et strates microclimatiques), phénologiques, chorologiques et ethnobotaniques ont été déterminées. Les résultats montrent que *D. acutissima* est une espèce semi-héliophile qui croit généralement dans le sous-bois sur sol sableux de type Kalahari en forêt ripicole ou en forêt de pente ou de plateau. Elle a été vue en fleurs et en fruits durant la saison sèche entre mai et juillet. L'enquête ethnobotanique a montré que les jeunes feuilles de cette plante sont utilisées pour soigner l'otite infantile et ses tiges servent pour la confection des pièges de petits animaux tandis que ses fruits seraient consommés par les phacochères. Bien que l'espèce n'ait pas encore été confrontée aux critères IUCN, son aire de distribution et la pression anthropique subie par les écosystèmes qui l'hébergent poussent les auteurs à la classer comme espèce vulnérable.

MOTS-CLEFS: écologie, phénologie, distribution phytogéographique, espèce endémique, strates microclimatiques, sols sableux, forêt ripicole, R.D. Congo.

1 INTRODUCTION

Les *Asparagaceae* Juss. (1789) forment actuellement une vaste famille botanique qui regroupe les espèces d'anciennes familles des : *Agavaceae* Dumort., *Aphyllanthaceae* Brunett, *Hesperocallidaceae* Traub, *Hyacinthaceae* Batsch ex Borkh., *Laxmanniaceae* Bubani, *Ruscaceae* M.Roem. et *Themidaceae* Salisb. [1], [2].

Cette grande famille compte 7 sous-familles à savoir *Agavoideae*, *Aphyllanthoideae*, *Asparagoideae*, *Brodiaeoideae*, *Lomandroideae*, *Nolinoideae* et *Scilloideae*, toutes, regroupant des genres dont certains se retrouvent dans le continent africain.

Cependant, en Afrique centrale, le genre le plus abondamment représenté est, sans conteste, le *Dracaena* Vand. ex L.[3], [4]. En outre, parmi les espèces récoltées pour ce genre, une semble présenter certaines particularités botaniques et écologiques: il s'agit de *Dracaena acutissima* Hua.

Cette espèce est peu connue des spécialistes de la flore tropicale d'Afrique centrale. Nombre de botanistes africains et européens que nous avons contactés pour sa détermination n'y sont jamais arrivés. Pourtant, il ne s'agit pas d'une nouvelle espèce mais plutôt d'une espèce très peu commune d'Afrique centrale dont les caractéristiques écologiques furent longtemps inconnues. Certains s'étonnent même de ses caractéristiques biomorphologiques: type morphologique, type de fruit, etc.

1.1 RÉCOLTE DE *DRACAENA ACUTISSIMA* EN AFRIQUE CENTRALE

Cette espèce fut récoltée pour la première fois par François-Romain Thollon en mars 1888 dans un sous-bois, sur sol sableux, près de la rivière Alima au Congo français (République du Congo). L'herbier fut déposé au Muséum National d'Histoire Naturelle à Paris sous les références: F.R.Thollon n° 913, P00442404. Et le double fut envoyé au Pays-Bas (F.R.Thollon n° 913, WAG0132047). Le premier servira de matériel-type pour la description de l'espèce *Dracaena acutissima* par Henri Hua dans le Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Autun en 1897 alors que le second fut désigné comme isotype [5], [6], [7].

D'autres récoltes, au nombre de neuf, concernant cette espèce furent réalisées en République Démocratique du Congo et les matériels furent conservés à Bruxelles (BR) pour quatre d'entre elles et à Kinshasa (IUK) pour les cinq autres. Parmi les récolteurs, on retrouve Emile et Marcel Laurent dans leur collection du 7 novembre 1903 en provenance de la localité de Kutu dans l'actuelle province de Mai-Ndombe où l'espèce fut désignée sous le nom de *Dracaena laurentii* De Wild. De même, dans la collection Germain R.G.A n° 2251, bien que ne signalant pas la localité de provenance, René Germain mentionne cette espèce sous, toutefois, la dénomination infraspécifique de *Dracaena laurentii* De Wild. var. *linearifolia* De Wild. en référence à la linéarité des feuilles. Ensuite, le Sergent de la Force Publique Ferruccio-David-Ugo Bavicchi reprît l'espèce sous le nom de *Dracaena laurentii* var. *linearifolia* dans sa collection n° 421 du 15 septembre 1913 provenant d'une localité de Kinshasa, certainement Ndolo, mais que l'intéressé note Dolo (S 04°19' E 15°19'). Il reprend également le nom indigène de « Quiqui » qui pourrait plutôt signifier en Kikongo « N'ki ki? » ou « I n'ki? » traduction de « c'est quoi ça? ». D'autres récolteurs ayant signalé cette espèce à Kinshasa sous *Dracaena laurentii* De Wild. sont: Herman Breyné 675 (provenant de Bangumbamu à Maluku), Carlier 7 (récolté au Campus universitaire de Kinshasa à Lemba), C. Evrard 6675 (provenant de Kimuenza à Mont Ngafula), C. Evrard 6783 (récolté à Kinkole à Nsele) et Luc Pauwels 4917 (récolté à Pic Mense, actuellement Mangengenge à Nsele). Enfin, Anthony Kikufi dans sa récolte du 10 juin 2013 portant référence Kikufi n° 545 provenant d'un relevé phytosociologique dans la localité de Kimbuba (S 05°43'16" E15°50'46" Alt. 798m) reprend l'espèce : *Dracaena acutissima* Hua sous le nom vernaculaire de Kidiadi en langue kikongo.

Au Gabon, tous les échantillons de l'espèce proviennent du Haut-Ogooué (D.Nguema n° 776 du 8 septembre 2006, Gretchen Walkers, M. Nkabi & Yimba n°1955 du 26 septembre 2007, Gretchen Walkers n° 1710 du 12 août 2008) : ils sont conservés au Missouri Botanical Garden (MO).

En observant la plupart de ces échantillons, l'on se rend compte que certains manquent souvent soit les fleurs, soit les fruits, soit encore les deux. Ce qui explique le peu de détails sur les fiches de récoltes de bon nombre des collections précédemment citées. Par ailleurs, l'habitus de cette espèce et le manque de données sur son écologie ont longuement contribué à son indétermination.

C'est pour apporter une contribution à la connaissance de cette espèce que nous avons entrepris la présente recherche.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MILIEU D'ETUDE

La présente étude s'est déroulée en RD.Congo entre mai 2013 et juillet 2015 respectivement dans les deux localités du territoire de Kimvula (Kimvula et Kimvula chef lieu) dans la province du Kongo central et à Kimpoko dans la partie Nord-Est de la ville de Kinshasa (Fig. 1). Les localités prospectées appartiennent au climat de type Aw de Köppen, avec une saison sèche s'étalant sur 4 mois, entre mi-mai et mi-septembre. La température moyenne se situe autour de 25°C, alors que la pluviosité moyenne varie entre 1400 à 1500 mm par an.



Fig. 1. Carte des sites prospectés au Kongo central et Kinshasa

2.2 MATERIEL

Le matériel utilisé est constitué de *Dracaena acutissima* Hua.

2.3 METHODES

La descente dans le territoire de Kimvula et à Kimpoko a permis de photographier l'espèce, de la décrire, d'aborder sa phénologie, ses usages et de déterminer les caractéristiques du milieu sur lequel elle se développe (écosystèmes, sols, strates microclimatiques...)

La description botanique fournie s'inspire de la pratique taxonomique de De Vogel [8]. Nos échantillons ont été comparés à ceux conservés aux herbaria suivants: BR, P, WAG, MO et IUK [6] [7] [9].

Les usages fournis découlent de l'enquête auprès de la population de Kimvula et de Kimpoko. Une comparaison a été faite avec les travaux réalisés chez les Batéké du village Ekouyi au Gabon.

3 RESULTATS

3.1 DESCRIPTION DE L'ESPÈCE

Dracaena acutissima De Wild. est une plante herbacée vivace à tige circulaire subligneuse, à port sarmenteux parfois lianescent. Feuilles subcharnues linéaires d'environ 1cm x 40cm à face inférieure présentant de nombreuses nervures parallèles, base engainante, sommet aigu, bord entier. Inflorescences en grappe de glomérule. Fleurs tubulées pourpres. Les fruits sont des capsules tricarpiques à sommet se terminant en pointe. Ils deviennent jaunes à maturité et portent 3 graines (Fig.2).



3.2 ÉCOLOGIE

3.2.1 CARACTÉRISTIQUES DES ÉCOSYSTÈMES

Les résultats de l'inventaire basé sur la présence ou l'absence de *D. acutissima* sont repris au tableau 1. Par ailleurs, les caractéristiques pédologiques des écosystèmes abritant cette espèce sont fournies par le tableau 2.

Tableau 1: Présence de *D. acutissima* dans les écosystèmes prospectés

ECOSYSTEMES	TERRITOIRE DE KIMVULA		KINSHASA	Sous-Total
	KIMBUBA	KIMVULA CHEF LIEU	KIMPOKO	
Forêt ripicole	18	3	9	30
Forêt dense humide	5	0	0	5
Forêt de pente ou de plateau	20	11	0	31
Clairières	2	0	0	2
Jachères	0	0	0	0
Savanes	0	0	0	0
Total	45	14	9	68

Légende: 0: espèce absente et/ou écosystème inexistant dans la zone.

Les résultats du tableau 1 montrent que l'espèce étudiée a été signalée en forêt ripicole (30 individus) et en forêt de pente ou de plateau (31 individus). Elle s'observe rarement en forêt dense humide (5 individus) et dans les clairières (2 individus). Elle est inexistante dans les jachères et en savanes.

Tableau 2: Caractéristiques des sols des écosystèmes abritant *D. acutissima*.

ECOSYSTEMES	SOLS		
	KIMBUBA	KIMVULA CHEF LIEU	KIMPOKO
Forêt ripicole	Sableux type Kalahari	Sableux type Kalahari	Sableux type Kalahari
Forêt dense humide	Sols sableux		
Forêt de pente ou de plateau	Sableux type Kalahari	Sableux type Kalahari	-
Clairières	Sableux type Kalahari	-	-
Jachères	-	-	-
Savanes	-	-	-

Les résultats du tableau 2 renseignent que *D. acutissima* croît sur un sol sableux de type Kalahari. Ce type est d'origine éolienne et est constitué d'une série des grès polymorphes tendres blancs.

3.2.2 STRATES MICROCLIMATIQUES DES ÉCOSYSTÈMES

Le tableau 3 présente les strates microclimatiques dans lesquelles *D. acutissima* a été signalée.

Tableau 3: Strates microclimatiques où est présente *D. acutissima*.

ECOSYSTEMES	Strates microclimatiques		
	KIMBUBA	KIMVULA CHEF LIEU	KIMPOKO
Forêt ripicole	Sous-bois	Sous-bois	Sous-bois
Forêt dense humide	Sous-bois	-	0
Forêt de pente ou de plateau	Sous-bois	Sous-bois	-
Clairières	Sous-bois	-	-
Jachères	-	-	-
Savanes	-	-	-

Il ressort de l'observation de ce tableau que *D. acutissima* se rencontre dans le sous-bois forestier des écosystèmes étudiés. Du fait que ces forêts n'ont pas de canopée totalement fermée, cette espèce bénéficie d'une partie des rayons solaires. Ce qui suggère qu'il s'agit d'une espèce forestière semi-héliophile.

3.3 PHÉNOLOGIE

Les résultats des observations phénologiques sont repris au tableau 4.

Tableau 4: Phénologie des individus de *D. acutissima*.

ECOSYSTEMES	Stades phénologiques		
	KIMBUBA	KIMVULA CHEF LIEU	KIMPOKO
Forêt ripicole	Floraison-Fructification	Végétatif	Végétatif
Forêt dense humide	Végétatif	-	0
Forêt de pente ou de plateau	Végétatif	Végétatif	-
Clairières	Végétatif	-	-
Jachères	-	-	-
Savanes	-	-	-

Légende - : individus absents 0 : écosystème inexistant dans la localité.

Les résultats du tableau 4 indiquent que dans les zones prospectées, cette espèce n'a été vue en fleurs ou en fruit que dans la forêt de Kimbuba (S05°43'29" E 15°50'3544 Alt.793m) en début de la saison sèche (mai-juin). Ses fleurs sont butinées par divers insectes et la pollinisation entomophile qui s'ensuit conduit à la formation des fruits capsulaires tricarpiques d'abord verts puis virant au jaune à maturité.

3.4 UTILISATIONS

Les usages associés à *D. acutissima* par les populations locales sont repris au tableau 5.

Tableau 5: Utilisations de *D. acutissima*.

Usages de <i>D. acutissima</i> (Kidiadi)			
KIMBUBA	KIMVULA CHEF LIEU	KIMPOKO	GABON[6]
Contre l'otite infantile	Contre l'otite infantile	-	Insecticide
Alimentation animale (phacochères)	Alimentation animale (phacochères)	-	-
Pièges pour oiseaux et petits mammifères	Pièges pour oiseaux et petits mammifères	-	-

L'examen du tableau 5 révèle que dans les deux localités du territoire de Kimvula, les tiges du Kidiadi (nom Kikongo du *D. acutissima*) sont utilisées pour la confection des pièges pour les oiseaux et les petits mammifères; les jeunes feuilles servent à soigner l'otite chez les enfants. Elles sont légèrement chauffées puis pressées sur le conduit auditif en vue d'exprimer un liquide réputé efficace contre l'otite. Les fruits seraient consommés par certains mammifères tels que les phacochères.

Au Gabon, Gretchen Walters, M. Nkabi & Yimba [6] rapportent que chez les Batéké du village Ekouyi les branches du « bongo », nom local du *D. acutissima*, sont utilisées à l'intérieur des maisons comme insecticide.

3.5 DISTRIBUTION PHYTOGÉOGRAPHIQUE

Les données des récoltes réalisées en Afrique sur cette espèce sont illustrées par la figure 3.

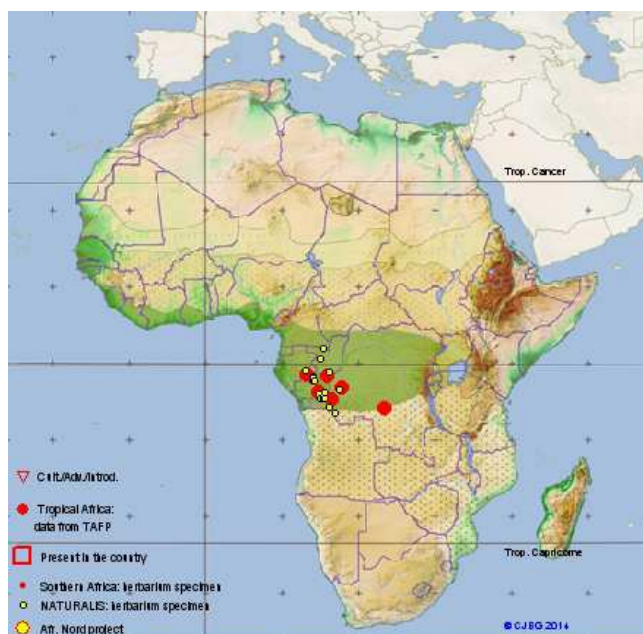


Figure 3 : Distribution géographique de *D. acutissima*. (10)

L'interprétation de cette carte montre que l'aire de distribution géographique de *Dracaena acutissima* s'étend du Gabon jusqu'au sud-ouest de la RD.Congo. Il s'agit d'une espèce endémique d'Afrique centrale à distribution bas-guinéo-congolaise [10].

3.6 STATUTS DE CONSERVATION IUCN

Jusqu'à présent cette espèce n'a jamais été évaluée suivant les critères de l'IUCN [11]. Mais du fait des données écologiques sur son habitat qui inclut le sous-bois forestier, on pourrait la classer parmi les espèces vulnérables. En effet, étant une espèce semi-héliophile, *D. acutissima* ne supporte pas la disparition totale des strates supérieures qui jouent le rôle de filtre de la lumière destinée à la strate inférieure. Dans la zone prospectée, cette espèce est quasi absente en milieux

ouverts notamment en savane mais aussi dans les jachères. Or, la forêt qui l'abrite est établie sur un sol pauvre, ce qui, *a priori*, fait craindre qu'une fois dégradée le processus de retour naturel vers la forêt ne devienne hypothétique! D'ailleurs, à Kinshasa, du fait de la pression anthropique sur les écosystèmes naturels, tous les sites de récolte énumérés par les herbiers Bavicchi n° 421, Breyne n°675, Carlier n°7, Evrard n°6675, Evrard n°6783 et Pauwels n°4917 ne contiennent plus cette espèce!

4 CONCLUSION

L'étude préliminaire réalisée sur l'écologie de *D.acutissima* a montré que cette *Asparagaceae* n'a été signalée jusqu'ici qu'en Afrique centrale. Il s'agit d'une espèce semi-héliophile à distribution bas guinéo-congolaise dont les récoltes proviennent des pays suivants: Gabon, Congo Brazzaville et RD.Congo. Elle croît sur sol sableux de type Kalahari en forêt ripicole ou de pente voire de plateau. Sa phénologie a révélé qu'elle est en fleurs et en fruits durant la saison sèche.

L'enquête ethnobotanique a signalé que *D. acutissima* (Kidiadi en Kikongo) est utilisée dans le territoire de Kimvula respectivement contre l'otite infantile, pour la confection des pièges pour oiseaux et petits mammifères et ses fruits seraient comestibles pour les phacochères. Tandis qu'au Gabon, les tiges du bongo (nom local du *D. acutissima*) sont utilisées comme insecticide.

L'espèce n'ayant jamais été confrontée aux critères de l'IUCN, les résultats de la présente étude la classe comme espèce vulnérable du fait de la pression anthropique sur les écosystèmes naturels qui l'hébergent.

REFERENCES

- [1] APGIII. An update of the Angiosperm Phylogeny Group. Classification for the orders and families of flowering plants. Botanical Journal of Linnean Society, vol.161, pp. 105-121, 2009.
- [2] KIKUFI, B.A. La classification phylogénétique aujourd'hui. Ed. Herbarium, Kinshasa 33p. 2012
- [3] BOS, J.J. Dracaena in West Africa. Agricultural Uni. Wageningen Paper 84-1. The Netherlands. 1984
- [4] MWACHALA, G. Systematics and Ecology of Dracaena L. (Ruscaceae) in Central, East and Southern Africa. Thesis of doctor degree. University of Koblenz-Landau 122p.+ 13p. appendix 1984
- [5] BAKER, J.G. Dracaena in Oliver, D. Flora of Tropical Africa, Vol 7, pp : 436-439, 1898
- [6] TROPICOS <http://www.tropicos.org/Name/100182900?tab=specimens> (2 juillet 2015)
- [7] JSTOR <http://plants.jstor.org/search?qtype=all&query=Dracaena+acutissima> (2 juillet 2015)
- [8] DE VOGEL, E.F. Manual of herbarium taxonomy: theory and practice. UNESCO. Jakarta, 164p, 1987.
- [9] MNHN. <http://dsipphoto.mnhn.fr/sonnerat/apiJOIN/IE/IE20050613/P00442404.jpg> (14 juin 2015).
- [10] CJB. Base de données des plantes d'Afrique (version 3.4.0). Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève and South African National Biodiversity Institute, Pretoria, <<http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/details.php?langue=fr&id=14261>> (01 juillet 2015)
- [11] IUCN. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.2. <www.iucnredlist.org>. (24 juillet 2015).

THE IMPACT OF THE BAN OF CORPORAL PUNISHMENT ON STUDENTS' DISCIPLINE IN SECONDARY SCHOOLS: A CASE STUDY OF BAHATI DIVISION OF NAKURU DISTRICT

Salome W. Maina and Aggrey M. Sindabi

Department Of Psychology, Counselling and Educational Foundations, Faculty of Education, Egerton University, Kenya

Copyright © 2016 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: Kenya is a signatory to International and Regional Conventions and Declarations which protect the child from brutality, cruelty and inhuman treatments. To institutionalize child rights, Kenya enacted legislation and a Legal Notice, which banned the use of corporal punishment in all learning institutions. Upon its implementation there was observed increase in students' unrest in public secondary schools. This became a concern to Ministry of Education, school managers, teachers, students and other key stakeholders, prompting the need to investigate the impact of its ban on students' discipline. The author presents findings of a study that adopted an *ex-post* research design. The target population was 1486 form four students, head teachers, deputy head teachers and teacher counsellors from 18 secondary schools in Bahati Division of Nakuru District. A sample of 120 students, head teachers, deputy head teachers and teacher counsellors was systematically sampled from the 12 schools. The study established that schools in Kenya experience student unrests before and after the ban of corporal punishment. After the ban schools witnessed increased indiscipline, challenges in classroom management, poor academic performance and relationship between teachers and students. Alternative disciplinary measures are not very effective in dealing with indiscipline problems. Corporal punishment contributes to disruptive and violent behaviours. Teachers have a negative attitude towards the ban unlike students who portrayed a positive perception. Guidance and counselling is critical in addressing problems experienced at adolescence stage. Sustained policy focus and institutionalization of guidance and counselling is crucial in dealing with issues that affect students in schools.

KEYWORDS: Impact, Ban, Corporal punishment, Discipline and Secondary School.

1 INTRODUCTION

Corporal punishment is one of the oldest methods used to instil discipline across the world. Its proponents have religiously embraced the biblical adage, "spare the rod and spoil the child". In Kenya, corporal punishment dates back to the pre-colonial era and is culturally acceptable among various communities (Human Rights Watch, 1999). During the colonial era, this method was used to ensure natives offered labour to Europeans in the White Highlands (Thiongo, 1981). Upon attainment of independence, use of corporal punishment continued to be applied in education and correctional institutions as a standard instrument for instilling discipline. The Education Act of 1972, legalized its usage for certain behaviours upon a full enquiry and in the presences of a witness (Republic of Kenya, 1980). Since it was widely accepted among Kenyan communities, they became aloof of its negative effects on the victims. Most communities approved its usage as they regarded it as educative and instructive without which a child could not learn.

In recent years, welfare and rights of the child have become a global issue. Several International and Regional Conventions and Declarations have been issued to protect the child from brutality, cruelty, inhuman and degrading treatments (Legal Resources Foundation 2004 page, 15). The United Nations Convention on the Rights of the child of 1989 and The African Charter on the Rights and Welfare of the child of 1990 are key in addressing the welfare of the child. The Convention on the Rights of the Child (CRC) asserts that "a child has a right against all forms of discrimination or punishment and further that in all actions concerning children; the best interests of the child shall be a primary consideration (Republic of

Kenya, 2002). Further, it emphasizes on the child's right to physical integrity and proposed revision of existing legislation and development of awareness and education campaigns" (Symonides & Vladmir, 2001).

Due to challenges in implementation of CRC framework, African states developed the African Charter on the Rights and Welfare of the Child (ACRWC) in 1990 (African Union, 1990). The ACRWC unlike CRC approaches child's rights from an African perspective and the peculiar position of the African child. This Charter gives children rights and obligations, as it outlaws traditional and customary practices that violate their rights. As a result, African countries are expected to enhance protection of child's rights. Kenya ratified this Charter in July 1990 and made provisions for the protection of the child through an Act of Parliament, The Children's Act of 2001 (Republic of Kenya, 2002). This legislation made key provisions to the management of primary education as Section 13 (1) asserts that a child is entitled to protection from physical and psychological abuse and Section 127 (2) a child shall not be subjected to torture, cruel treatment or punishment. Consequently, the government declared ban of corporal punishment as a method of disciplining learners, through Legal Notice No. 56/2001 thus nullifying the earlier Legal Notice No. 40 of 1972 contained in the Education Act 211.

After the declaration of the ban, Kenya is witnessed rampant increase of indiscipline cases and unrrests in both primary and secondary schools. These became a matter of concern to educationists and parents. Indeed, the net effect of students' indiscipline has been destruction of property and even death of students. However, the secondary schools head teachers during their annual general conference agonized over the trend of indiscipline in schools and blamed the Ministry of Education (MOE) for taking away the cane without through deliberations with the stakeholders (Daily Nation, July 16th 2001).

2 LITERATURE

2.1 CONCEPT OF DISCIPLINE IN SCHOOLS

In every school, students are expected to adhere to certain patterns of behaviour. School rules and regulations are designed to create order and favourable environment for teaching and learning. Conformity to rules and regulations is mandatory for all students. According to the Ministry of Education Science and Technology (2001) the purpose of discipline in school is to create and maintain conditions favourable for teaching, learning and inculcating appropriate values, attitudes and skills. Therefore, breaking some of school rules, infringement upon the good will of members of the school, acts of mischief, and other forms of behaviour are undesirable and punishable.

2.1.1 CONCEPT OF CORPORAL PUNISHMENT IN SCHOOLS

According to Cangelosi (1988) corporal punishment is infliction of pain by a teacher or educational official on a learner for purpose of making him/her sorry for doing something which is not in tandem with school rules and regulations. This definition emphasizes on pain as a prerogative to learning. However, Sanderson (1996) revealed that affection between the punishing agent and child punished influence the effect of controlling behaviour.

2.1.2 WORLDVIEW ON CORPORAL PUNISHMENT IN SCHOOLS

All over the world corporal punishment has been used in learning institution. In Britain, corporal punishment was used in learning institutions until its ban in 1986 (British Broadcasting Corporation, 2002). In the United States of America, 23 states allowed the use of corporal punishment until 1977 (Washington Post, 14th September, 1999). In Singapore, four out of five teachers from primary and secondary schools approved the use of the cane as a disciplinary measure (Strait Times, 1997). Newel (1989) and Jenkins (1999) explained that a number of lessons were learnt as a result of abolishment of corporal punishment, not only in Britain but also even in other European countries such as Switzerland, Demark and Sweden.

2.1.3 BAN OF CORPORAL PUNISHMENT IN KENYA

Although for many years, the rod has been an emblem of the teacher its use has become controversial in recent years because some of them violated standards and regulations on its administration. As a result, corporal punishment became routine, arbitrary and often brutal. In extreme cases, teachers physically abused learners resulting in permanent injuries, disability and even death (Human Rights Watch, 2000). At times, corporal punishment is inflicted on students for petty offences such as reporting late, wearing torn or dirty school uniform, poor academic performance, absenteeism, not paying fees on time or homework among others. Unfortunately, this is done without the teacher making any effort to inquire the causes of the offences. As a result, this adversely affects a student's self-image and school achievement besides contributes significantly to disruptive and violent behaviour (Baler, 1988).

Corporal punishment is physically harmful to the child. Sanderson (1996), established that when learners perceive they are likely to be punished, this interferes with their attentiveness and perception. Therefore, he cautioned that corporal punishment adversely interferes with cognitive development, erodes trust, stimulates mistrust, anger and resentment. Erickson (1950) attributed severe corporal punishment in early childhood to delinquency in adulthood. In Kenya, despite clear guidelines on its administration students' sustained serious injuries. A case in point was a 13 years old boy who sustained fracture on three of his fingers after he was allegedly beaten a teacher for arriving late in school (Daily Nation, 19th November, 2003). This is in agreement with Jambor (2001) who stated that there are a number of recorded incidents of severe tissue damage, lower spine injuries and even sciatic nerve damage as a result of corporal punishment.

Besides, the Catholic Church in Kenya, argued that corporal punishment like capital punishment failed to deter indiscipline instead it instils fear which is not good for learning. The African Network for Prevention and Protection against Child Abuse and Neglect (ANPPCAN) advocated for alternative progressive discipline methods, since hitting is dangerous as is physically and psychologically harmful to child's development. A survey carried out by ANPPCAN in Nairobi found out that, despite the ban, corporal punishment was still meted on children (Daily Nation, April 6th, 2004). During Dakar Forum on Education for All (EFA), Kenya was identified among the countries that maintained corporal punishment in the statutes. As a result, the government repealed the Legal Notice 40/1972 to be in tandem with Article 19 of CRC which calls for protection of the child from "all forms of physical or mental violence, injury or abuse, neglect or negligent treatment, maltreatment or exploitation" (Republic of Kenya, 2002). In addition, to operationalize provisions of CRC and ACRWC, the government enacted, The Children's Act of 2001 (Republic of Kenya, 2002). However, due to incessant abuse of corporal punishment, internal and external pressure forced the Kenyan government to declare the ban of corporal punishment in learning Institutions, through Legal Notice No. 56/2001 (Republic of Kenya, 2001).

2.1.4 STUDENTS UNRESTS PRIOR TO THE BAN OF CORPORAL PUNISHMENT

The first case of student unrests was reported in Maseno School in 1908 (Republic of Kenya, 2001). Since then, numerous unrests or strikes have been reported in educational institutions attributed to various reasons. High-handedness of the administration, lack of dialogue, rigid rules, drugs and substance abuse and general social disorder are blamed for the increased cases of students' unrest (Daily Nation, August, 7, 2000). Besides, political interference and patronage, as politicians agitate for removal of competent head teachers and replaced them with their sycophant (The Standard, September 18, 1998).

Some head teachers are blamed for running the schools in a draconian manner. This aggravates the situation because they do not operate an open communication policy (Daily Nation, August, 7th, 2000). Parents too are blamed for abdicating their responsibility of disciplining their children from an early age. The situation is compounded by formal employment particularly, of mothers who are forced to leave their children at a tender age under the care of house-helpers, who often are ill-equipped with childcare skills. Besides, house-helpers busy schedules leave them with no time to provide quality child-care (Ndegwa, 1987). As a result, most youths are growing up with little or no emotional guidance and security from their parents. Drugs and substance abuse is blamed for catalysing students' indiscipline from simple protests to massive destruction of property and death in some schools (Republic of Kenya, 1999).

2.1.5 RELIGIOUS TEACHINGS ON CORPORAL PUNISHMENT

The religious books such as the Holy bible in the book of Proverbs 23:13-14, portrays corporal punishment as a method of instilling corrective behaviour to wrong doers. "Do not withhold discipline from your child, if you punish him with the rod he will not die. Punish him with the rod, and save his soul from death" (The Holy Bible; 1984:490). According to the tradition of Prophet Muhammad (peace be upon him) he said "Ask children to pray at the age of seven, and discipline them at the age of ten..." (Riyadh, 2000). The religious teachings emphasized on the discipline of children to put them right with both religious and traditional expectations.

2.1.6 APPLICATION OF CORPORAL PUNISHMENT

Every African community had rules and regulations that governed its people. Corporal punishment, execution and fines were some of the measures taken on those who violated the set standards (Thiongo, 1981). The unpleasant experience of punishment prevented recurrence of undesirable behaviour. Consequently, children perceived punishment as justification for violation of the moral code of behaviour such as dishonesty, damage of property or inflicting injuries to persons or animals

among others (Durojaiye, 1976). However, among the African communities there was strict adherence to the administration guidelines since they were regulated by the council of elders.

During the colonial period, corporal punishment was administered as a sign of supremacy and authority. British colonialists administered corporal punishment to adult Africans for disobeying rules or failure to pay taxes. This was done in public as a deterrent measure. Subsequently, most countries in Africa entrenched it in their legal and education system (Human Rights Watch, 1999).

At independence in 1963, the Education Ordinance was handed over to the Kenyan government, legalized its use in learning institutions (Republic of Kenya, 1980). Despite existence of stipulated guidelines on corporal punishment administration, teachers made it routine, arbitrary and often brutal. These resulted in public outcry. However, with the ban, indiscipline cases increased in learning institutions. This necessitated the need for the study to investigate its impact on student discipline.

2.1.7 PREVIOUS STUDIES CARRIED OUT IN THE AREA

This section gives an overview of studies undertaken on corporal punishment. Studies conducted globally by Human Rights Watch, established that corporal punishment is a violation of child's rights. The findings enable several countries to realise that corporal punishment as cruel, inhuman or degrading practices. The study recommended that corporal punishment should be banned and teachers be trained on alternative methods of maintaining discipline in schools (Human Rights Watch, 1999).

A study conducted by UNESCO Courier journalist on "spare the rod, save the child", established that proponents of corporal punishment asserted that it is the only disciplinary tool that works. In Kenya, school administrators and teachers stated that for them to manage large classes of 50-60 learners, it is the only appropriate and effective method. They argued that without corporal punishment schools would become chaotic as students would become unruly. In this regard, corporal punishment is viewed as a cheap and easy means of maintaining student's discipline. Besides, most parents insisted that corporal punishment was good and necessary to enable schools maintain "proper discipline" while others quoted biblical verse on, "spare the rod and spoil the child". They claimed that the biblical verse justified the use of the cane and gave teachers authority disciplining the learners.

2.2 ROLE OF GUIDANCE AND COUNSELLING SERVICES AND PROGRAMMES

The objective of guidance and counselling programmes and services in schools, is to equip learners with skills that enables them meet growth and development needs for enhanced physical and psychological health. In Kenya, the MOE identified guidance and counselling programmes and services as a comprehensive alternative disciplinary mechanism for schools. This is because guidance and counselling adequately addresses learner's psychological and developmental challenges. Therefore, guidance and counselling s learners attain the maximum development and self-realization for the benefit of individuals and society (Republic of Kenya, 1999).

In Kenya, majority of students enter secondary school level at adolescence stage. During this stage the learners physical and motor development are generally developed unlike social, emotional, mental and moral aspects (Republic of Kenya, 2001). Consequently, these changes leads to anxiety, emotional difficulties and maladjustment due to imbalances between the physiological and psychological development. For this reason, students' experience challenges which should be resolved with understanding, hence the need to institutionalize guidance and counselling departments in schools. Teacher counsellors are expected to identify and assist learners who manifest personality profiles such as unhappiness, anger, violence, carelessness, inability to meet personal needs, loneliness, anxiety neurosis, excessive frustration, ignorance, under-achievement and total failure among others (Republic of Kenya, 1991).

Unlike counselling, guidance services are a life long process that involves assisting individually or as a group to understand who they are and their world. Students transmit from primary to secondary schools level with high hopes of success but majority leave with shattered dreams. In this regard, guidance is critical in assisting students adjust to the new environment away from their family. Guidance services are provided to assist students fulfil their potential, negotiate developmental facts and solve their problems. Therefore, schools are expected to offer developmental, academic and vocational guidance besides placement services. This is in agreement with Miller (1968) assertion that guidance is a process of helping individuals achieve self-understanding and self-direction necessary for maximum adjustment to school, home and community. Teacher Counsellors should deal with challenges such as poor or ineffective methods of studying, poor reading techniques, adolescent

growth and development which cause many students to under-achieve academically. Poor academic achievement leads to frustrations and maladaptive behaviours among students.

On the other hand, counselling basically helps students to overcome, cope, adjust or deal with life obstacles. It offers students opportunity of speaking of what is bothering or hindering their academic progress, growth and development. Through counselling, teacher seeks to understand students feelings, ideas, intentions and moods as expressed either verbally and non-verbally (Kadzin, 1995). To succeed, teacher counsellors must display warmth, understanding and friendliness to enable students trust and have confidence in them. This enable them inculcate in students desirable attitudes, interests and goals (Republic of Kenya, 2001). For this reason, guidance and counselling services are critical in mitigating against the changing trends such as socio-cultural issues, drug and substance abuse, divorce and single parenthood, HIV and AIDs among others. Consequently, teacher counsellors should aim at minimizing incidences of student indiscipline attributed to lack of sense of direction, purpose and fulfilment. For this reason, guidance and counselling services play a critical role in mitigating against student unrests.

2.3 THEORETICAL FRAMEWORK

The study was guided by classical and operant conditioning behaviourist theories and social learning theory. These theories emphasizes that behaviour results from learning hence modification of behaviour can be attained through the same basic conditioning principles.

2.3.1 OPERANT CONDITIONING

This theory was advanced by Skinner in 1971. Skinner consistently condemned the use of punishment as a means of controlling behaviour. In this theory, two basic reinforcement strategies for increasing frequency of behaviour are outlined. The most efficient method is to cease reinforcement thereby allowing the behaviour to extinguish while punishment is used to eliminate behaviour. In this theory, the frequency of the behaviour is reduced when it is followed by presentation of an aversive stimulus. This theory is appropriate for the study as research has shown that corporal punishment does not teach errant students appropriate behaviours but only decreases the frequency of occurrence of undesired behaviours. In this regard, teachers should strive to teach students to obey rules and regulations instead of punishing them to mitigate against student unrest. Besides, the theorist emphasized that to suppress the undesirable behaviour, punishment should be administered fairly and promptly. This implies that teachers should adhere to its implementation guidelines not should go overboard as has been the case.

2.3.2 CLASSICAL CONDITIONING

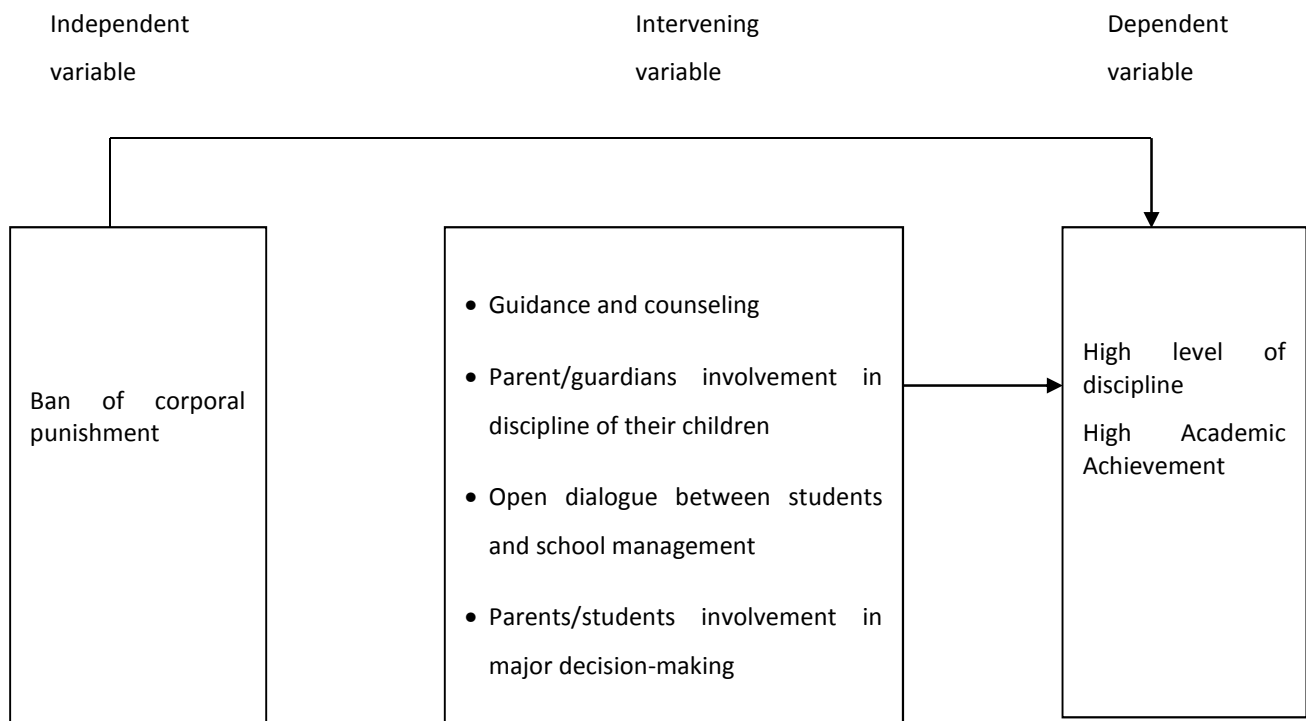
The study adopted classical conditioning theory advanced by Ivan Pavlov in 1904. Pavlov was opposed to use of punishment as a means of correcting behaviour because of the aversive feelings that are associated with the person administering it. As a result, students associate teachers who adapt corporal punishment with pain. Besides, other undesirable behaviours may be learned because children may learn that physical aggression is okay for those who are stronger and bigger. Finally, theorist asserted that corporal punishment interferes with learning of appropriate responses. This theory is applicable in the study because it portrays that corporal punishment impact negatively on teacher student relationship which is directly linked to student unrest. From the theory we also learn that students who are often punished may project their anger on other students.

Operant and classical conditioning aim at eliminating maladaptive behaviours. The behaviourist theorists advocates that learning of more effective behaviour patterns should be through focusing on factors that influences and solutions for problematic behaviour. Schools should address the root cause of maladaptive behaviour instead of forcefully punishing students for offences committed. Consequently, students should be guided by school rules and regulations to know how to behave in specific situations while guidance and counselling programmes should equip students with knowledge and skills in problem solving and self-regulation to enable them adjust to school and society at large.

2.3.3 SOCIAL LEARNING THEORY

The study adopted Bandura's (1980) Social Learning Theory which expanded on the basic behaviourist theory by suggesting that behaviour is determined by internal (cognitive) and external forces and can be learnt through observing other people's behaviour. He emphasized that behaviour is learnt in social institutions and environment can positively or negatively

The conceptual framework for the study is based on the concept that school discipline problems could be managed without corporal punishment. To mitigate against student unrest, head teacher must involve the management, deputy head teachers (discipline master), teacher counsellors, teachers and parents in resolving students issues in schools. Guidance and counselling programmes and services should assist students resolve challenges they experienced in schools. The framework in Figure 1 illustrates that effective disciplinary methods result in high level of discipline and academic achievement.



3 METHODS

The study adopted an *ex-post facto* design. According to Best (1999) this design involves studying events or situations long after they have occurred thus presenting no possibility of variables manipulation. This design is appropriate for the study as it involved investigation of the impact of ban of corporal punishment on students' discipline. Bahati Division was chosen because it has the highest student population derived from different socio-economic, ethnic and cultural backgrounds. It also has all the categories of public secondary schools.

3.2 POPULATION AND SAMPLE OF THE STUDY

According to Borg and Gall (1989), the target population is a real or hypothetical set of people, event or objects which an investigator wishes to generalize the results of research study. The target population was 1486 registered form four students, head teachers, Deputy head teachers and Teacher Counsellors from the 18 public secondary schools of Bahati Division of Nakuru District.

To obtain a representative sample of the population, stratified random sampling was used to select schools based on gender, day or boarding. Simple random sampling technique was then used to sample schools from each stratum. This ensured all schools in each category had an equal chance of being included in the sample. The sample constituted twelve out of the eighteen public schools. Form four students were purposively sampled. Simple random sampling was used to select 10 form four students from the 12 schools hence a total of 120 students. Purposive sampling was also used to sample head teachers, Deputy head teachers and teacher counsellors of the 12 schools.

Table 3.1: Sample Size

Category of Schools	Number of Schools in Each category	Number of Schools Sampled	Number of Sampled Form Four Students
Boys Boarding	1	1	10
Girls Boarding	2	2	20
Mixed Boarding	4	2	20
Mixed Day	10	6	60
Mixed Day & Boarding	1	1	10
Total	18	12	120

3.3 INSTRUMENTATION

To collect data, three different sets of questionnaires and an observation schedule were used. Student's questionnaire elicited data on age, sex, year of admission, choice of school, perception and attitude towards issues on discipline, corporal punishment, causes of student unrests, perception of the ban of corporal punishment and suggestions on how to maintain and improve discipline in schools.

Deputy head teacher and Teacher Counsellor shared same questionnaire which sought information on personal characteristics such as age, sex, professional status, teaching experience, period one had served in their respective capacity, training, appointment status, causes of unrest, their perception on student discipline, punishment, guidance and counselling, attitude towards the ban of corporal punishment and suggestions on how to enhance discipline in secondary schools.

The Head teachers questionnaire sought information on administrative issues such as year the school was established, school type, student population, class size, number of teachers and staffing levels, students admission procedures, BOG appointments and status, causes of unrest, attitude towards the ban of corporal punishment, measures school have put in place to maintain and enhance discipline and suggestions on how to maintain discipline in schools.

3.4 DATA ANALYSIS

Both quantitative and qualitative data was collected. However, the study elicited mainly quantitative which was analysed by use of statistical package for social sciences (SPSS) version 11.5 and presented in tables, frequencies and percentages. To analyse teacher's attitude and student's perception of the ban on corporal punishment frequencies and percentages were used. Analysis of qualitative data is an ongoing process as it goes hand in hand with data collection. Qualitative data was coded and relevant themes reported in narrative form.

4 RESULTS

A total of 120 students, 65 boys and 55 girls participated in the study. Eight male and 4 female head teachers, 10 male and 2 female deputy head teachers and 2 male and 10 female teacher counselors from the 12 public secondary schools of Bahati Division of Nakuru District participated in the study. The research findings are presented based on the six research questions.

4.1 EFFECTS OF THE BAN OF CORPORAL PUNISHMENT

The first research question sought to establish the effects of the ban of corporal punishment on student discipline in secondary schools in Bahati Division of Nakuru District. The study established that 50% of the sampled school experienced student unrests after its ban in 2003. Therefore, the ban of corporal punishment had not minimized incidences of student unrests in schools.

The study established that school administrators and teachers attributed increase in indiscipline cases to the ban of corporal punishment because students do not view the alternative disciplinary measures as severe forms of punishment. For this reason, students violated school rules and regulations with impunity. Teachers reported that they are experiencing challenges in managing and controlling large classes of 50-60 students. This implies that some teachers believe that their power and authority over the students can only be attained through the use of the cane. Poor academic performance was reported as another effect of the ban of corporal punishment. Teachers affirmed that the use of corporal punishment enhanced students' academic achievement because it was used to create conducive teaching and learning environment. Poor teacher student relationships was also cited as an effect of the ban of corporal punishment because students have become less respectful towards them.

However, in view of the behaviourist theories anchored in the study, schools should nurture and inculcate concept of self-discipline among students to make them intrinsically motivated to obey school rules and regulations. The social learning theory affirms that instead of corporal punishment, teachers should endeavour to provide appropriate environment for teaching, learning and enhancing positive behaviour.

4.2 DISCIPLINE PROBLEMS IN SECONDARY SCHOOLS

The second research question aimed at delineating discipline problems in the public secondary schools in Bahati Division of Nakuru District as depicted on Table 4.1

Table 4.1: Discipline Problems Experienced in Schools

Disciplinary problem	Head teachers N=12		Deputy teachers N=12		Teacher Counsellor N=12		Students N=120	
	Freq	Percent	Freq	Percent	Freq	Percent	Freq	Percent
Lateness	10	83.3	14	58.3	7	58.3	96	80.0
Noise making	10	83.3	11	91.6	10	83.3	95	79.2
Absenteeism	9	75.0	8	66.6	6	50	57	47.5
Boy/girl relationship	4	33.3	8	66.6	7	58.3	43	35.8
Laziness	4	33.3	5	41.6	5	41.6	53	44.2
Smoking	1	8.3	8	66.6	4	33.3	37	30.8
Stealing	1	8.3	4	33.3	1	8.3	44	36.7
N	12		12		12		120	

The respondents cited lateness, absenteeism, laziness and noise making as the most common disciplinary problems experienced in school unlike boy/girl relationships, smoking and stealing. It is important to note that offences students perceived as serious are unlikely to occur compared to those they regarded as less offensive such as lateness, noise making, laziness and absenteeism. Boy/girl relationships, smoking and stealing are perceived as very serious because one can be suspended or expelled while in extreme cases police are involved. These findings are in agreement with Ayieko (1988) who cited common discipline problems as truancy, theft, destruction of property, defiance to authority, late coming to school, fighting in school and smoking. The findings are also in line with Sagani Report (Republic of Kenya, 1991) which reported challenges in schools as lateness, chronic absenteeism, truancy, rudeness, insubordination, disrespect, dissatisfaction, abuses, non-compliance to rules and regulations, drug abuse, destruction of property, bullying, assault among others. In light of the Social Learning Theory schools should address the root cause of maladaptive behaviour to mitigate against indiscipline cases. To achieve these schools should strengthen guidance and counselling departments so that teacher counsellors can adequately provide services to students.

4.3 DISCIPLINARY MEASURES AFTER THE BAN OF CORPORAL PUNISHMENT

The third research question sought to investigate disciplinary measures in public schools after the ban of corporal punishment. Majority of head teachers (91.7%) embraced manual work for offences earlier punishable through the cane. However, they noted that unlike before these offences have become frequent as students do not perceive mopping or weeding as severe form of punishment. Other head teachers (66.7%) adopted suspension which was noted to be as is the most effective measure. They stated that students' fear suspension because they are forced to leave school for two weeks, upon which they are accompanied by their parents or guardians to appear before the BOG. The BOG deliberates and can recommend for further actions such as expulsion. Only 25% of the head teachers reported that they adopted expulsion as a disciplinary measure. The study established that head teachers avoided adopting expulsion as it involved a long and tedious process. Further, 25% of the head teachers reported that they sought police assistance for criminal acts such as wanton destruction of property, theft of individuals or school property, assault, drugs and substance abuse among others. Payment of fines involved repayment for the loss or damage of individual or school property was reported at only 16.7%.

On the level of effectiveness of disciplinary measures compared to corporal punishment, 58.3% reported them as effective, 25% stated moderate while 16.7% reported them as not effective. Blandford (1998) argued that it is the responsibility of head teachers to ensure they apply effective discipline measures for the good of everyone in the school community. With regard to awareness of the ban of corporal punishment in learning institutions, 92% and 84% of the teachers and students were aware while 8% and 16% teachers and students were unaware. Consequently, 35% of the students reported that corporal punishment was still applied in their schools. To improve discipline, the respondents reported that they had resulted to involving parents in resolving disciplinary issues while majority adopted guidance and counselling services. The use and preference of guidance and counselling concurs with the findings of Kilonzo (1986) who reported that counselling is the best method of dealing with indiscipline because it touches directly on the lives of students more than any other helping profession. These findings also corresponds with Wotuku (2000) who suggested that guidance and counselling services are essential in facilitating school administration to deal with problems of indiscipline in secondary schools

4.4 TEACHERS' ATTITUDE TOWARDS THE BAN OF CORPORAL PUNISHMENT

The fourth research question endeavoured to establish teachers' attitude towards the ban of corporal punishment. To determine the attitude of teachers a 5 point Likert scale (strongly agree -5, agree - 4, undecided - 3, disagree - 2 and strongly disagree - 1) was used. The sum of ten statements from all respondents was summed up. The score of 10 indicates the least overall negative level of attitude while 50 indicates the highest overall positive level of attitude. The overall score was coded into three ordinal categories to differentiate between the levels of attitude among the respondents. Table 4.2 depicts the level of attitude of the teachers towards the ban of corporal punishment.

Table 4.2: Teachers' Attitude of Towards Ban of Corporal Punishment

Level of attitude	Frequency	Percent
Negative	22	91.7
Neutral/average	1	4.2
Positive	1	4.2
Total	24	100

Majority of the teachers (91.7%) reported a negative level of attitude towards the ban of corporal punishment in schools. This suggests that most teachers are yet to embrace change in schools discipline management. Most of them believe that the ban of corporal punishment robbed them power and authority over the students. They emphasized that learning and discipline in large classes of 50-60 students can only be attained through corporal punishment. In this regard, they blamed the MOE for withdrawing the cane without adequate consultation with stakeholders, sentiments echoed by secondary schools head teachers during their annual general conference held in 2001 (Daily Nation, July 16th 2001). In view of this, teachers are of the opinion that the MOE should have consulted them to determine the effectiveness of the stipulated alternative disciplinary measures before the ban of corporal punishment. Classical conditioning theory anchored in this study, advanced against use of punishment as a means of correcting behaviours because it interferes with learning. Consequently, to manage large classes teachers should equip students with knowledge and skills in problem solving and self-regulation as advanced by the behaviourist theorists.

4.5 STUDENTS PERCEPTION ON THE BAN OF CORPORAL PUNISHMENT

The fifth research question aimed at establishing students' perception towards the ban of corporal punishment. To determine their perception a 5 point likert scale (strongly agree- 5, agree – 4, undecided – 3, disagree – 2 and strongly disagree – 1) was used. The sum of the ten statements from all respondents was summed up. The respondents overall score varied between 10, indicating the least overall negative level of perception and 50 indicating the highest overall positive level of perception. The overall score was later coded into three ordinal categories to differentiate between the levels of perception among the respondents as depicted in Table 4.3

Table 4.3: Level of Students Perception towards the Ban of Corporal Punishment

Level of Perception	Frequency	Percent
Negative	52	43.3
Neutral/average	6	5.0
Positive	62	51.7
Total	120	100.0

Majority of the students (51.7%) reported a positive level of perception towards the ban of corporal punishment. This implies that students are happy with the government's directive on the ban of corporal punishment in learning institutions. This is because corporal punishment inflicted on them by some teachers caused them physical and psychological harm. This is in agreement with Jambor (2003) assertion that there are recorded incidents of severe tissues damages, lower spine injuries and even sciatic nerve damage attributed to corporal punishment. In Kenya, corporal punishment had reached an alarming rate with many reported cases of teachers going overboard resulting in severe injuries and deaths. Consequently, human right advocates, religious organizations and other stakeholders petitioned the government to legislate on its ban in learning institutions. The findings also established that despite the majority reporting a positive perception 43.3% were of contrary opinion. This was attributed to socialization and religious teachings which made them perceive punishment as justification for violation of the moral code of behaviour.

4.6 GUIDANCE AND COUNSELLING PROGRAMMES AND SERVICES FOR STUDENTS IN SECONDARY SCHOOLS

The sixth research question sought to establish whether guidance and counseling programmes and services are adequately provided in secondary schools. Teacher counselors (75%) reported that guidance and counseling departments are operational in schools. Majority of students (60%) affirmed that they sought guidance and counselling services with regard to relationship problems among themselves, between them and their parent or boy and girl relationships among others. Teacher counsellors noted that relationship problems occurs as most students are unable to handle developmental changes during adolescence stage. This leads to conflict with their peers, parents and the authority. Besides, during adolescence stage boys and girls result in participating in forbidden acts such as cigarette smoking, alcohol consumption and drug taking. The study affirmed that there was prevalence of drugs and substance abuse among students in the schools. This finding is in agreement with Sindabi (1992) who cited drug abuse as a serious problem faced by youths because they are easily targeted by drug peddlers. With regard to sexuality and pregnancy issues, the study established that teacher counsellors assists students by empowering them with life skills and living values in line with societal values and moral expectations. All respondents acknowledged that guidance and counselling plays a critical role in resolving developmental and discipline problems in Schools. These findings are in agreement with the report on the Presidential Working Party on Education and Manpower Training for the Next Decade and Beyond or Kamunge Report of 1988, which observed that guidance and counselling of youth in secondary schools is essential in enhancing discipline (Republic of Kenya, 1988). Further, Totally Integrated Quality Education and Training or Koech report of 1999 emphasized on importance of guidance and counselling programmes and services in schools and colleges (Republic of Kenya, 1999).

5 CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

5.1 CONCLUSIONS

This research study was prompted by the rampant increase in students' unrest in public secondary schools after the ban of corporal punishment. To gather data three sets of questionnaires were developed and administrated to students, Head

teachers, Deputy head teachers and Teacher Counsellors in public secondary schools in Bahati Division of Nakuru District. The following are the major conclusions drawn from the study:

1. In Kenya, student unrests in schools were experienced before and after the ban of corporal punishment. The effects of the ban of corporal punishment are increase in indiscipline cases, challenges in management of large classes, poor academic performance and relationships between teachers and students.
2. Discipline problems cited in schools are lateness, absenteeism, noise-making, girl and boy relationships. To effectively resolve indiscipline problems in schools, head teachers must involve teachers, students and parents. School administrators should also intensify campaigns to mitigate against drugs and substance abuse while Provincial Administration and Police are involved in arresting the drug peddlers.
3. Majority of head teachers adopted manual work as an alternative measure of instilling discipline. Other disciplinary mechanisms adopted are suspension and expulsion as outlined in the Education Act. Police are also involved in case of massive destruction of property or bodily harm while fines are charged on destruction of property. However, expulsion was least adopted due to long and tedious processes involved. Further, majority of the head teachers were of the view that some of the disciplinary measures are effective.
4. Most teachers had a negative attitude towards the ban of corporal punishment in schools because they believed it was the only effective method of maintaining discipline. To change teachers' negative attitude MOE should sensitize them on alternative methods of instilling students discipline and also strengthen guidance and counselling departments.
5. Students reported a positive level of perception because they were happy with the ban of corporal punishment as it caused them physical and psychological harm. However, some of them reported a negative level of perception attributed to socialization process and religious teachings.
6. Guidance and counseling departments are operational in most schools and majority of students seek services on relationships, drug and substance abuse, study habits, career choices, sexuality and pregnancy among others. The respondents acknowledged the role guidance and counselling plays in resolving adolescence developmental issues between students and their parents and teachers and among themselves. Therefore, guidance and counselling department should be institutionalized in schools and colleges to mitigate against the many challenges faced by youths.

5.2 RECOMMENDATIONS

In the light of the findings and conclusions of the study, the following recommendations were drawn:

1. Education sector stakeholders should work together to address student unrests in schools while school management, teachers and parents should adopt open communication policy with students.
2. Teachers Service Commission and MOE should sensitize school management on effective leadership and encourage them to adopt dialogue to mitigate against student unrests.
3. School administrators in public secondary schools should enforce implementation of alternative disciplinary measures to make them effective in dealing with the common indiscipline problems. To ensure their effectiveness head teachers should periodically discuss discipline issues with staff, students and parents.
4. School administrators, parents, Provincial Administration and the Police should work together to curb drugs and substance abuse among students.
5. School administrators and parents or guardians should work together to address indiscipline problems among students in schools.
6. Ministry of Education should organize sensitization programmes for teachers to enable them understand the physical and psychological effects of corporal punishment.
7. Ministry of Education should undertake to sensitize teachers, students and the public on its circulars especially, the ban of corporal punishment in learning institutions.
8. Teachers Service Commission should streamline appointments and deployment of trained teacher counsellors in public schools. This is because guidance and counselling services are critical in addressing challenges faced by youth today due to disintegration of social support structures, peer pressure, drugs and substance abuse, HIV and AIDs, career choices and reproductive health among others.
9. Kenya Education Staff Institute (KESI), TSC and MOE should collaborate to train teacher counsellors by equipping them with necessary skills and competencies.

5.3 RECOMMENDATION FOR FURTHER STUDIES

This research is a case study of one Division of Nakuru District and is limited to public secondary schools. It is crucial to have a study that will establish the situation currently in public secondary schools in the devolved system of government or in primary and private schools.

REFERENCES

- [1] African Union. (1990). Organization of African Unity, African Charter on the Rights and Welfare of the Child. CAB/LEG/24.9/9/49 (1990). Retrieved from <http://www.unhcr.org/refworld/docid/3ae6638c18.html>.
- [2] Baler, L. (1988). *Who's in Control?* New York: Poseidon Press.
- [3] Blandford, S. (1998). *Management of Discipline in Schools*. London: Routledge.
- [4] Cangelosi, J. (1988). *Classroom Management strategies, gaining and maintaining students' cooperation*. New York: Longman Publishers.
- [5] Daily Nation (2001). "Chronology of protest and destruction in schools" Daily Nation. May 21 Nairobi. Daily Nation (2001).
- [6] Daily Nation (2000). "Rising Student Unrest Blamed on poor Managers" Daily Nation, August, Nairobi.
- [7] Docking, J. (1990). *Primary schools and Parents rights, responsibilities and relationships*. London: Hodder & Stoughton.
- [8] Durajaiye, M.O.A. (1976). *A New introduction to Education Psychology*. Nairobi: Evans Brothers Limited.
- [9] Engelkes, J. R. & Vandergoot, D. (1982). *Introduction to Counselling*, USA Houghton Muffin Co.
- [10] Erickson, E. (1950). *Childhood and Society*. New York W.W. Norton.
- [11] Farley, L. (1985) *In Authority System of the School and Students Unrest. A Theoretical Explanation*. Chicago: University of Chicago Press.
- [12] Gall, M. D. Borg, W. R. & Gall, J.P. (1960). *Educational Research: An Introduction*. New York: Longman Publishers.
- [13] Hoover, K. H & Hollingsworth, P. (1978). *A handbook for Elementary School teachers*. 2nd Ed., Boston Ally and Bacon Inc.
- [14] Human Rights Watch (1999). *Spare the child: corporal punishment in Kenyan schools*, <http://www.hrw.org/hrw.report/1999/kenya/>
- [15] Jambor, T. (2001). Classroom Management and Discipline alternatives to Corporal Punishment: The Norwegian Example. *Journal of Education*, 109, 220-224.
- [16] Kilonzo, G.K. (1986). *Guidance and Counselling in Kenya. A seminar paper Kenyatta Bureau of Educational Research*. Nairobi: Kenya.
- [17] Kathuri, M. J & Pals, D. A. (1993). *Introduction to Educational Research*. Njoro Education Media Center, Egerton University.
- [18] Kayongo-Male, D. & Onyango, P. (1984). *The Sociology of the African family*. London: Longman Publishers.
- [19] Kazdin, A. E. (1995). *Behaviour Modification in Applied settings*. Chicago: The Dorsey Press.
- [20] Kenya Times (2001). *Schools Unrests: Task Force Commences Probe*. Kenya Times. August 20 Nairobi; Kenya Times Limited.
- [21] Korir, R. R. (2003). Violence in Kenyan Secondary Schools: Insights into the Adolescent's Socio-emotional Development. *Egerton Journal Humanities, Social Sciences and education*. 2 (3), 53-68.
- [22] Maina, H.O. & Igweta, R. (2003). *Introducing Human Rights In Secondary School. A Teachers' Manual*. Nairobi: Legal Resource Foundation.
- [23] Makinde, I. O. (1984). *Fundamentals in Guidance and Counselling*. London: MacMillian Publishers.
- [24] Mbithi, D. (1974). *Foundations of school administration*. Nairobi: Oxford University Press.
- [25] Miller, F.W. (1968). *Guidance: Principles and Services*, 2nd Ed., Charles E. Merrill Books, Ohio.
- [26] Mugenda, O.M. & Mugenda, A. G. (1999). *Research Methods: Quantitative and Qualitative Approaches*. ACT Press, Nairobi.
- [27] Mulusa, T. (1990). *Evaluation Research for Beginners*. Bonn Stifling Publishers.
- [28] Mutie, E. K. & Ndambuki, P. (1999). *Guidance and Counselling for Schools and Colleges*. Nairobi: Oxford University Press.
- [29] Ndegwa, R. (1987). *Maids: Blessings or Blight*. Nairobi: Uzima Press.
- [30] Osofsky, J. D. (1995). "The Effects of Exposure to Violence on Young Children". *American Psychologist*, 50(9), 782-788.
- [31] Coalition International (2000). *Global progress towards ending all corporal punishment*. [http://Global/progress towards ending all corporal punishment.html](http://Global/progress%20towards%20ending%20all%20corporal%20punishment.html).
- [32] Republic of Kenya. (2002). *The Children's Act, 2001*. Nairobi: Government Printers.
- [34] Republic of Kenya. (2001). *EFA in Kenya: A national handbook on EFA 2000 and beyond meeting our collective commitments of Kenya*. Nairobi: Ministry of Education, Science and Technology.

- [35] Republic of Kenya, (2001b). *Report of the Task Force on Students Discipline and Unrest in Secondary Schools*. (The Wangai Report). Nairobi. Jomo Kenyatta Foundation.
- [36] Republic of Kenya, (1999). *Commission of Inquiry into the Education System. Totally Integrated Quality Education and Training*. (The Koech Report). Nairobi. Government Printers.
- [37] Republic of Kenya, (1998). *Master Plans on Education and Training 1997-2010*, Nairobi. Government Printers.
- [38] Republic of Kenya, (1991). *Presidential Committee on Students Unrest and Indiscipline in Kenya Secondary Schools*. (Sagini Report). Nairobi. Government Printers.
- [39] Republic of Kenya, (1988). *Presidential working party on Education and manpower training for the decade and beyond*, (The Kamunge Report) Nairobi. Government Printers.
- [40] Republic of Kenya, (1980). *The Education Act*. Nairobi. Government Printers.
- [41] Sanderson, B. (1996). *Alternatives to corporal punishment*.
<http://www.sanbeck.org/punishmentalternatives.html>.
- [42] Savarananel, and Mahal, (1992). *Research Methodology*. Allah bad, Kitab Mahal.
- [43] Siringi, S. (2000). Kenya Schools Corporal Punishment.
[http://www.corpun.com/:archive:KE Schools August 2000](http://www.corpun.com/:archive:KE%20Schools%20August%202000).
- [44] Thomas, R.M. (1990). *The Encyclopaedia of human development and education: Theory research and studies*. Headington: Pergammon Press.
- [45] The Standard (1998). *Pupils dies after beating*. Standard September 23. Nairobi. The Standard Limited.P.17.
- [46] The Standard (1998). *Ban caning in Schools-KESI*. The Standard September 18. Nairobi. The Standard Limited.
- [47] Thiongo, N.W. (1981). *Decolonialising the mind. The Politics of language in African Literature*. Nairobi. East African Educational Publishers.

Evaluation de la charge polluante des lixiviats de la décharge contrôlée de la ville d'Essaouira (MAROC)

[Evaluation of the pollution load of leachates from the landfill in the city Essaouira (MOROCCO)]

Hamid CHIGUER¹, Fatiha EL KHAYYAT¹, Omar EL RHAOUAT¹, Redouane RIFKI², Adnane BENSAID², Khadija EL KHARRIM¹, and Driss BELGHYTI¹

¹Laboratoire d'Environnement et Energies renouvelables, Centre des Etudes Doctorales, Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, B.P. 133, code postale 14000, Kenitra, Maroc

²Société GMF Pompage et Assainissement, 82 Bis, Av. Lalla Yacout, Casablanca, 20000, Maroc

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The management of leachate flow is a challenge for the operation of landfills in Morocco. This Essaouira which started in 2001, received in 2014, 72 tons of waste as daily average. This buried tonnage generates between 6 and 8 m³/d leachate

The objective of this study is to follow the evolution of the physico-chemical composition of leachate stored and therefore assess the purification performance of the adopted treatment system. To do this, leachate samples were collected and analyzed during the period from 2012 up to 2015. The analysis results show that despite the long stay in the leachate storage basin, the pollution organic and inorganic filler, is significant and almost stable over time.

The organic pollutant load is expressed as COD varying between 6106 and 13939 mgO₂/L with a mean of 10361mgO₂/L. It also resulted in BOD₅ which is between 207 and 851 mgO₂/L, with an average of 631 mgO₂/L. Therefore the ratio of BOD₅/COD is between 0.03 and 0.08 with an average of 0.06. This shows that the leachate studied are old and characterized by complex organic load and nonbiodegradable.

Mineral pollution is also present and marked by a high electrical conductivity which reached an average value of 39983µs/cm. The values of this organic and inorganic pollution, far beyond the limits of direct discharge into the receiving environment.

The metal composition of leachate is typical of landfills for household dominant. In fact the values obtained during this monitoring does not exceed the thresholds set by the Moroccan standard rejection besides chromium (avg=1720 mg/l) which has a much higher concentration than other discharges and which exceeds Moroccan standards rejection (avg=200µg/l).

KEYWORDS: Landfill, leachate, pollution load, Essaouira, Morocco.

RESUME: La gestion des flux de lixiviat, constitue un défi pour l'exploitation des décharges contrôlées au Maroc. Celle d'Essaouira qui a démarrée en 2001, a reçu en 2014, 72 tonnes de déchets comme moyenne journalière. Ce tonnage enfoui, génère entre 6 et 8 m³/j de lixiviat.

L'objectif de cette étude est de suivre l'évolution de la composition physico-chimique de lixiviats stockés et par conséquent, évaluer les performances épuratoires du système de traitement adopté. Pour ce faire, des échantillons de lixiviat ont été prélevés et analysés pendant la période allant de 2012 jusqu' à 2015. Les résultats d'analyses montrent que malgré le long séjour de lixiviat dans le bassin de stockage, la charge polluante organique et minérale, est importante et presque stable dans le temps.

La charge polluante organique est exprimée par la DCO qui varie entre 6106 et 13939 mgO₂/L avec une moyenne de 10361mgO₂/L. Elle est aussi traduite par la DBO₅ qui est comprise entre 207 et 851 mgO₂/L avec une moyenne de 631 mgO₂/L. Donc le rapport DBO₅/DCO oscille entre 0,03 et 0,08 avec une moyenne de 0,06. Cela montre que les lixiviats étudiés sont vieux, stables et caractérisés par une charge organique complexe et non biodégradable.

La pollution minérale est aussi présente et elle est marquée par une forte conductivité électrique qui atteint une valeur moyenne de 39983µs/cm. Les valeurs de cette pollution organique et minérale, dépassent largement les valeurs limites de rejet direct dans le milieu récepteur.

La composition métallique de lixiviats est typique des décharges contrôlées à caractère ménager dominant. En effet les valeurs obtenues au cours de ce suivi ne dépassent pas les seuils fixés par la norme marocaines de rejet à part le chrome (moy =1720 µg/l) qui présente une concentration très supérieurs à celles des autres décharges et qui dépasse les normes marocaines de rejet (mo.=200µg/l).

MOTS-CLEFS: Décharge contrôlée, lixiviats, charge polluante, Essaouira, Maroc.

1 INTRODUCTION

Avec une tendance de consommation toujours plus grande, la production de déchets ne cesse d'augmenter en quantité et en diversité engendrant ainsi d'énormes risques sur la santé publique et l'environnement. Au Maroc, on estime la production à plus de 18000 tonnes de déchets ménagers par jour [1-4].

La gestion rationnelle saine et pérenne des déchets est l'un des défis majeurs que l'humanité est appelée à relever aujourd'hui et dans le futur. Devant cette situation, le gouvernement marocain a lancé un programme ambitieux en matière de gestion des déchets solides qui est le Programme National de gestion des Déchets Ménagers et assimilés (PNDM).

Parmi les objectifs de ce programme à l'horizon de 2020, la création des décharges contrôlées des déchets ménagers et assimilés au profit de tous les centres urbains et la réhabilitation de toutes les décharges spontanées existantes et leur fermeture [4].

Au Maroc, le mode de traitement des déchets prédominant, est la mise en décharge. Ce mode de traitement, engendre entre autres, le lixiviats dont les conséquences sont néfastes pour l'environnement et la santé publique. En effet, ces lixiviats sont générés à des volumes importants et à des charges polluantes très complexes de nature organique et inorganique. Leur rejet à l'état brut et sans aucun traitement préalable engendre les impacts environnementaux suivants : pollution des sols, contamination des eaux souterraines et de surface et par conséquent l'atteinte à la santé humaine, ... [5].

La première décharge contrôlée aménagée au Maroc est celle de la ville d'Essaouira. C'est un centre d'enfouissement technique qui a démarré en 2001 et qui traite la totalité des déchets produits par la ville d'Essaouira et ses centres avoisinant. Elle est située à 14 km de la ville sur la route régionale N°207 menant vers la ville de Marrakech et s'étend sur une superficie totale de 29 hectares dont 5.58 hectares sont dédiés à l'enfouissement des déchets. Les installations de stockage des déchets, sont équipées d'un dispositif d'étanchéité et d'un système de drainage pour la récupération et l'évacuation du lixiviats vers un bassin de stockage d'une capacité de 17000m³ [6]. Ce bassin de stockage sert aussi comme lagune de traitement par évaporation naturelle.

L'objectif principal de ce travail consiste à une caractérisation physico-chimique des lixiviats de la décharge contrôlée de la ville d'Essaouira afin d'évaluer les performances épuratoires du système de traitement pratiqué. Par ailleurs, une comparaison des résultats trouvés avec ceux d'autres décharges à l'échelle nationale et internationale a été effectuée afin d'évaluer le degré de la pollution engendrée par cette décharge.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 SITUATION ET LOCALISATION GEOGRAPHIQUE DE LA DECHARGE

La ville d'Essaouira est située dans la zone synclinale d'Essaouira –Haouz, il s'agit d'une large dépression allongée suivant une direction Nord-Sud.



Figure 1 : Situation de la ville d'Essaouira et de la zone de l'étude [7]

2.2 DESCRIPTION DE LA DÉCHARGE

Le Centre de stockage des déchets de la ville d'Essaouira est aménagé premièrement sur une superficie de 12,6 ha avant d'être apportée à 29 ha après extension. Il est situé à 10 Km à vol d'oiseau de la ville et à 14 km du centre de la ville sur la route régionale 207 Essaouira/Marrakech (figure 2). Les casiers sont équipés de géomembranes et d'une couche drainante pour récupérer les lixiviats. Les drains de chaque casier se convergent vers un regard qui achemine les percolats vers le bassin de stockage des lixiviats. Ce bassin est étanchéifié lui aussi par une géomembrane en polypropylène. Ce site ne pose aucun impact sur la population et ses effets néfastes sont minimes.

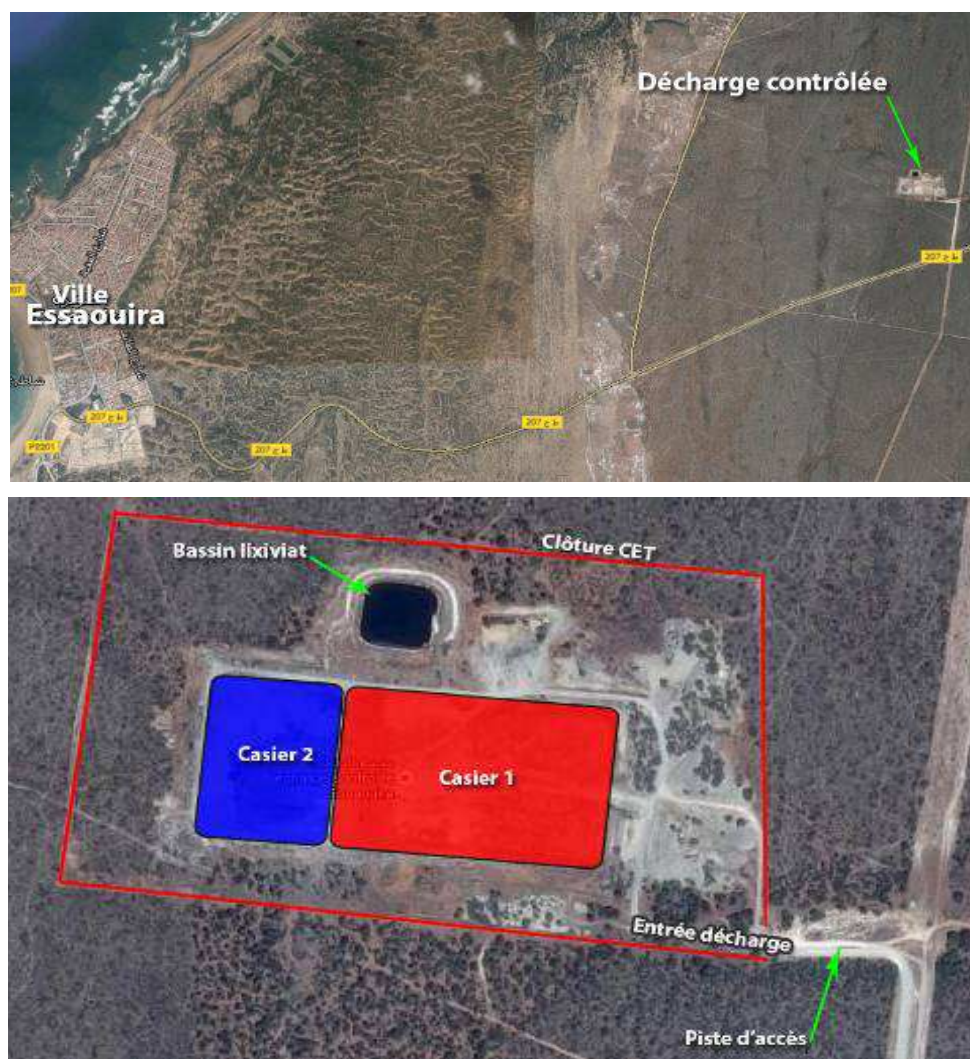


Figure 2 : Situation et vue en plan de la décharge contrôlée d'Essaouira (Google Earth Juin 2010) [8]

Avant la construction de l'actuelle décharge contrôlée, l'évacuation des déchets de la ville d'Essaouira était effectuée vers la décharge sauvage d'Azlef située à moins de 8 km à partir du centre de la ville.

D'après la législation marocaine [9], la décharge contrôlée d'Essaouira est de classe 1. Il s'agit d'un centre de réception et de stockage des déchets **Ménagers et Assimilés** de la ville d'Essaouira et des centres avoisinants. Les travaux de construction de ce centre ont démarré en 1999 et la première mise en décharge des déchets a eu lieu le 1^{er} mars 2001.

Les premiers équipements et aménagements réalisés au niveau de la décharge sont [10] :

- Un casier n°1 de 3,88 ha subdivisé en quarts alvéoles de 7 000 m² de surface utiles ;
- Un bassin de stockage de lixiviat d'une capacité de stockage d'environ 3 060 m³ ;
- Un bassin de stockage des eaux pluviales d'une capacité d'environ 1 300 m³ ;
- Un pont bascule de 50 tonnes de capacité ;
- Un portail et une clôture de 1969m de longueur et de 2m de hauteur ;
- Un poste de contrôle, des locaux techniques et un piézomètre ;
- Voies d'accès et de circulation et autres infrastructures.

En 2006, une extension de la décharge a été réalisée par l'aménagement d'un deuxième casier (casier n°2) sur une superficie de 1,7 ha et d'un nouveau bassin de stockage de lixiviats d'une capacité de 17 000 m³. L'exploitation et l'enfouissement dans le deuxième casier a démarré le 15/01/2010.

L'exploitation de la décharge après son extension en 2006, est subdivisée en quatre grandes phases ayant chacune une localisation géographique et une logique d'exploitation propre. Ces quatre phases sont récapitulées comme suit :

- 1^{ère} phase = casier n°1 : mesures d'urgence visant à résorber les dysfonctionnements observés dans l'exploitation au niveau des alvéoles n° 1 et 2 du casier 1 ;
- 2^{ème} phase = casier n°2 : Exploitation du casier 2 jusqu'à la cote 117 NGM ;
- 3^{ème} phase = casiers 1 et 2 : rechargement des zones déjà exploitées et fusion des deux casiers jusqu'à la cote 121 NGM ;
- 4^{ème} phase : Phase finale de profilage du dôme, réaménagement et végétalisation du site.

La durée de l'exploitation dans la décharge après son extension et la mise en place du plan de la mise à niveau de la décharge en 2006 est de l'ordre de 10 à 12 ans. En effet la durée de vie totale de la décharge est estimée entre 15 à 18 ans.

2.3 MÉTHODES D'ÉTUDE

La décharge d'Essaouira est munie d'un système de collecte et de drainage des lixiviats qui après accumulation au fond des déchets, ils sont drainés vers un bassin de stockage et de traitement par évaporation, (Figure 3).



Figure3 : Bassin de stockage des lixiviats

A partir de ce bassin, le lixiviats a été prélevé et analysé sur une période allant de 2012 jusqu'à 2015. La caractérisation a porté sur la charge organique, minérale et métallique.

Ces échantillons de lixiviats ont été envoyés au Laboratoire Public d'Essais et d'Etudes (LPEE-CEREP) dans des glacières en respectant les conditions de conservation exigées par les normes afin de ralentir les processus biologiques, chimiques et physiques.

La conductivité (CE) et le pH ont été mesurés « in situ » à l'aide d'un conductimètre (HANNA EC 214) et d'un pH-mètre (NFT 90-008). Les concentrations des chlorures (Cl^-), sulfures (S^{2-}). Les hydrocarbures totaux (HCT) et la teneur en matières en suspension (MES) ont été déterminées par la méthode de centrifugation. La Demande Biochimique en oxygène (DBO_5) a été mesurée à l'aide d'un oxymètre (538WTW/ DBO_5 -mètre : TS606/2) NFT 90-103. La Demande Chimique en Oxygène (DCO) a été mesurée à l'aide d'un DCO-mètre type thermo-réacteur (Behr TRS300). Les métaux lourds : Cadmium, Chrome et le Plomb, ont été mesurés à l'aide d'un spectrophotomètre à torche plasma ICP.

3 RESULTATS ET DISCUSSIONS

L'évolution du niveau de vie et le développement démographique de la ville, sont à l'origine de l'augmentation de la production des déchets entre 2001 et 2014 (Figure 4). Elle est passée de 14 691 en 2001 à 26 226 tonnes en 2014 [1]. La moyenne annuelle sur la période étudiée (2001-2014) est de 23 326 tonnes et la moyenne journalière est de 65 tonnes par jour.

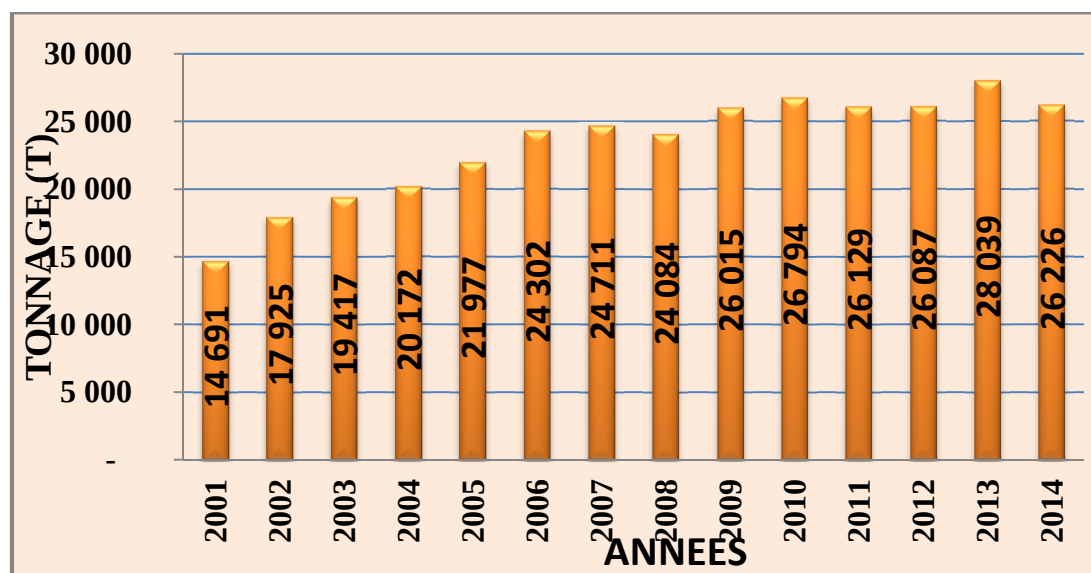


Figure 4 : Evolution du tonnage de déchets enfouis à la décharge d'Essaouira entre 2001 et 2014

La figure 4, illustre l'évolution de la variation annuelle de la quantité des déchets traités. Cette évolution est marquée par une augmentation de la quantité des déchets au cours de la période étudiée. En plus de l'accroissement démographique, cette évolution est expliquée par l'importance et l'abondance de l'activité touristique.

3.1 COMPOSITION DES DÉCHETS ENTRANT À LA DÉCHARGE

Les principales composantes d'une poubelle ménagère et des déchets urbains solides (DUS) en général restent celles répertoriées dans la norme française XP X 30-408 [11]. Il s'agit des putrescibles, du papier, du carton, des textiles, des textiles sanitaires, des plastiques, des combustibles non classés, des combustibles non classés, du verre, des métaux, des spéciaux et des fines.

Pour notre étude, la composition des déchets de la ville d'Essaouira, objet des travaux de caractérisation qui ont été réalisés pendant le mois de Janvier et Avril 2014, est présentée dans la figure 5.

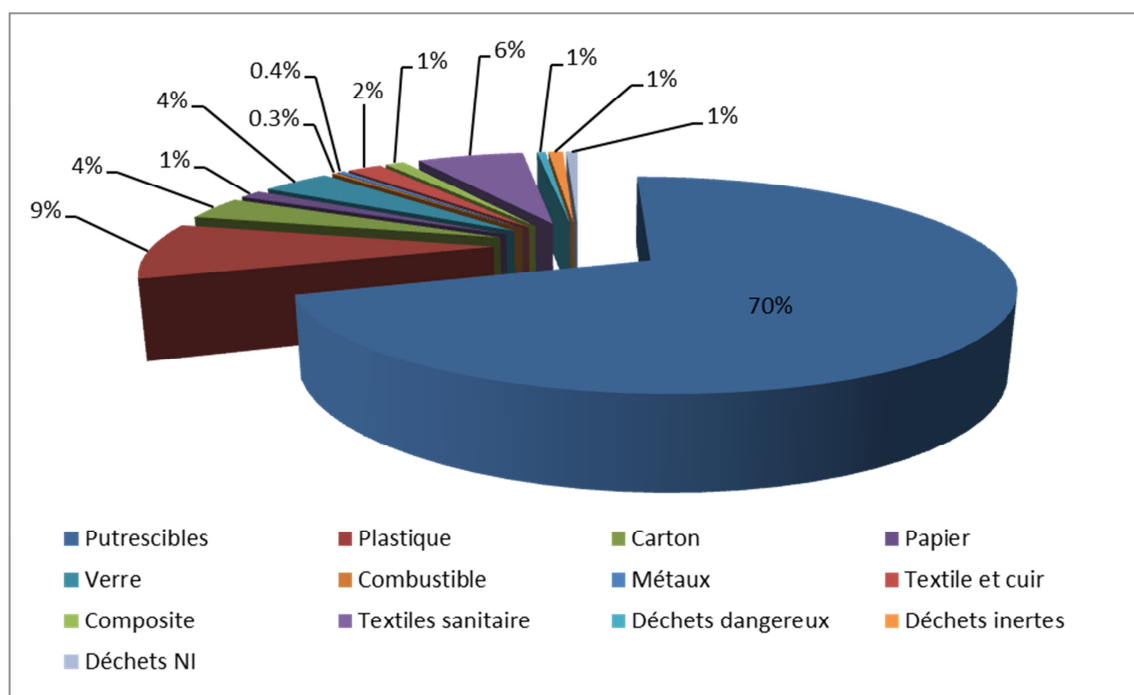


Figure 5 : Pourcentage de la composition des déchets en poids humide de la ville d'Essaouira [12]

Les déchets solides de la ville d'Essaouira entrant à la décharge (Figure 5), se caractérisent par :

- La prédominance de la fraction organique, environ 70% du poids total humide ;
- Un taux d'humidité très élevé avec une moyenne de 70% ;
- Une forte teneur en plastique qui avoisine les 9 % ;
- Une teneur non négligeable des déchets dangereux (textiles sanitaires) qui présentent une vraie menace de contamination pour les récupérateurs et pour l'environnement en générale.

En comparaison avec d'autres travaux de caractérisation similaires effectués sur les déchets de la ville de Targuist située au nord du Maroc [13], la matière organique représente 71.53%, le plastique 10.86%, le papier et le carton 7.4%, le verre 4.29%, les métaux 1.2% et le textile se trouve à 4.73%.

D'après [5], les déchets entrant à la décharge contrôlée pour enfouissement technique, contiennent autres que les déchets ménagers et assimilés, une part non négligeable des déchets dangereux (1.2% à 2,5%). Ces derniers sont constitués principalement des déchets hospitaliers et des déchets ménagers contaminés par les déchets hospitaliers.

Cette situation de non-conformité, se répercute négativement sur la complexité de la charge polluante du lixiviat générés par le compactage et l'enfouissement des déchets et aussi, elle suscite plusieurs questions quant à la salubrité et aux risques de contamination, surtout pour le personnel travaillant à la décharge et aux récupérateurs des matériaux recyclables.

3.2 COMPOSITION ET ÉVOLUTION DU LIXIVIAT DE LA DÉCHARGE D'ESSAOUIRA

Le lixiviat est le « jus de la décharge », c'est-à-dire l'eau qui percole à travers les déchets en se chargeant chimiquement en substances minérales et organiques [14], [15]. Sa composition dépend de nombreux facteurs : la composition des déchets, le bilan hydrique, le mode d'exploitation de la décharge, les conditions climatiques, l'épaisseur de la couche de déchets, la nature de la couverture, l'âge de la décharge [16], [17], [18]. Il en résulte qu'un lixiviat peut être variable d'une décharge à l'autre mais aussi au sein même d'une décharge en fonction du temps et des modes d'exploitation et d'enfouissement des déchets.

Les résultats de ce suivi sont récapitulés dans les figures ci-après :

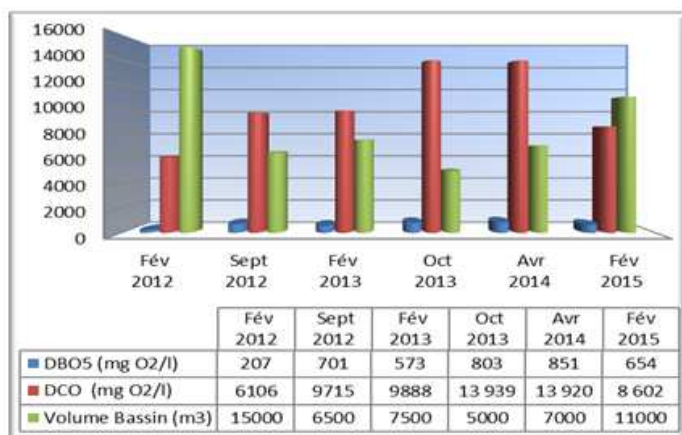


Figure 6 : Evolution de la DBO₅ et la DCO

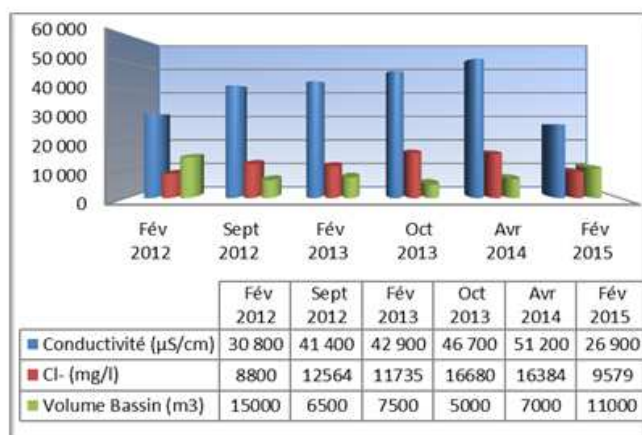


Figure 7 : Evolution de la conductivité et des chlorures

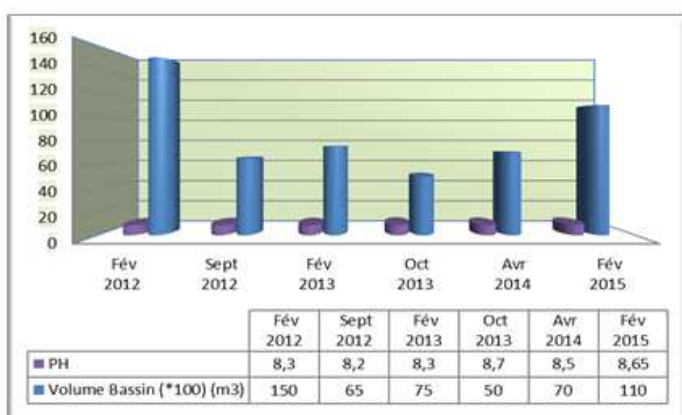


Figure 8 : Evolution du pH

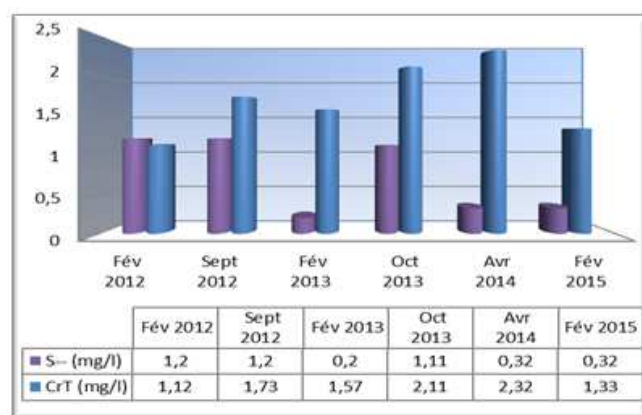


Figure 9 : Evolution des chromes et des sulfures

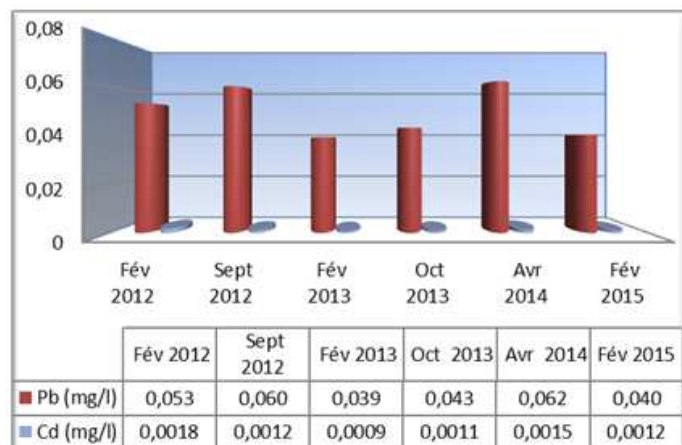


Figure 10 : Evolution du Plomb et du Cadmium

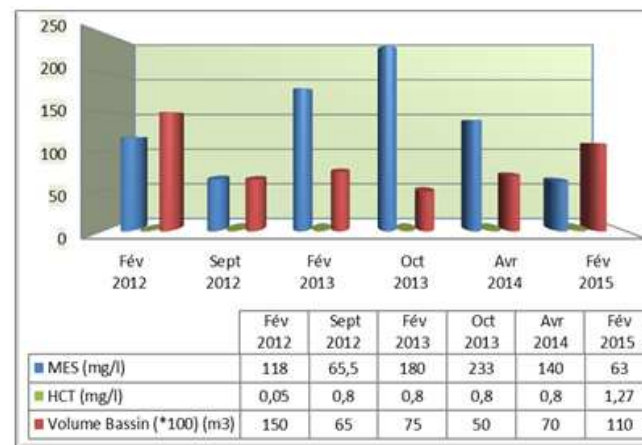


Figure 11 : Evolution de la MES et des HCT



Figure 12 : Evolution du rapport DBO_5/DCO

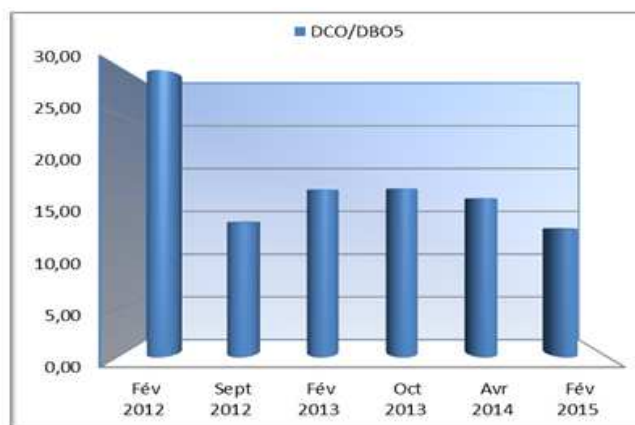


Figure 13 : Evolution du rapport DCO/DBO_5

Le lixiviat de la décharge d'Essaouira est basique. Les valeurs du pH de lixiviat enregistrées varient de 8,15 à 8,7 avec une moyenne de 8,44 (Figure 8). L'évolution du pH au cours de ce suivi montre une augmentation du pH en fonction du temps de séjour du lixiviat dans le bassin et aussi en fonction du vieillissement de la décharge.

La valeur moyenne du pH de la décharge d'Essaouira est supérieure à celles soulevée au niveau des décharges d'Agadir (6,2), [19], de Mohammedia (6.75), [20], et de Fès (7.23) [21].

La conductivité électrique, traduit la minéralisation de l'échantillon analysé. Elle permet d'évaluer la minéralisation globale et d'estimer la totalité des sels solubles dans l'eau [22].

Les valeurs de la conductivité électrique enregistrées au cours de ce suivi fluctuent entre un minimum de 26900 $\mu\text{S}/\text{cm}$ enregistrée en Février 2015 et un maximum de 51200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ enregistré en Avril 2014 (Figure 7). Cette variation de la concentration, dépend directement du volume de lixiviat dans le bassin.

La valeur moyenne de la conductivité électrique pour les lixiviats analysées est de 39983 $\mu\text{S}/\text{cm}$, elle est largement supérieure à 2700 $\mu\text{S}/\text{cm}$, considérée comme valeur limite de rejet direct dans le milieu récepteur [23]. Cette valeur moyenne est supérieure à celle enregistrée dans la décharge de Kénitra (22792 $\mu\text{S}/\text{cm}$) [22] et de Tanger (moy=32445 $\mu\text{S}/\text{cm}$) [24]. Par contre, elle est largement inférieure à celles enregistrés dans la décharge d'Agadir (64650 $\mu\text{S}/\text{cm}$), [19].

Les résultats obtenus mettent en évidence une minéralisation importante du lixiviat de la décharge publique de la ville d'Essaouira. Cette minéralisation est confirmée par les concentrations des ions chlorures mesurés dans ces lixiviats et qui oscillent entre 8800 et 16680 mg/l avec une moyenne de 12623 mg/l (Figure 7). Elle est expliquée par l'enfouissement des déchets du port de la ville d'Essaouira qui renferment un taux très élevé en sels minéraux.

La DBO_5 est un indicateur de la pollution organique. Elle exprime le niveau de biodégradabilité de l'effluent [25]. Elle est variable au cours de notre période d'études et se situe entre 207 et 851 mg/l avec une moyenne de 632 mg/l (Figure 6). Ces valeurs enregistrées dans cette décharge sont supérieures à 100 mg/l, considérée comme valeur limite de rejet direct. Cependant la moyenne de la DBO_5 enregistrée, est inférieure à celles de la décharge d'Agadir (795 à 878 mg/l), [19] et beaucoup plus inférieure à celles des décharges de Fès (8400 mg/l), [21] et de Mohammedia (29151 mg/l), [20].

La DCO représente la quantité d'oxygène consommée par les matières oxydables chimiquement contenues dans l'eau. Elle est représentative de la majeure partie des composés organiques et des sels minéraux oxydables [25]. Les teneurs de la DCO enregistrée dans notre étude sont variables dans le temps et sont comprises entre 6106 et 13939 mg/l avec une moyenne de 10361 mgO_2/L , (Figure 6). Cette valeur moyenne est 20 fois plus supérieure à la valeur limite de rejet direct (500 $\text{mg O}_2/\text{L}$).

Les valeurs élevées de la DCO indiquent une charge organique élevée et sont supérieures à celles rapportées par [2] dans la décharge d'Akouedo à Abidjan (entre 310 et 2495 mg/l), et par [27] dans la décharge de Tiaret en Algérie (1048 mg/l), et aussi par [19] dans la décharge d'Agadir (6220 à 7640 mg/l).

Elles sont en revanche très inférieures à celles obtenues par [26] dans la décharge d'Oujda au Maroc, (68036mg/l). Aussi, elles sont beaucoup plus inférieures à celles de la décharge de Mohammedia (51456 mg/l), [20].

Les valeurs du rapport DBO_5/DCO allant de 0,03 à 0,08 avec une moyenne de 0.06 (Figure 12) et la moyenne du rapport DCO/DBO_5 qui est de 17.91 (Figure 13), montrent qu'il s'agit bien d'un lixiviat stable et a une biodégradabilité très faible.

Les concentrations en matière en suspension (MES), sont comprises entre 65.5 et 233 mg/l, et elles sont proportionnelles au volume du lixiviat stocké au niveau du bassin (Figure 11). La teneur moyenne de la MES au niveau du bassin de stockage est de l'ordre de 146 mg/l. Ces valeurs enregistrées dans cette décharge sont inférieures à celles trouvées dans les décharges de Mohammedia (660.5 mg/l), [20] et de Fès (450 mg/l), [21] et elles sont beaucoup plus inférieures à celles trouvées dans la décharge d'Agadir (3000 à 4800 mg/l), [19].

On ce qui concerne la pollution organique toxique représentée par les hydrocarbures totaux (HCT), la valeur moyenne de la concentration en HCT pour toutes les campagnes de mesure est de 0.75 mg/l, avec un maximum de 1.27 et un minimum de 0.05 mg/l, (Figure 11). Elle est beaucoup plus inférieure à celle trouvée dans la décharge d'Agadir (183g/l), [19].

La présence de ces concentrations, est due principalement aux anomalies de fonctionnement des véhicules et les fuites des huiles survenues dans les zones d'enfouissement technique des déchets. Cette teneur en HCT est largement inférieure à la norme marocaine des rejets directs (10 mg/l).

Le suivi de la pollution métallique du lixiviat de la décharge d'Essaouira dévoile l'existence d'une charge métallique relativement importante. Le Chrome Total (CrT) est le métal le plus abondant avec des valeurs comprises entre 1120 et 2320 $\mu\text{g/l}$ et une moyenne de 1720 $\mu\text{g/l}$, (Figure 9). Sa concentration est plus supérieure à celle de la décharge d'Agadir (110 $\mu\text{g/l}$) [19], de la décharge de Meknès (107.2 $\mu\text{g/l}$) [28], de la décharge de Mohammedia au Maroc (477 $\mu\text{g/l}$), [20] et de la décharge de Tiaret en Alger (300 $\mu\text{g/l}$) [27].

Les valeurs révélées de ce métal, sont beaucoup plus supérieure à la norme marocaine pour les eaux destinées pour l'irrigation (100 $\mu\text{g/l}$).

Le Plomb (Pb) et le Cadmium (Cd), présentent aussi des teneurs moyennes non négligeables qui sont respectivement de 40 et 1,3 $\mu\text{g/l}$, (Figure 10). Les concentrations enregistrées pour les deux éléments sont inférieures à la norme marocaine pour les eaux destinées pour l'irrigation, qui est de 5000 $\mu\text{g/l}$ pour le Pb et de 10 $\mu\text{g/l}$ pour le Cd.

Les ions sulfures proviennent de la réduction des sulfates lors des premières phases de dégradation anaérobie par les micro-organismes anaérobiques, [29]. Les concentrations enregistrées varient entre 0.2 et 1.2 mg/l avec une moyenne de 0.73 mg/L, (Figure 9).

La composition métallique de lixiviat de la décharge contrôlée d'Essaouira est typique d'une décharge à caractère ménagère dominant. En effet les valeurs obtenues au cours de ce suivi sont comparables à celles trouvées dans d'autres décharges réservées pour les déchets ménagers et assimilés et ne dépassent pas les normes de rejet marocaines à part le chrome qui présente une concentration très supérieure à celles d'autres décharges et qui dépasse les normes de rejet marocaines.

4 DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Ces lixiviats présentent des concentrations en ions chlorure et des valeurs en conductivité élevées. Il s'agit d'un caractère commun à toutes les décharges d'ordures ménagères [16], [17] et [3]. Ces deux paramètres présentent les mêmes évolutions annuelle et interannuelle car la conductivité est déterminée principalement par la concentration des ions chlorures cette relation étroite entre les teneurs en chlorures et la conductivité est déterminée par [16] sur le site d'Etuefont en 2002. L'évolution croissante de ces deux paramètres peut être expliquée par une activité reminéralisatrice des bactéries.

Les faibles teneurs en sulfures peuvent être expliqués par la faible activité réductrice. Ces ions sont parmi les gaz responsables des mauvaises odeurs dégagées par les décharges [16].

Le suivi de La composition métallique (Cr, Cd et Pb) de lixiviat montre une charge importante surtout pour le chrome. Malgré que cette composition soit typique d'une décharge à caractère ménagère dominant, il ne faut pas oublier que ces éléments métalliques présentent des nuisances pour la santé et l'environnement même à des faibles concentrations à cause de leurs caractéristiques cumulatives et leurs toxicités.

La pollution organique est également importante : la DCO peut atteindre 11500,86 mg O_2/L . De plus, les concentrations en ces polluants sont supérieures à celles généralement rencontrées dans d'autres décharges marocaines d'ordures ménagères. On trouve 51456 mg O_2/L à la décharge de Mohammedia [20] et 20468 mg O_2/L à la décharge de Fès [21]

Les valeurs du rapport DBO_5/DCO , allant de 0,03 à 0,4 indiquent que les lixiviats étudiés sont riches en matières organiques non biodégradables. Par ailleurs, la valeur moyenne du rapport DCO/DBO_5 est de 15,71. L'ensemble des résultats

montre qu'outre la méthanogénèse, est active dans la décharge et que cette décharge est une décharge vieille. Le caractère basique du pH de ces lixiviats reflète bien cette phase d'évolution biologique. Nous pouvons conclure que le lixiviat de la décharge d'Essaouira est un lixiviat vieux, stabilisé et caractérisé par une faible et difficile biodégradabilité et une charge organique très complexe.

Les résultats de ce travail de recherche, montrent que malgré le long séjour de lixiviat dans le bassin de stockage, la charge polluante organique et minérale, est importante et presque stable dans le temps.

REFERENCES

- [1] COMMUNE URBAINE D'ESSAOUIRA, GMF POMPAGE ET ASSAINISSEMENT, MAROC (2014). Rapport annuel de l'exploitation des services de propreté de la ville d'Essaouira. Rapport. 120p.
- [2] KOUADIO, G., DONGUI, B., TROKOUREY, A. (2000). Détermination de la pollution chimique des eaux de la zone de la décharge d'Akouedo (Abidjan- Cote d'Ivoire). Revue des Sciences et Technologie, ENS-CI. Série A-01. pp.34- 41.
- [3] OZZANE, F., (1990). Les lixiviats de décharge, les points de connaissance. TSM-Eau, juin 1990. pp.289-312.
- [4] MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE, DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT-MAROC, (2010). Etat de l'environnement du Maroc. Rapport. 52p.
- [5] ZALAGHI, A et MERZOUKI, M., (2013). Caractérisation physico-chimique de lixiviats du centre d'enfouissement technique de la ville d'Essaouira (Maroc). ScienceLib Editions Mersenne : Volume 5, N ° 131122. 15p.
- [6] ONEP., et FAO., (2003). Office National de l'Eau Potable, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. «Gestion des déchets solides à Essaouira ». Etude d'avant-projet détaillé, deuxième partie : mise à niveau et extension de la décharge contrôlée. N°35/DI/FAO/2003. 215p.
- [7] RAOUL, G. (2003). Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) et l'Office National de l'Eau Potable (ONEP) MAROC. Gestion contrôlée des déchets solides à Essaouira. Rapport. 235p.
- [8] GOOGLE EARTH, Juin 2010. Vue aérienne de la ville d'Essaouira, Carte satellitaire.
- [9] MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE, DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT (MAROC), 2006. Loi n° 28-00 relative à la gestion des déchets et à leur élimination ». BO n° 5480 du 7 décembre 2006. 15p.
- [10] BETURE ENVIRONNEMENT (BET), (2006). Pour le compte de l'Office National de l'Eau Potable (ONEP) et la commune Urbaine d'Essaouira (MAROC). Centre de stockage des déchets ménagers de la commune d'Essaouira – manuel d'exploitation. Rapport N/Réf : 205AT06. 180p.
- [11] AFNOR, (1996). Déchets : Caractérisation d'un échantillon de déchets ménagers et assimilés ; Eds AFNOR. 24p.
- [12] CHIGUER, H., EL RHAOUAT, O., EL KHAYAT, F., BENSAID, A. EL KHARRIM, KH., BELGHYTI, D., (2015). Caractérisation physique des déchets solides urbains de la ville d'Essaouira, (Maroc). Sciencelib Editions Mersenne : Volume 7, N ° 150603. 18p.
- [13] HABOUBI, Kh., ALOUANE, H., ANDALOUSI, K., (2015). Contribution à la caractérisation des déchets d'une décharge publique non contrôlée : cas de la décharge de la ville de Targuist au nord du Maroc, Science Lib., Editons Mersenne, Vol. 7, n° 150506, ISN 211-4706. 9p.
- [14] NAVARRO, A. BERNARD, D. et MILLOT, N. (1988). Les problèmes de pollution par les lixiviats de décharge. Techniques Sciences et Méthodes, pp.541-545.
- [15] CALLACE, N. (2001). Characteristics of different molecular weight fractions of organic matter in landfill leachate and their role in soils sorption of heavy metals, Environmental Pollution, 113, pp.331–339.
- [16] KHATTABI, H., 2002. Intérêt de l'étude des paramètres hydrogéologiques et hydrobiologiques pour la compréhension du fonctionnement de la station de traitement des lixiviats de la décharge d'ordures ménagères d'Etuefont (Belfort, France). Thèse de doctorat, Institut des sciences de l'environnement, France. 167p.
- [17] CHRISTENSEN, T.H., KJELDSEN, P., BJERG, P.L., JENSEN, D.L., CHRISTENSEN, J.B., BAUN, A., ALBRECHTSEN, H.J., HERON, G. (2001). Biogeochemistry of landfill leachate plumes. Applied Geochemistry, 2001. 16. pp.659-718.
- [18] MAHLER, C., FERREIRA, M.A., GÜNTHER, W. (2005). Studies of landfill leachate in Brazil. Sardinia 2005-Tenth International Waste Management and Landfill Symposium.
- [19] COMMUNE URBAINE D'AGADIR ET LABORATOIRE INTERFACE MATERIAUX ENVIRONNEMENT (LIME) DE LA FACULTE DES SCIENCES AIN CHOCK - CASABLANCA, MAROC, (2010). Bulletin d'analyse de lixiviat à la décharge contrôlée du grand Agadir – Maroc. 16-10-2010. 5p.
- [20] COMMUNE URBAINE DE MOHAMMEDIA ET LABORATOIRE PUBLIC D'ESSAIS ET D'ETUDES (LPEE), MAROC (2013). Bulletin d'analyse de lixiviat de la décharge contrôlée interprovinciale de Mohammedia et Benslimane – Maroc. 24-04-2013. 6p.
- [21] COMMUNE URBAINE DE FES ET PUBLIC D'ESSAIS ET D'ETUDES (LPEE), MAROC, (2014). Bulletin d'analyse de lixiviat de la décharge contrôlée de la ville de Fès– Maroc. 21-02-2014. 6p.

- [22] EL MARKHI, M., SADEK, S., EL KHARRIM, K., BEN EL HARKATI, F., DAKIR, Z., BELGHYTI, D., (2013). Caractérisation physico-chimique du lixiviat de la décharge d'ouled berjal, (Kenitra, Maroc). ScienceLib Editions Mersenne : Volume 5, N ° 130203. 9p.
- [23] MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE, DE L'URBANISME, DE L'HABITAT ET DE L'ENVIRONNEMENT (MAROC), (2002). La grille de qualité des eaux de surface. Bulletin officiel N° 5062 du 30 ramadan 1423 (05 décembre 2002).3p.
- [24] INGENIEURGESELLSCHAFT PROF. CZURDA AND PARTNER MBH (ICP), (2004). Assistance technique pour l'amélioration des conditions d'exploitation de la décharge de Tanger. Rapport. GTZ : Programme de Gestion et de Protection de l'Environnement (PGPE), Tanger, Maroc. 83p.
- [25] MAKHOUKH, M., SBAA, M., BERRAHOU, A., VAN CLOUSTER, M. (2001). Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'Oued Moulouya (Maroc oriental), Larhys journal, ISN 112-3680, n° 09. pp.149-169.
- [26] SAADI S., SBAA M., EL KHARMOUZ M. (2013). Caractérisation physico- chimique de lixiviats du centre d'enfouissement technique de la ville d'Oujda (Maroc oriental), Science Lib., Editons Mersenne, Vol. 5, n° 130517, ISN 211-4706. pp.1-12.
- [27] MEKAIKIA, M, M; BELABBED, B, E; DJABRI, L; HANI, A; LAOUR, R., (2007) : caractéristiques de la décharge publique de la ville de Tiaret et son impact sur la qualité des eaux souterraine. Courrier du Savoir – N°08, Juin 2007. pp.93-99.
- [28] TAHIRI, A. (2013). L'impact environnemental produit par les déchets de la décharge de la ville de Meknès (Meknès, Maroc). ScienceLib Editions Mersenne : Volume 5, N ° 130701. 9p.
- [29] BERTHE, C., 2006. Etude de la matière organique contenue dans des lixiviats issues de différentes filières de traitement des déchets ménagers et assimilés. Thèse Doctorat, Université de Limoges, Facultés des sciences et techniques, France. 320p.

Effect of Store Branding on the Brands Sales Performance of Consumer Goods in the Retail Stores in Nakuru Town, Kenya

Josephine Rotich¹, Jackline K. Moriasi¹, Stella C. Korir², Ezra K. Rono², and Benard Odera Asienyo³

¹Department of Business Administration, Faculty of Commerce, Egerton University, Kenya

²Faculty of Commerce, Kabarak University, Kenya

³Organizational Development and Project Management Consultant, Bistech Systems, Nakuru, Kenya

Copyright © 2016 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 main objective of this research was to establish the effect of store branding on the brands sales performance of consumer goods in the retail stores in Nakuru Town, Kenya. The study adopted a descriptive case study research design. The target population for this study was the 60 top managers working in the retail shops in Nakuru Town which included; Nakumartt, Taskys, Woolmatt, Ukwala, Naivas, Stage Matt, Quick Matt, Revanas, Ereto and Uchumi. The study adopted structured questionnaire as the main data collection instrument with the following major attributes; elements of market mavens, functional risks, value conscious, smart shopping reinforcement and sales performance. Data was analyzed using descriptive statistics more especially central tendencies; mean and standard deviation. The study used Pearson Correlation to establish the relationship between the independent variables and dependent variables. In order to establish the independent variables that affected the sales performance most, Regression Analysis was used. The study found out that market mavens and the brands reinforcement of smart shopping to the customers had positive effect on the brands sales performance.

KEYWORDS: International Marketing, Competitive Strategies, Supply Chain, Compliance to International Standards, International Players

1 INTRODUCTION

Brand identification is a recent concept in the discipline of marketing, and the concept has not been developed in sufficient depth in this field despite its great importance in most business results (Kuenzel and Halliday, 2008). There is insufficient research on this issue, and the few published studies indicate the need to advance knowledge of the factors that influence its achievement (Lam et al., 2013; Tuškej et al., 2011).

Store brands are a line of products strategically branded by a retailer within a single brand identity. The term store brand is used generally to mean wider house brands which differ by countries; private label brands (PLBs) in the United States, own brands in the UK, and home brands in Australia and generic brands. It is important to note that store brands are part and parcel of brand identification which is of great interest to this study.

Brands have remained firm's most valuable intangible assets that can generate cash to support their cash flow and ultimate expected profit. In this case branding of products has emerged as a competitive edge among the competing products and also making the organizations that sell such products to compete favorable. Because of these facts, branding is relevantly important in the retailing industry since they can influence customer perceptions and make stores to be customers' choice leading to customer loyalty. In this study we explore how branding by retail stores has provided a better understanding of how retailers create their brand images, paying special attention to effect of store Branding on Sales Performance of Consumer Goods in Retail Stores in Nakuru Town, Kenya.

Many studies have tried to identify the optimum level of quality for products with market brand (Dunne Narasimhan 1999; Winningham 1999; Apfelbaum et al 2003) and the factors able to convince the costumer to buy them (De Wulf et al. 2005; Sprott Shimp 2004), so that retailers can fully take the potential benefits. In this perspective, Apfelbaum, Gerstner and Naik (2003) confirm the necessity of proposing a high quality level together with a good price, so to get the better of the industrial competitors. Other authors, even confirming the importance of the relation price-convenience, also consider other tools able to support the market brand. Among them, Ceccacci (2009) underlines the importance of packaging in communicative perspective, since it favors the relation with the customer, guarantees the visibility of the product within the distribution system and expresses the positioning chosen (Cristini 1994), with following effects in differentiation. Others (Sprott and Shimp, 2004) underline the importance of sampling and of in-store promotions, to affirm market brands against the effect of the advertising supporting industrial products. Finally, even the development of retailers in recreational, emotional and social terms, is identified as a potential useful tool to rise interest and motivation in the customer (De Wulf et al., 2005). Principles and tools for the development of store brand strategies is necessary for the store operators focused on using their position as a strategy to increase their sales volume.

Another line of research, on the other hand, considered the relation between market and industrial brands, especially in a competitive perspective, at least in a first moment. According to Quelch and Harding (1996), private labels represent a serious threat for the manufacturing industry, due to a series of concomitant factors, such as: the growing quality level, the development of premium private labels, the development of innovative channels – mass merchandisers and warehouse clubs – able to launch their own new threatening brands at a national scale, and the development of new product categories potentially “conquerable” by retailers. Even looking at the big success reached by store brands on the market, the necessity of strategies to contain this strong competition (between store and industrial brands) becomes very strong. In this perspective, a first “battlefield” is the sale price. In this case retailers have a benefit position, since co-packers (Lugli, 1993) aiming at eliminating the excess of productive capacity, the absence of advertising costs and the inferior influence of logistic costs give a relevant advantage in more competitive prices (Kotler, 1994).

On the whole, the store brand represents the new frontier and offers new possibilities: the creation of an offer with store brand is the strategic tool with the best perspectives, as regard as distinguishing from competitors and developing a regular clientele. Affirming this aim as a priority for the retail branding, shows the store brand nowadays as a real strategy, in which mere tactic features – significant at the beginning – only play a secondary role.

The issue of retailer branding covers the boundary of the retailer branding as a concept and also the retailer buying goods in bulk like sugar, detergent, cerials, water and branding them using the retailer existing brand identity. The study took 10 retailer stores and specialized on product branding by the retailers in Nakuru Town, Kenya.

2 LITERATURE

Carmignano (1993) figured out an interesting classification about the uses of store brand as strategic tool for marketing in the distribution development in terms of: management of assortments, improvement of profit, and reorganization of vertical relations in the channel and competitive differentiation and customers’ fidelization. In the case of distribution firms, the launch of store brands and their introduction in the offer means proposing more alternatives to the customer. In fact, with respect to the industrial brands usually kept in the assortment, store brands represent an alternative both as product and as price, satisfying more different segments in the area of customers (Pauwels and Srinivasan, 2004).

Different authors underline as the policies of store branding can be positive in terms of profit only if it is sided by a wide sale of industrial products, on whose prices and margins exists in fact a higher freedom (Corstjens and Lal, 2000; Gabrielsen and Sørgard, 2006), specifically as further consequence of the bigger negotiation and influence power towards suppliers, also coming from the retail branding.

The further sharpening of the store brand strategy in the time, with the affirmation of the store brand, marked this relational dynamics, leading the retailer, in some cases, to emerge as the new channel leader (Fiocca and Sebastiani, 2010). Intensification of horizontal competition in this sector has also been reinforced by liberalization and deregulation progressively actuated during years, which favored the rise of new business ventures and opened to an even international competition. This situation implies for retailers the necessity of big resources and strategic decisions in order to achieve a competitive profit, both lasting and defensible (Morschett et al., 2006).

A fundamental principle for the development of distribution groups is then the competitive differentiation (Sudhir and Talukdar, 2004). To achieve the success in so turbulent and crowded market nowadays, retailers try to find their way to emerge with respect to their competitors, in order to affirm their image at consumers’ eyes. In a market characterized by the presence of numerous competitors there is the risk of getting lost in the “mass” if consumers are faced to a very similar offer,

tending to standardization. Recourse to marketing techniques – based on innovation and personalization – allows instead of avoiding this risk.

Chimundu et al. (2015) found that there was a consistent appreciation that manufacturer brands and retailer brands had separate and specific roles to play in a category, with manufacturer brands driving innovation and growth of the categories and retailer brands having the main role of generating profit. In addition, there was a consistent appreciation that the strategic role of manufacturer brands is based upon the collectively greater power of the manufacturer sector to innovate. Manufacturer brands were found to have a generally greater collective capacity for product innovation than retailer brands. The research found that the equilibrium level between manufacturer and retailer brands in the categories took into account the level of innovation required to support the categories. In this regard, retailer strategic thinking was that, since the bulk of the innovation in the categories is contributed by manufacturer brands, and both manufacturer and retailer brands benefit; retailers would therefore not wish to jeopardise the innovation capacity and marketing activities within the categories by being over-dominant. Retailers could drive towards overdominance if they wished, through heavily tilting merchandising measures in favour of retailer brands and through severely rationalizing the categories. With a two-firm concentration of 95%, the retailers have the power to achieve this. However, the strategic stance of the retail chains is that they choose not to do so, as adequate space has to be allowed for manufacturer brands to continue to do the job to which they are best suited.

CONCEPTUALIZATION

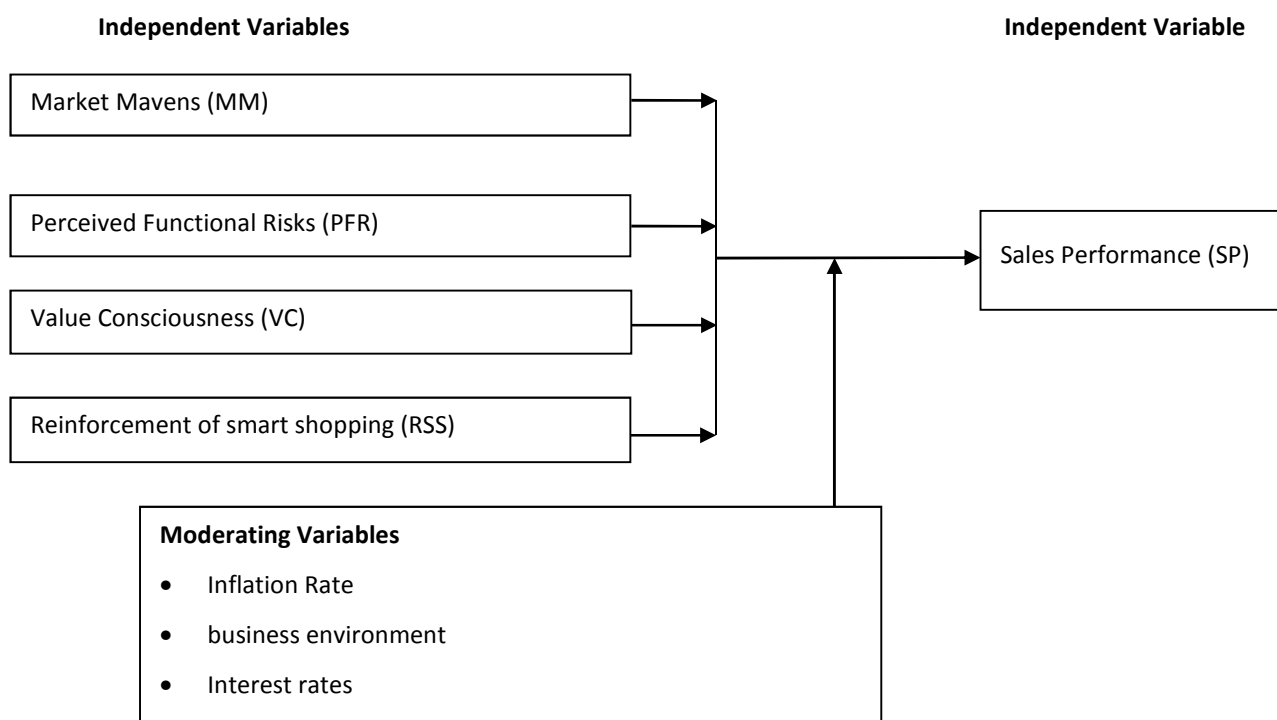


Figure 1: Effect of store branding on sales performance

2.1 MARKET MAVENS

Feick and Price (1987, p. 85) define market mavens as individuals who have information about many kinds of products, places to shop, and other facets of markets, and initiate discussions with consumers and respond to questions from consumers for market information. Market mavens have a wide variety of information on the market, use various information sources to get to know products, and are especially attentive to the communications media as the main source of information (Feick and Price, 1987). For these consumers, it is very important to have easily contrastable information, through the extrinsic attributes of the product, as such information facilitates evaluation of the purchase risk, increases their confidence in their ability to evaluate purchase alternatives, and contributes to security in their decision making (Feick and Price, 1987). Among the extrinsic cues consumers use as risk reduction strategies, we stress commercial sources (packaging or vendors) and wellknown brands (Mitchell and McGoldrick, 1996; Schiffman and Kanuk, 2006).

2.2 PERCEIVED FUNCTIONAL RISK

Zeithaml (1988, p. 14) defines the perceived value of a product as “consumers’ overall assessment of the utility of a product based on perceptions of what is received and what is given” in a purchase. Monroe and Petroshius (1981) focus their definition of value on the price/quality ratio. If we assume that the quality and the price of the product are the best exponents of what the consumer receives and delivers, respectively, Zeithaml’s definition is consistent with that of Monroe and Petroshius, which focuses on quality and price.

The communication on SBs in the various media has focused on the aspects of value and smart shopping, which currently represent and define these brands. Slogans such as “the best price/quality ratio,” “the best buy,” “the smart buy,” or “quality is not expensive,” as well as the position of these brands on the shelves between low-quality and low-price brands and leading manufacturer brands has contributed to their positioning for value and smart shopping (Goldsmith et al., 2010). “Various academic studies thus stress the value positioning of SBs (Rubio et al., 2014; González-Benito and Martos-Partal, 2012; Méndez et al., 2008). Retailers’ communication strategies concerning these brands have focused on achieving this positioning (retailers have used the shelves as the main communication medium of the value of their brands. SBs have been situated between leading manufacturer brands and price first brands and highlighted with messages such as “best purchase alternative” or “best price/quality ratio”). The fact that market mavens are especially attentive to the communications media to form an opinion of products and brands (Feick and Price, 1987) leads us to propose the following hypotheses for SBs:

2.3 VALUE CONSCIOUSNESS

Bergami and Bagozzi (2000) indicate that brand identification occurs with brands that enjoy brand equity. And brand equity implies that the brand must be known for some attribute that has value for the customer (Anselmsson and Johansson, 2007). In the area of SBs, recent studies show that these brands have managed to construct brand equity (Cuneo et al., 2012a,b) and that perceived value has played a significant role in their brand equity (Beristain and Zorrilla, 2011). According to Kara et al. (2009), perceived value is the main factor in creating a positive perception of the SB and strengthening the link between the consumer and the brand. It is thus logical to expect the existence of consumers who identify with what these brands represent, in other words, the existence of a positive causal relationship from perceived value of the SB to the consumer’s identification with the brand.

Young (2011) found out that for retailer, not only store brand is a brand which they sell in the store, but also store brand play strategic role. To this end, how to develop store brand is vital. Even through some retailers have strengthened marketing strategies in advertising, packages and so on (Davies, 1998), and built store brand image through advertising. There is still a large gap between store brands and manufacturing brands in production, advertising and other investment designed to develop brand image (Richardson, 1997). In strategic level, retailers should actively strengthen store brand perceived quality. In terms of managerial implications, retailer can develop store brand through following strategic moves. The first is to choose retailer name or store name as store brand name. The second is to increase advertising budget for store brand. The third is to improve store brand product package. And the fourth is to develop strong relationship with store brand outsourcing manufacturers.

2.4 REINFORCEMENT OF SMART SHOPPING

Positive beliefs about a brand and associations with it reinforce each other insofar as the consumer is satisfied with the brand (Chen, 2010; Kim et al., 2008; Pappu and Quester, 2006). Satisfaction with SBs, whether motivated by the economic savings they represent (Olavarrieta et al., 2006) or their perceived value, gives consumers hedonic benefits (Kara et al., 2009), such as the feeling of knowing how to shop, which strengthens their associations of smart shopping with these brands.

Amrouche and Zaccour (2007) investigate the pricing and shelfspace allocation equilibrium strategies in the SB versus NB context under a Stackelberg model (i.e., two-stage sequential move game here the NB manufacturer acts as the leader. Their numerical outcomes suggest that the allocation of the shelf-space depends on the SB quality, measured by the demand characteristics such as the degree of product substitutability.

3 METHODS

3.1 RESEARCH DESIGN

The study adopted a descriptive case study research design. The target population for this study was the 10 retail store in Nakuru Town which included; Nakumartt, Taskys, Woolmatt, Ukwala, Naivas, Stage Matt, Quick Matt, Revanas, Ereto and Uchumi. The retail store exhibit the same structure of the 6 top management conservatively; Brands Manager, Floor Manager, Warehouse Manager, Retail Manager, Chief Accountant and Till Manager. The target population therefore was the 60 top managers working in the retail shops which the researchers purposively took as the sample of the study. The study adopted structured questionnaire as the main data collection instrument with the following major attributes; elements of market mavens, functional risks, value conscious, smart shopping reinforcement and sales performance. The specific questions in the questionnaire were scaled using Likert Scale (1=SD-Strongly Disagree, 2=D-Disagree, 3=NS-Not Sure, 4=A-Agree and 5=SA-Strongly Agree) in measuring respondents level of agreement on each item of the questionnaire. Data was analyzed using descriptive statistics more especially central tendencies; mean and standard deviation. The study used Pearson Correlation to establish the relationship between the independent variables and dependent variables. In order to establish the independent variables that affected the sales performance most, Regression Analysis was used. The results are therefore as analyzed, presented and discussed below.

3.2 HYPOTHESES OF THE STUDY

We set the following hypotheses of the study for purposes of employing statistical calculation to affirm our conclusions and recommendations

HO₁ There is no statistical evidence that perceived function risks of retail store brands affected sales performance.

HO₂ There is no statistical evidence that market mavens brought about by retail store brands affected sales performance.

HO₃ There is no statistical evidence that customers' value consciousness of the retail store brands affected sales performance.

HO₄ There is no statistical evidence that customers' reinforced smart shopping of the retail store brands affected sales performance.

HO₅ There is no significant relationship between the combined effect of market mavens, perceived functional risk, value consciousness and reinforced smart shopping on store brand sales performance.

4 RESULTS

4.1 DESCRIPTIVE STATISTICS ON STORE BRANDING FACTORS

Table 1: Store Branding Factors

Variable	No.	Mean	Standard Deviation
<i>Market Mavensm</i>			
We provide effective shopping information	60	4.2	0.91
We provide shopping expertise to our customers	60	3.9	0.87
We give customers shopping tips using store branding	60	4.7	0.96
We give shopping planning to our customers	60	2.3	1.05
<i>Perceived functional Risk</i>			
Customers feel safe buying our store brands	60	4.5	0.92
Our store brands perform better than manufacturer brands	60	4.1	0.9
Our store brands meet all quality assurance standards	60	4.7	0.96
Our store brands stay longer before expiring	60	4.3	0.92
<i>Value Consciousness</i>			
Our brands give return for customers' money	60	4.0	0.9
Our store brands have competitive price	60	3.9	0.89
Our brands sells more than unbranded products	60	4.1	0.9
Our store brands have high restocking lead time	60	4.6	0.97
<i>Reinforcement of smart shopping</i>			
Customers who buy our store brands are well educated	60	4.8	0.98
Customers who buy our store brands are well experienced shoppers	60	4.2	0.91
Customers who buy our store brands are particular in their needs	60	2.0	1.09
Customers who buy our store brands are have purchasing power	60	1.7	1.11

The specific questions concerning store branding were scaled using Likert Scale (1=SD-Strongly Disagree, 2=D-Disagree, 3=NS-Not Sure, 4=A-Agree and 5=SA-Strongly Agree) in measuring respondents level of agreement on each item of the questionnaire.

Discussion on Market Marvensm

Based on Likert Scale where the mean represented respondents' level of agreement, our findings showed that store branding marketing strategy used by retail stores in Nakuru Town made the stores to provide shopping information to customers (level of agreement mean of 4.2). The store branding provides shopping expertise to the stores customers (mean of 3.9) based on the respondents agreement. The store branding gave customers tips they needed during their shopping process (mean of 4.7). The store branding did not provide customers with shopping planning (mean of 2.3)

Discussions on Store Brand Perceived Functional Risk

The study established that the retail store customers felt safe buying store brands (mean of 4.5) meaning that the brands had all the product information meeting all consumer safety requirements. Store brands performed better than the manufacturer brands (mean of 4.1) meaning that the retail store brands had become popular among the shoppers by meeting all the quality assurance (mean of 4.7) of which was exhibited by the brands staying longer after being purchased (mean of 4.1).

Discussion on Value consciousness

The retail store brands gave the customers value for their money (mean of 4.0) meaning that the customers exactly received the product value worth their money at a competitive price provided by the stores (mean of 3.9). The store brands sold more than unbranded products (mean of 4.1) indicating that branding added sales value to the products leading to high re-stock lead time (mean of 4.6).

Discussion on Reinforcement for Smart Shopping

The customers who bought the store brands were well educated (mean of 4.8) indicating that they had all the information to make informed decision while buying the brands. Customers who purchased store brands were experienced

shoppers (mean of 4.2) indicating that they were able to use their shopping experience which lead them towards choosing the store brands. The study established that although the customers were well educated and experience, they were not particular on their purchases (mean of 2.0) and also they did not have high purchasing power (mean of 1.7) indicating that store brands did not attract customers who were particular and with high purchasing power.

4.2 DESCRIPTIVE STATISTICS ON SALES PERFORMANCE

Table 2: Sales Performance

Variable	No.	Mean	Standard Deviation
Sales of store brands have increased	60	4.9	0.98
Customers book for the brands in advance	60	4.1	0.9
We receive many calls related to the brands	60	4.5	0.96
Customers talk positively of the brands	60	3.9	0.87
The brands are common in homes, institutions	60	4.2	0.91
Customers line up in the store for the brands	60	2.1	1.09
We only give a limited number of the brands to customers	60	1.8	1.1

The specific questions concerning sales performance were scaled using Likert Scale (1=SD-Strongly Disagree, 2=D-Disagree, 3=NS-Not Sure, 4=A-Agree and 5=SA-Strongly Agree) in measuring respondents level of agreement on each item of the questionnaire.

The study established that sales of the store brands had increased compared to items which were not branded indicated by respondents mean of (4.9) which according to Likert Scale represented strongly agree. The respondents agreed on the following aspects of sales performance; customers booked for the store brands in advance (mean of 4.1), the retail stores received many calls concerning the store brands (mean of 4.5), customers talked positively of the store brands (mean of 3.9) and that the brands were common in homes, institutions and other places (mean of 4.2). the respondents disagreed on the following aspects of sales performance; that the customers lined up in the store for the brands due to high demand (mean of 2.1) and that the store sold limited number of the products due to the high demand (mean of 1.8).

Discussion on Sales Performance

The results from the study clearly indicated that store branding by the retail stores in Nakuru Town improved the specific store brands evidence by; customers booked for the store brands in advance, the retail stores received many calls concerning the store brands, customers talked positively of the store brands and that the brands were common in homes, institutions and other places. This finding therefore indicated that store branding played a leading role in busting sales performance of the brands and therefore was a strategy that the retail stores adopted in enhancing the specific brand sales.

4.3 RELATIONSHIP BETWEEN RETAIL STORE BRANDS AND SALES PERFORMANCE

We sought to establish whether there was statistical relationship between the retail brands and sales performance. We used Pearson Correlation to establish the relationship between the independent variables and dependent variables. In order to establish the independent variables that affected the sales performance most, Regression Analysis was used.

4.4 INFERENCE STATISTICS

Table 3: Pearson Correlation between Store Brands variables and Sales Performance

		MM	PFR	VC	RSS	SP
MM	Pearson Correlation	1	.522**	.505**	.634**	.675**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000
	N	255	255	255	255	255
PFR	Pearson Correlation	.522**	1	.516**	.403**	.328**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000	.0620
	N	255	255	255	255	255
VC	Pearson Correlation	.505**	.516**	1	.639**	.281**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.000	.076
	N	255	255	255	255	255
RSS	Pearson Correlation	.634**	.403**	.639**	1	.769**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000		.000
	N	255	255	255	255	255
SP	Pearson Correlation	.675**	.328**	.483**	.769**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	
	N	255	255	255	255	255

HO₁ There is no statistical evidence that perceived function risks of retail store brands affected sales performance.

The analysis to test HO₁ was conducted using Pearson's Correlation. The results are shown in Table 3. The study established a strong positive correlation ($r=0.675$) and significant relationship ($P=0.000\leq 0.05$) between market mavens and sales performance indicating that market mavens significantly affected store brands sales performance. Hence, the HO₁ was rejected. When the retail stores recognize and enhance store brands, there will be a positive improvement in the brands sales performance.

HO₂ There is no statistical evidence that market mavens brought about by retail store brands affected sales performance.

The study used Pearson's correlation to test HO₂. As shown in Table 3, the study established a weak positive correlation ($r=0.328$) and significant relationship ($P=0.062>0.05$) between perceived functional risks and sales performance indicating that perceived functional risk did not affect sales performance among the retail stores in Nakuru. The hypothesis (HO₂) was, therefore accepted.

HO₃ There is no statistical evidence that customers' value consciousness of the retail store brands affected sales performance.

The analysis to test HO₃ was conducted using Pearson's Correlation. The results are as shown in Table 3. The study established a weak correlation ($r=0.281$) and a significant relationship ($P=0.076>0.05$) between customers' value consciousness and sales performance indicating that value consciousness did not affect sales performance of the store brands. The null hypothesis (HO₃) was accepted.

HO₄ There is no statistical evidence that customers' reinforced smart shopping of the retail store brands affected sales performance.

Pearson's correlation was used in the analysis to test HO₄. The study established a strong positive correlation ($r=0.769$) and a significant relationship ($P=0.000\leq 0.05$) between customers' reinforced smart shopping by store brands and sales performance. The HO₄ was, therefore, rejected. When the retail stores promote store brands it will lead to reinforced smart shopping leading to high sales performance.

HO₅ There is no significant relationship between the combined effect of market mavens, perceived functional risk, value consciousness and reinforced smart shopping on store brand sales performance.

Table 4: Model Summary

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
0.81	0.69	0.68	0.33

The R^2 value indicates how much of the dependent variable, "sales performance", was explained by the independent variables, "market mavens, perceived functional risks, value consciousness and reinforcement of smart shopping". In this case, the R Squared is 0.69 indicating that 69% of the variation in sales performance is explained by the independent variable. The difference, that is, 33% of the variation in sales performance is explained by factors that are not included in this study.

Table 5: Full Regression Model

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	T	Sig (p).
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.29	0.15		8.71	0.00
	MM	0.31	0.04	0.36	6.88	0.00
	PFR.	-0.05	0.03	-0.08	-1.70	0.09
	VC	-0.04	0.05	-0.04	-0.76	0.45
	RSS	0.48	0.04	0.60	10.97	0.00

As indicated in Table 5, from the unstandardized coefficients, the following equation was developed:

$$y = 1.29 + 0.31x_1 - 0.05x_2 - 0.04x_3 + 0.48x_4 + \epsilon$$

From the full regression model, the standardized coefficients indicated that market mavens and reinforced smart shopping have a positive effect on store brands sales performance whereas perceived functional risk and value consciousness have a negative influence on store brands sales performance. Further, the results indicate that reinforced smart shopping has a greater effect on store brands sales performance (Beta=0.60) followed by market mavens (Beta=0.36), perceived functional risk (Beta=-0.08) and value consciousness (Beta=-0.04).

In conclusion, therefore, the hypothesis H_{05} ; there is no significant relationship between the combined effect of market mavens, perceived functional risk, value consciousness and reinforced smart shopping on store brand sales performance is rejected. This is because market mavens and reinforced smart shopping have a positive effect on store brand sales performance.

5 CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

The main aim of this study was to find out the effect of store branding on the brands sales performance of consumer goods in retail stores in Nakuru Town, Kenya. The key independent variables analyzed in this study were; market mavens of the brands, customers' perceived functional risk of the brands, customers' value consciousness of the brands and the brands reinforced smart shopping to the customers. We statistically verified whether these variables had effect on the brands sales performance. The study statistically established that market mavens and the brands reinforced smart shopping to the customers had positive effect on the brands sales performance.

The study therefore recommends that;

- 1) The retail stores should adopt store branding of consumer products as a strategy to promote these branded products as a multiplying effect that would make them is fast moving a goods which in turn increases the sales performance not only of the brands but also the overall sales performance.
- 2) The retail stores should put more investment on the key findings of this study to make store branding of consumer goods part of their operations. The stores therefore should pay more attention to market mavens and also use the brands as a means of reinforcing smart shopping among their customers.
- 3) The stores should operationalize the concept of store brands by making it a department with full budget, human resources and merchandizing so that it may be a fully evolving branding concept in the knowledge body of marketing.

REFERENCES

- [1] Amrouche, N., Zaccour, G., (2007). Shelf-space allocation of national and private brands. *European Journal of Operational Research* 180 (2), 643–667.
- [2] Anselmsson, J., Johansson, U., (2007). Corporate social responsibility and the positioning of grocery brands: an exploratory study of retailer and manufacturer brands at point of purchase. *International Journal of Retail and Distribution Management* 35 (10), 835–856.
- [3] Apelbaume., Gerstner E., NAIK P.A., (2003). "The effects of expert quality evaluations versus brand name on price premiums", *Journal of Product & Brand Management*, Vol. 12 Iss: 3
- [4] Bergami, M., Bagozzi, R.P., (2000). Self-categorization, affective commitment and group self-esteem as distinct aspects of social identity in the organization. *British Journal of Social Psychology* 39 (4), 555-577.
- [5] Beristain, J., Zorrilla, P., (2011). The relationship between store image and store brand equity: a conceptual framework and evidence from hypermarkets. *Journal of Retailing and Consumer Services* 18 (6), 562-574.
- [6] Carmignano G., (1993). "La marca commerciale", Etaslibri, Milano
- [7] Castaldo S., (1994). *Le relazioni distributive. La dimensione collaborativa nei rapporti IndustriaDistribuzione*, Egea, Milano.
- [8] Ceccacci F., (2009). *Il comportamento del consumatore e l'acquisto dei prodotti a marca commerciale: una ricerca empirica*", Atti del Congresso Marketing Trends
- [9] Chimundu, Ranga; McNeill, Lisa S. and Hamlin, Robert P. (2015). Manufacturer and retailer brands: Is strategic coexistence the norm? *Australasian Marketing Journal* 23 (2015) 49–60
- [10] Corstjens M., Lal R., (2000). Building store loyalty through store brands, *Journal of Marketing Research*, vol. 37, iss. 3.
- [11] Cristini G., (1994)"Il posizionamento della marca commerciale nella Gdo italiana", *Trade marketing*, (11), , pp. 47-81
- [12] De Wulf K., Odekerken-Schroder G., Goedertier F., Van Ossel G., (2005) "Consumer perceptions of store brands versus national brands", *Journal of Consumer Marketing*, Vol. 22 Iss: 4.
- [13] Dunned., Narasimhan S., (1999). "The new appeal of private labels", *Harvard Business Review*, vol. 77, n 3.
- [14] Feick, L.F., Price, L.L., (1987). The market maven: a diffuser of marketplace information. *Journal of Marketing* 51 (1), 83-97.
- [15] Fiocca R., Sebastiani R., (2010). "Politiche di Marketing", McGraw-Hill, Milano
- [16] Gabrielsen T.S., Sorgard L., (2007). Private label, price rivalry and public policy, *European Economic Review*, vol. 51.
- [17] González-Benito, O., Martos-Partal, M., (2012). Role of retailer positioning and product category on the relationship between store brand consumption and store loyalty. *Journal of Retailing* 88 (2), 236-249.
- [18] Kara, A., Rojas-Méndez, J.I., Kucukemiroglu, O., Harcar, T., (2009). Consumer preferences of store brands: role of prior experiences and value consciousness. *Journal of Targeting, Measurement and Analysis for Marketing* 17 (2), 127-137.
- [19] Kotler P., (2003). "Principi di marketing", Isedi, Torino.
- [20] Kuenzel, S., Halliday, S.V., 2008. Investigating antecedents and consequences of brand identification. *Journal of Product and Brand Management* 17 (5), 293-304.
- [21] Lam, S.K., Ahearne, M., Mullins, R., Hayati, B., Schillewaert, N., (2013). Exploring the dynamics of antecedents to consumer-brand identification with a new brand. *Journal of the Academy of Marketing Science* 41 (2), 234–252.
- [22] Lugli G., (1993). *Economia e politiche di marketing delle imprese commerciali*, Utet, Torino.
- [23] Martínez, E., Montaner, T., (2008). Characterisation of Spanish store brand consumers. *International Journal of Retail & Distribution Management* 36 (6), 477-493.
- [24] Mitchell, V.W., McGoldrick, P.J., 1996. Consumer's risk-reduction strategies: a review and synthesis. *International Review of Retail, Distribution and Consumer Research* 6 (1), 1-33.
- [25] Morchett D., Swoboda B., Schramm-Klein H., (2006). Competitive strategies in retailing—an investigation of the applicability of Porter's framework for food retailers, *Journal of Retailing and Consumer Services*, vol. 13.
- [26] Pauwels K., Srinivasan S., (2004). Who benefits from store brand entry?, in *Marketing Science*, vol. 23, n 3.
- [27] Quelch J.A., Harding D., (2004). Brands versus store brands: fighting to win, *Harvard Business review*,
- [28] Rubio, N., Oubina, ~ J., Villasenor, ~ N., (2014). Brand awareness -brand quality inference and consumer's risk perception in store brands of food products. *Food Quality and Preference* 32, 289-298.
- [29] Schiffman, L.G., Kanuk, L.L., (2006). *Consumer Behavior*, 8th ed. Prentice Hall International, Englewood Cliffs, NJ
- [30] Sprott D.E., Shimp T.A., (2004). "Using product sampling to augment the perceived quality of store brands", *Journal of Retailing*, vol. 80, iss: 4.
- [31] Sudhir K., Talukdar D., (2004). "Does Store Brand patronage improve store patronage?", *Review of Industrial Organization*, n 24.
- [32] Yang, Defeng (2011). The Strategic Management of Store Brand Perceived Quality. *Physics Procedia* 24 (2012) 1114 – 1119

- [33] Zeithaml, V.A., (1988). Consumer perceptions of price, quality, and value: a means-end model and synthesis of evidence. *Journal of Marketing* 52 (3), 2-22.

