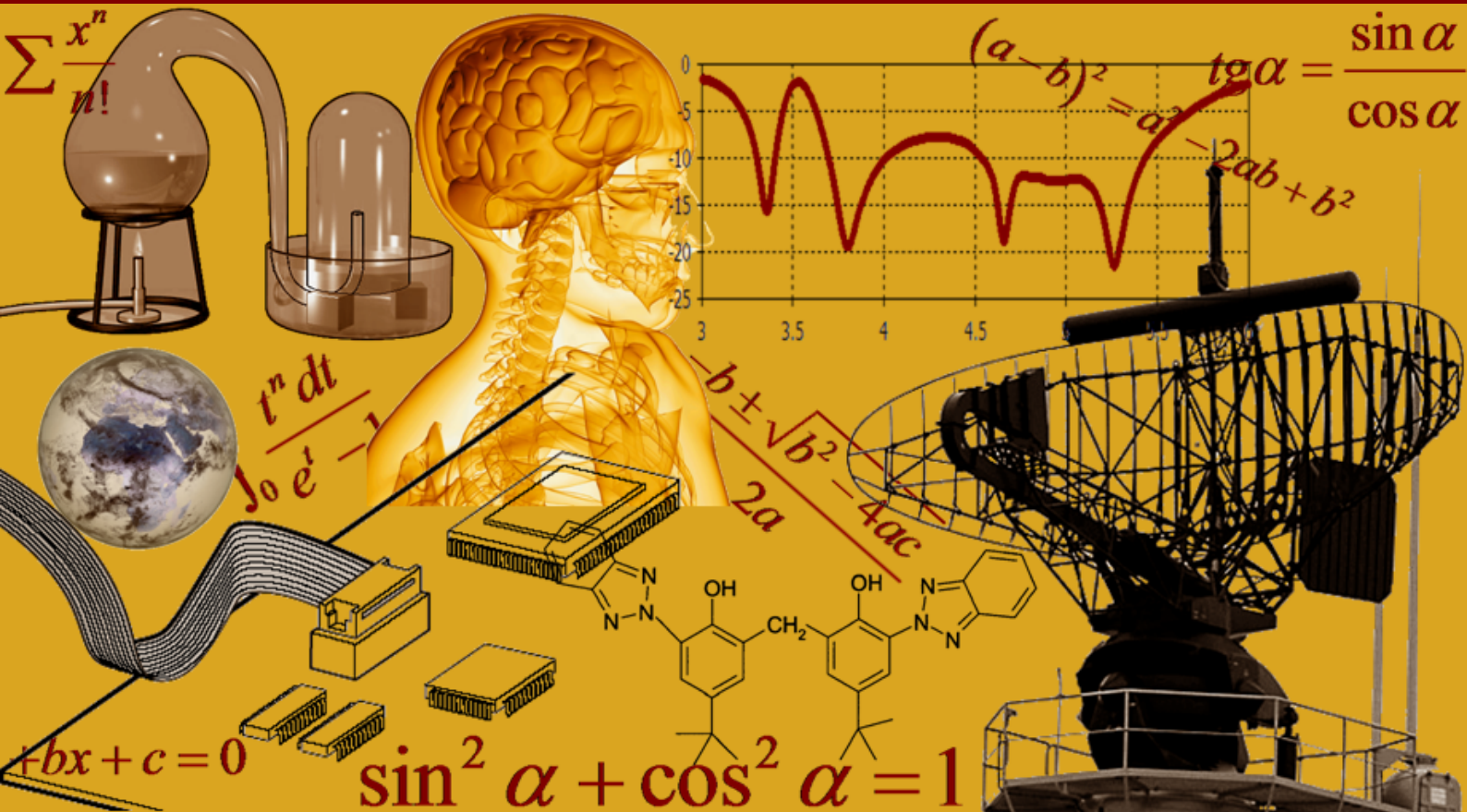


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

Vol. 20 N. 1 January 2016



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Scientific Research

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

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

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

Table of Contents

The effect of fund size on equity mutual fund performance in Pakistan	1-18
THE EFFECT OF AQUEOUS ROOT EXTRACT OF MANNIPHYTON FULVUM (MF) ON SERUM GLUCOSE CONCENTRATION AND MALONDIALDEHYDE (MDA) IN WISTAR ALBINO RATS TREATED WITH BONNY LIGHT CRUDE OIL (BLCO)	19-24
An accurate method to Study the Rayleigh-Bénard Problem in a Rotating Layer Saturated by a Newtonian Nanofluid	25-37
DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE DANS LE BASSIN VERSANT DE LA RIVIERE WESHA, VILLE DE BUKAVU	38-58
Non-Syndromic Supplemental Tooth: A Case Series	59-62
Inventaire d'émissions environnementales organisées par les médias de Bukavu, Sud-Kivu, RD Congo	63-70
Volumineux lipome du colon mimant une tumeur colique	71-75
CONTRIBUTION A LA CONNAISSANCE DES TIQUES QUI INFECTENT LES BOVINS AU NORD-KIVU, REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO	76-82
État des lieux du système national de l'innovation technologique au Maroc	83-89
Etude comparative du coût de crédit entre la finance islamique et la finance conventionnelle dans le contexte marocain	90-102
Income and expenditure strictures in rural area of Katanga: case study of Mimbulu and Kamarenge in territory of Kipushi	103-110
URBANISM, SOLID WASTE AND URBAN METAMORPHOSIS IN AFRICA	111-116
DETERMINATION OF LITHOLOGY AND GROUNDWATER QUALITY IN AWE, OYO STATE, NIGERIA, USING RESISTIVITY METHOD	117-128
CARACTERISATION ANATOMIQUE ET CHIMIQUE DU RONIER (BORASSUS AETHIOPUM MART., ARECACEAE) DU TCHAD / AFRIQUE CENTRALE	129-137
Représentation des élèves de l'école secondaire de Bukavu face à l'apprentissage des plantes médicinales courantes en milieu scolaire	138-152
Cancer épithélial de l'ovaire au Maroc : Analyse épidémiologie sur une série de 182 cas au CHU Ibn Rochd de Casablanca, Maroc	153-162
Inventaire des plantes sauvages alimentaires dans les groupements d'Irhambi-Katana, Bugorhe et Miti, Sud-Kivu, RD Congo	163-170
Seroprevalence of markers and Risk factors of Hepatitis B Virus among blood donors in Brazzaville, Congo	171-179
ETAT PHYTOSANITAIRE DU MANIOC (Manihot esculenta crantz) EN MILIEU RURAL DU SUD-KIVU, COTE OCCIDENTALE DU LAC-KIVU, REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO	180-187
L'étude de l'effet insecticide de l'huile essentielle de Syzygium aromaticum L. contre les larves de Tuta absoluta	188-194
Challenges & Innovations in Technology of Fertilizer Industry: NOx Abatement Techniques	195-200
Vers une bonne gestion des déchets plastiques et d'autres déchets ménagers dans la commune d'Ibanda, ville de Bukavu en RDC	201-209
LA DUALITE COMME NOTION "FUGS" EN SCIENCES MATHEMATIQUES	210-232
Access Control Model for Data Stored on Cloud Computing	233-241
IDENTIFICATION DES FACTEURS PHYSIOLOGIQUES CONTROLANT LE POLYPENISME PHASAIRE CHEZ LE CRIQUET MIGRATEUR	242-252

The effect of fund size on equity mutual fund performance in Pakistan

Huma Ansari and Faiza Maqbool Shah

Business Administration,
P.O.Box:74600, Jinnah University for Women,
Karachi, Sindh, 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 current study has been commenced to interrogate the link between fund size and equity mutual fund performance in Pakistan, which was rarely discussed in Pakistan. Although, numerous different studies depict the performance of equity mutual funds in Pakistan, which helps the investor in making better investment decisions, but still this area of research is somewhat untapped and a room for the improvement still available. The study focuses to find out the relationship between fund size and mutual fund by taking 12 equity mutual funds of Pakistan as a sample size and further characterized them according to their holding assets (Small size, Medium size and Large size) and collected the net asset value of the last trading/transaction day of each quarter for the tenure of 5 years (2010-2014). The techniques used for the evaluation is regression and correlation. The results of the study demonstrate by using the statistics of 12 equity mutual fund company's average net asset value and standard deviation for 5 years (2010-2014) and the utilization of limited duration and limited variables as a performance measure predicts the limitation of the basic study and reported that the fund sizes (small size, medium size and large size) directly and positively impact over the performance of equity mutual funds in Pakistan.

KEYWORDS: Net Asset Value, Standard Deviation, Equity mutual fund, Small, Medium, and large size funds.

1 BACKGROUND

Joint/Mutual funds can be well-defined as an investment arrangement which pleases for a pool of funds from a bulky quantity of individuals for the major purpose of sharing that group in securities for earnings and profits. These securities primarily contain bonds, stocks, money market tools and similar assets. One of the key benefits of mutual funds above any other deal to a small shareholder is that they provide small stockholder access to skillfully succeed, bonds, spread portfolios of equities and other securities, which is relatively difficult for a small stakeholder to generate with a small volume of investment he/she owes. The additional key benefit is the quantity of yield is typically greater and less chancy than single investment. (Rida Ali and Rana Abdul Qudous, 2012)

A growing amount of mutual funds in the advanced financial markets specifies shareholder's partiality for this style of investment (Huhmann, 2005). This was recognized in the light of the speedy globalization of the financial markets and extraordinary development in the a well-built securities market and market capitalization and an operative supervisory setting are consequently perceived as the pillar of development in the mutual fund business (Mahreen Mahmudand, Nawazish Mirza, 2011).

The importance of mutual funds cannot be denied on the ground of banking and finance in today's world. While mutual funds have been used constantly by progressive countries so far, it is fairly fresh zone in the growing countries containing Pakistan. Because of this it has not been fitted studied in Pakistan up till now and only limited studies have involved mutual funds as their study area (Shah & Hijazi, 2005; Sipra, 2006; Afza & Rauf, 2009).

(Talat Afza, and Ali Rauf, 2009) studied that mutual Funds were announced in Pakistan in 1962, with the community offering of NIT (National Investment Trust). Currently, a merely open-ended mutual reserve/fund functioning in the public

sector is NIT (National Investment Trust). The growth of the Investment Corporation of Pakistan (ICP) in 1966 presented a chain of close-ended mutual funds which was later separated into two bags in June 2000 and was then privatized.

(Nopphon Tangjitprom, 2014) found various studies debating about numerous aspects having an influence on fund performance. Between those aspects, the factor about portfolio extent has been intensively argued. If fund scope is too great due to the huge size of fund movement, fund managers could not be capable to handle fund properly. Fund managers might cope with big size by scaling up the present fund allocation instead of diversifying into fresh assets (Pollet and Wilson, 2008).

(Joseph Chen, Harrison Hong, Ming Huang and Jeffry D. Kubik 2002) evaluated that the influence of the fund scope over performance is clearly a vital query for the mutual fund business and its shareholder; it has received slight research attention to date. Indeed, there appear to be dissimilar opinions between practitioners on this matter. Certain point out that there are benefits to fund size such as extra resources for research and lesser expenditure ratios (see, e.g., Fredman and Wiles (1998). Others trust that a great asset base erodes fund performance because of trading expenses related to liquidity (see, e.g., Lowenstein (1997). A small fund can simply place all of its money in its finest ideas, but a deficiency of liquidity forces a big fund to have to participate in its not-so worthy ideas. Large funds might also have to take greater positions each stock than is best, which creates it additional tough for them to get in and out of stocks than minor funds.

1.1 PROBLEM STATEMENT

Mutual funds have been used constantly by progressive countries so far, it is fairly fresh zone in the growing countries containing Pakistan. Because of this it has not been fitted studied in Pakistan up till now and only limited studies have involved mutual funds as their study area with a brief discussion of the fund size effect over mutual fund performance. The focus of the study will be relying over finding out the answer about: "What is the impact of fund size on the performance equity/growth Mutual/Joint Funds in Pakistan?"

1.2 RESEARCH QUESTION

The study generates the answers of the following queries:

- How the small fund will affect the performance of equity mutual fund?
- To what extent, equity mutual fund will be affected by the medium sized funds?
- How large funds will impact over the equity mutual fund performance?

1.3 OBJECTIVE OF THE STUDY

The motive of the study is to recognize the connection of equity mutual fund performance in relation with small, medium and large fund sizes in Pakistan. This area is still untouched and still has a significant room to study and examine to which extent does fund sizes impact over equity/growth mutual fund performance in Pakistan.

1.4 SIGNIFICANCE OF THE STUDY

In Pakistan, few researched have been catered in terms of fund size impact over the equity mutual fund performance and most of them discussed the performance of equity mutual funds by using a collection of factors in which fund size was one of them and that is why most of the portfolio investors are unaware of positive and negative results of fund sizes. So, it is an opportunity to present a little more detail examination over the fund sizes in order to provide guidance and assistance to the investors and portfolio managers.

1.5 LIMITATION

- The study is confined to the annual report of the listed equity mutual fund companies of Pakistan.
- Due to the shortage of time, the research only utilized secondary data and conducted within a workplace atmosphere that regulated the researcher to reflect more variables.

2 LITERATURE REVIEW

The connection between fund size and the performance of equity mutual funds have evaluated by the international and domestic researcher and these studies are briefly discussed as below:

Nopphon Tangjitprom (2014) highlight the result of the Mutual trust magnitude on its presentation depending on lively equity mutual reserves in Thailand, in the sense of economies of scale, it is likely that reserves with big capacity have benefits in terms of deal costs should be fairly lesser in relation to the average. If fund scope is too excessive due to the huge capacity of fund movement, fund supervisors may not be capable to cope fund successfully, they may cope with big size by scaling up the present fund distribution instead of spreading into fresh assets (Pollet and Wilson, 2008), also show that there is a noteworthy connection between fund scope and its performance. Though, this connection is not direct but quadratic. Lesser fund performance is better as fund scope develops bigger due to economies of scale. However, when it becomes greater, it can decline fund performance because of diseconomies of scale, it tends to perform healthier only for a definite series of full net asset. Nopphon Tangjitprom (2014) study may help in the upcoming study and investigation over fund scope and its influence on the performance of equity mutual funds in Thailand.

Rao, D.N and Rao, S.B (2009) discussed the difficulty faced by the stockholders of equity mutual reserves, which is either to decide that there is any connection among fund size and performance of mutual reserve and there is minor research about this issue in India, that is why the study empirically studies the connection between fund size and mutual fund performance of equity mutual reserves. Correlation coefficient and covariance of fund size and the four dimensions of performance based on Return, Risk, Risk/Return and sharpe ratio was computed for testing the connection which shows all the four measurements of performance in negative terms and marks it vibrant that the correlation coefficient of fund volume/size and performance factors are not significant and covariance shows that other three measurements of performance (Return, Risk/Return and sharpe ratio) travels side by side in the similar track, it show that the fund supervisor of average and huge size equity reserves are incapable to beat the stock market and also did not get the benefit of moderately great amount of funds at their clearance.

Jonathan Reuter and Eric Zitzewitz (2013) checks the crucial rules of the Berk and Green's (2004) influential model, advance-skilled fund supervisors handle additional assets, but due to the diseconomies of scale, produce the similar predictable earnings as less-skilled supervisors. Jonathan Reuter and Eric Zitzewitz (2013) used regression discontinuity method in the study to experiment the Berk and Green (2004) model crucial rules, which includes the sample as the complete series of Morningstar groups (large-cap equity, corporate bond reserves, sector reserves etc.) and periodic monthly records among December 1996 to August 2009, it shows that the scale of diseconomies in the mutual reserve business, are too minor to transposal old-style opinions about manger abilities and investor cleverness, they need not moderate curiosity in Berk-Green model.

Earlier revenues do not appropriately forecast future earnings and investment purposes occasionally impact investment decisions of shareholders and there are several further aspects that affect the Balanced mutual reserves performance like fund size, nature of ownership of AMC's and investment technique of the fund manager (Ms. Sarika Keswani, 2011). The study covers 21 balanced mutual reserve systems for the duration of three years (April 1st, 2007 to March 31st, 2010) and Fund momentum and Correlation coefficient techniques used in this study, which displays that there is no influence of fund scope or size on the performance of Micro, Large, Medium and Small size Balanced mutual funds in the perspective of Return, Risk and return per risk.

Roger M. Edelen, Gregory B. Kadlec and Richard Evans, (2007) flexibly conversed the hypothesis that the scale of diseconomies associated to exchange or trading costs hinder fund performance. They influenced by the discussion of Berk and Green (2004), which announces that the investment arrival of great performing mutual reserves removes yield persistence since fund supervisors face diminishing yields to scale. Roger M. Edelen, Gregory B. Kadlec and Richard Evans, (2007) study based on the model of 1706 U.S. growth funds for the duration 1995-2005 and yearly exchange or trading cost of every fund have been computed and this study backing the Brek and Green (2004) study and displays the exchange or the trading cost harmfully influence fund performance.

Sheng-Ching Wu (2014) scrutinizes the collaboration among mutual fund/reserve performance and portfolio revenue and studies that lively trading could influence fund performance, but disappointing funds could be also traded lively at the similar time to accomplish well and for this purpose two-sage least cubes to report with simultaneity, by taking the open ended growth funds as a sample of 170 of Taiwan for he interval of 2003 – 2012. The results highlight the inferior performance of the funds containing greater portfolio revenue/turnover comparing with those funds taking lower revenue/turnover and the findings backing the supposition that lively trading decreases performance, and fund supervisors with reduced performance go to trade lively to hold employment.

Antonella Basso and Stefania Funari (2014) researches the character of the size/volume of mutual funds/reserve in the assessment of the fund/reserve performance by taking the data envelopment analysis (DEA) approach into account, with the focus of learning the subject from diverse viewpoints and with various statistical techniques and in order to apply analysis over the existence of economies or the diseconomies of scale in the mutual reserve/funds market. The Study contains

European equity mutual reserves/funds as the sample of 260 verified it for the confirmation of a linear/direct connection among DAE performance and the fund volume/size through the presence of a rank correlation, correlation coefficient and relate the DAE in the capabilities of large and small mutual reserves/funds. After analysis, it shows that there is no direct/linear linking between size/volume and performance, but the large fund tends, on average, to exhibit a slightly higher performance score than the smaller ones, thus indicating the presence of scale economies.

Jeffrey A. Busse, Tarun Chordia, Lei Jiang and Yuehua Tang (2014) scrutinizes regarding the greater mutual funds/reserves tends to underachieve in their smaller equivalents because of their properties and not because of higher transaction/trading costs and for this purpose, they construct two groups of sample, first one based on Holding data of Thomson Reuters Mutual Funds for the duration from January, 1980 – September, 2012 and the second-one generated from Abel Noser-Thomson Reuters institutional trading date and check them by applying CAPM, Fama French, Regression and three factor model. Analysis depicts that greater fund experience lesser percentage trading/transaction expenses than lesser ones. Moreover, small volume/size funds contain small market capitalization shares and to a lesser degree as compare to the shares with great book-to-market ratios and higher momentum.

Edwin J. Elton, Martin J. Gruber and T. Clifton Green (2004) shows that the volume/size and causes of bigger fund income and correlations in their reserve/fund clans by consuming all funds clans obtainable in January 1998 and also used Investment Company Data Inc. (ICDI) to classify funds/reserves into 11 categories. By using Regression, correlation and Sharpe ratio, their analysis shows that investors who assured their investments to one fund clan hold chancier portfolios as compare to those who diversify across clans because mutual reserve/fund returns are more strongly correlated within fund clans and fund clans show a tendency to emphasis on great risk or small risk approaches, which clues to a better spreading of risk across limited investors.

Rida Ali and Rana Abdul Qudous (2012) investigated to answer the questions which inform about the charges of return in relative to the mutual reserves/funds and the capability of reserve/fund managers in reducing the risks involved. For this reason, they took 15 mutual reserves/funds from 2005-2009 and used Treynor and Sharpe technique. The Conclusion was statistically inspected by taking the standard deviation means which shows the performance of mutual reserves/funds is below as expected in Pakistan and the reason is that in Pakistan there is not a sole company that knocks the market, which increases interrogation about the influence of the portfolio supervisor in terms of market timing and their influence to spread their portfolios.

Mian Sajid Nazir and Muhammad Musarat Nawaz (2010) conversed the chief part of Mutual Reserve/Fund business in the emerging countries like Pakistan by suitably consuming the sluggish resource and they support their research through collecting the statistics of 13 clan equity/growth mutual reserves/funds from 2005-2009 and also utilized fixed/permanent effect and random/arbitrary effect models for the approximation which shows clan proportion, expenditure ratio and asset turnover are confidently and positively heading to the evolution of mutual reserves/funds, in relative with risk adjusted revenues/returns and management charge are negatively related with mutual reserves/funds growth.

Tom Johansson and Mattias Jacobsson (2012) studied the connection among mutual reserve/fund size, performance, management charges, reserve/fund size and persistence in performance by taking Swedish's 91 mutual reserves/funds through six year term (2006-2011) and outcomes created on significance trials and regression which displays that there is no substantial and significant connection/relationship among reserve/fund size and fund/reserve performance and also display that there is no perseverance in performance for any of the volume/size-based reserve/fund collections. Also, it highlights that mutual reserves/funds with a greater asset initiated agrees to have lesser management charges than minor funds.

3 METHODOLOGY

The Equity mutual funds in Pakistan is not a large and well-matured in terms of number of companies, but the investment and asset they are managing is in the billions. This is a basic study and for this study the convenience sampling were selected. The total number of equity funds in Pakistan is 21 and the sample were taken on the basis of asset volume and size of the fund in terms of small, medium and large, the size covering from Rs.100 million to Rs.73 billion. The sample picked up for the study is 12 Equity Mutual funds (4 - Small sized, 4 - Medium sized and 4 – Large sized).

3.1 STATISTICAL TECHNIQUE

Net Asset Values of the selected Equity Mutual Funds were collected on the first transaction day of each quarter of the 5-year for calculating the Correlation coefficient and Covariance of the funds during January 2010 to December 2014.

3.2 HYPOTHESIS

- 1- H_1 or H_a = There is a relationship between fund size and performance of Equity mutual funds in Pakistan.
 H_0 = There is no relationship between fund size and performance of Equity mutual funds in Pakistan.
- 2- H_2 or H_b = There is a relationship between fund size and performance of small sized Equity mutual funds in Pakistan.
 H_0 = There is no relationship between fund size and performance of small sized Equity mutual funds in Pakistan.
- 3- H_3 or H_c = There is a relationship between fund size and performance of medium sized Equity mutual funds in Pakistan.
 H_0 = There is no relationship between fund size and performance of medium sized Equity mutual funds in Pakistan.
- 4- H_4 or H_d = There is a relationship between fund size and performance of large sized Equity mutual funds in Pakistan.
 H_0 = There is no relationship between fund size and performance of large sized Equity mutual funds in Pakistan.

3.3 MATERIAL AND DATA

Data collected from the secondary sources for achieving the quantitative study setting with the combination of causal relationship analysis between fund size with equity mutual fund performance and making it an explanatory research as well with the help of deductive approach and based on the longitudinal setting with the time horizon of 5 years (January 2010 to December 2014).

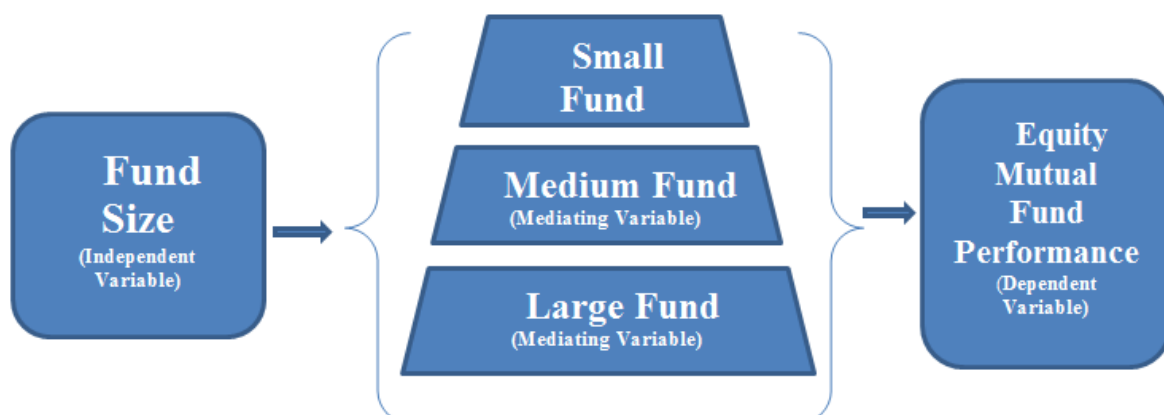
3.4 DATA COLLECTION TECHNIQUE

Facts and Figures of 12 sampled Equity Mutual Fund were collected from the Financial Statement of these companies and also uses the daily Asset Management Summary from the official website of Mutual Funds Association of Pakistan (MUFAP). All of the data were collected from January 2010 - December 2014 for the 12 sampled Equity mutual fund companies of Pakistan.

4 DATA SOURCE

The data based on Quarterly figure of net asset value of each fund was collected from their respective websites for the duration January 2010 - December 2014. The study collects the data from Mutual fund association Pakistan (MUFAP) and from the web pages of Asset Management Companies (AMCs), Karachi Stock Exchange, Financial Markets Association of Pakistan (FMA). Previous researchers and their literature played a vital part in the construction of the study.

THEORETICAL FRAMEWORK



5 DATA ANALYSIS:

The Average Annual Net asset value and the annual Standard Deviation of the 12 sampled equity mutual fund was computed by taking the net asset value of the reserves on the last business day of every quarter for continuous five year period (January, 2010 to December, 2014) and the overall assets which are existing under the 12 sampled equity mutual fund is average Rs.81 billion. These figures are given below:

Companies	Year	Net Asset Value (Rupees is '000)	Standard Deviation
Atlas Stock Market Fund	2010	651188.5	99990.8
	2011	636068.3	45779.99
	2012	800274.5	125695.6
	2013	1025041	111880
	2014	1240728	225388.4
Alfalah GHP Stock Fund	2010	399474.3	93330.71
	2011	273570.3	35787.53
	2012	247736.8	33051.76
	2013	365589.5	101851.3
	2014	704079	329589.6
JS Large Capital Fund	2010	2115142	262062.5
	2011	1412066	196628.5
	2012	1273186	65955.51
	2013	1268738	458989.2
	2014	831669.8	96090.76
United Stock Advantage Fund	2010	1109556	145480
	2011	1259610	59763.35
	2012	1546164	199964.1
	2013	1757467	335659.7
	2014	4277609	891752.3
Atlas Stock Market Fund	2010	651188.5	99990.8
	2011	636068.3	45779.99
	2012	800274.5	125695.6
	2013	1025041	111880
	2014	1240728	225388.4
Alfalah GHP Stock Fund	2010	399474.3	93330.71
	2011	273570.3	35787.53
	2012	247736.8	33051.76
	2013	365589.5	101851.3
	2014	704079	329589.6
JS Large Capital Fund	2010	2115142	262062.5
	2011	1412066	196628.5
	2012	1273186	65955.51
	2013	1268738	458989.2
	2014	831669.8	96090.76
United Stock Advantage Fund	2010	1109556	145480
	2011	1259610	59763.35
	2012	1546164	199964.1
	2013	1757467	335659.7
	2014	4277609	891752.3
National Investment Unit Trust	2010	32736157	3033155

	2011	37225326	2501593
	2012	40722807	559154.9
	2013	46760914	5757668
	2014	64427406	6039565
MCB Pakistan Stock Fund	2010	1825956	229099.6
	2011	1154137	184166.9
	2012	1010679	76417.17
	2013	1155523	78496.96
	2014	3329212	1400813
NAFA Stock Fund	2010	1030017	132672.7
	2011	911986.8	64043.47
	2012	1197045	160801.7
	2013	1114680	23349.32
	2014	2012473	595603.6
HBL Stock Fund	2010	1718260	133217.6
	2011	1968941	83975.14
	2012	2342074	198138.1
	2013	3247082	350863.7
	2014	4069731	142534.6

5.1 ANALYSIS OF FUND SIZE

• Fund Size and Performance of equity mutual fund: Hypothesis Testing

The following hypothesis testing was completed:

Null Hypothesis: There is no relationship between fund size and performance of mutual funds in Pakistan.

Alternate Hypothesis: There is a relationship between fund size and performance of mutual funds in Pakistan.

ANOVA (Table 5.1)

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	61873699650041.900	1	61873699650041.900	244.655	.000 ^b
1 Residual	14668324399626.695	58	252902144821.150		
Total	76542024049668.600	59			

a. Dependent Variable: Standard Deviation

b. Predictors: (Constant), Net Asset Value

At the level of Significance 5% (Alpha=0.05) and the significant value as per shown in the Anova and Coefficient model is less than the significance value as 0% (0.0), so they are all significant and falling in the area, therefore the Null Hypothesis is rejected and Alternate Hypothesis stands, Which means that the Fund size impact over the performance of Equity mutual Funds in Pakistan.

5.1.1 DESCRIPTIVES

Descriptive Statistics (Table 5.1.1)

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	Skewness	
	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Std. Error
Standard Deviation	60	23349	6039565	492911.92	1139000.633	4.028	.309
Net Asset Value	60	247737	64427406	4939172.02	12446196.533	3.471	.309
Valid N (listwise)	60						

The skewness statistic of the Net asset value and Standard deviation are 3.471 and 4.028 respectively, both are greater than zero, which means that they are showing positive and right skewed distribution, but the skewness statistic of both variables is greater than 1, which means that the skewness is significant and the distribution is distant from balanced, hence the Spearman method used to identify the correlation among variables.

5.1.2 NONPARAMETRIC CORRELATIONS

Correlations(Table 5.1.2)

			Standard Deviation	Net Asset Value
Spearman's rho	Standard Deviation	Correlation Coefficient	1.000	.735**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000
		N	60	60
	Net Asset Value	Correlation Coefficient	.735**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.000
		N	60	60

** . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

The Spearman correlation coefficient figure shown in the graph confirms the overall strong and positive correlation between the Net Asset Value and Standard Deviation variables by 0.735 (73.5%), also showing that fund sizes strongly impact over the performance of equity mutual fund in Pakistan.

5.1.3 REGRESSION

Variables Entered/Removed (Table 5.1.3)

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Net Asset Value ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: Standard Deviation

b. All requested variables entered.

Model Summary (Table 5.1.4)

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.899 ^a	.808	.805	502893.771

a. Predictors: (Constant), Net Asset Value

As it can be seen in the model summary, R coefficient correlation is showing a positive correlation between Net Asset Value (Fund Size) and Standard Deviation (Performance) and the degree of this relationship can be seen by analyzing the R Square = 0.808 (80.8%) which is showing that Net asset value of equity mutual funds greatly and highly predict the change in performance in terms of Standard Deviation of equity mutual funds by 80.8%.

Coefficients (Table 5.1.5)

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	86520.493	69929.143		1.237	.221
Net Asset Value	.082	.005	.899	15.641	.000

a. Dependent Variable: Standard Deviation

5.1.4 LINEAR REGRESSION EQUATION

Standard Deviation/performance = 86520.493+0.082 (Net Asset Value/Fund Size)

Each unit increment in Net Asset Value of equity funds increases the Performance of equity fund by 0.082. It is also predicted by referring regression equation, that the value of the intercept is 86520.493, it means that if the fund size is zero, the regression equation depicts the performance as 86520.493.

5.2 ANALYSIS OF SMALL SIZED FUNDS:

4 out of 12 sampled equity funds have fund size more than Rs.100 million but less than Rs.999 million and the overall reserve scope (assets) achieved by them is Rs.955 million and they constitute 1.16 % of the total reserve scope (assets) of sampled equity mutual funds. As mentioned in the section of methodology, these total reserves/fund volume have been characterized as Small/Minor Fund Sized and the average Net Asset Value and Standard Deviation of these sampled medium size funds are as below:

Companies	Year	Net Asset Value (Rupees is '000)	Standard Deviation
First Habib Stock Fund	2010	134914	5619.98
	2011	113513.8	8805.232
	2012	117180.8	5129.325
	2013	198611.8	35335.14
	2014	155365.5	19791.52
Alfalah GHP Alpha Fund	2010	170208.5	28633.13
	2011	125931.8	21596.93
	2012	121627.8	11830.68
	2013	116462.3	9347.442
	2014	338394.5	266625.9
First Capital Mutual Fund	2010	242555	11577.28
	2011	258019	7762.056
	2012	280293.5	5655.785
	2013	294647.5	28958.46
	2014	300844	12617.55
Crosby Dragon Fund	2010	241160.3	42845.18
	2011	162573.5	23819.86
	2012	171306.3	43307.06
	2013	160623.3	12815.05
	2014	161220.3	16085.42

- **Fund Size and Performance of small equity mutual fund: Hypothesis Testing**

The following hypothesis testing was completed:

Null Hypothesis: There is no relationship between fund size and performance of small sized mutual funds in Pakistan.

Alternate Hypothesis: There is a relationship between fund size and performance of small sized mutual funds in Pakistan.

ANOVA (Table 5.2.1)

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	15293624324.210	1	15293624324.210	5.997	.025 ^b
	Residual	45904736247.590	18	2550263124.866		
	Total	61198360571.800	19			

a. Dependent Variable: Standard Deviation

b. Predictors: (Constant), Net Asset Value

At the level of Significance 5% (Alpha=0.05) and the significant value as per shown in the Anova and Coefficient model is less than the significance value as 2.5% (0.025), so they are all significant and falling in the rejection region, hence we reject the Null Hypothesis and Alternate Hypothesis stands.

5.2.1 DESCRIPTIVES

Descriptive Statistics (Table 5.2.2)

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	Skewness	
	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Std. Error
Standard Deviation	20	5129	266626	30907.90	56753.558	4.154	.512
Net Asset Value	20	113514	338394	193272.70	71095.169	.660	.512
Valid N (listwise)	20						

The skewness statistic of the Net asset value and Standard deviation are 0.660 and 4.154 respectively, both are greater than zero, which means that they are showing positive and right skewed distribution, but the skewness statistic of standard deviation is 4.154 which is greater than 1, which means that the skewness is substantial and the distribution is far from symmetrical, hence the Spearman method used to identify the correlation among variables.

5.2.2 NONPARAMETRIC CORRELATIONS

Correlations (Table 5.2.3)

			Standard Deviation	Net Asset Value
Spearman's rho	Standard Deviation	Correlation Coefficient	1.000	.409
		Sig. (2-tailed)	.	.073
		N	20	20
	Net Asset Value	Correlation Coefficient	.409	1.000
		Sig. (2-tailed)	.073	.
		N	20	20

The Spearman correlation coefficient figure shown in the graph confirms the moderate but positive correlation between the Net Asset Value and Standard Deviation variables by 0.409 (40.9%), also showing that somehow small fund size impact over the performance of equity mutual fund.

5.2.3 REGRESSION

Variables Entered/Removed(Table 5.2.4)

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Net Asset Value ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: Standard Deviation

b. All requested variables entered.

Model Summary(Table 5.2.5)

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.500 ^a	.250	.208	50500.130

a. Predictors: (Constant), Net Asset Value

As can be seen in the model summary, R coefficient correlation is showing a positive correlation between Net Asset Value (Fund Size) and Standard Deviation (Performance) and the degree of this relationship can be seen by analyzing the R Square = 0.250 (25%) which is showing that Net asset value of Small sized equity mutual fund predict the change in performance in terms of Standard Deviation of small sized equity mutual funds by 25%.

Coefficients(Table 5.2.6)

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	-46219.525	33458.463		-1.381	.184
Net Asset Value	.399	.163	.500	2.449	.025

a. Dependent Variable: Standard Deviation

5.2.4 LINEAR REGRESSION EQUATION

Standard Deviation/performance = -46219.525+0.399 (Net Asset Value/Fund Size)

Each unit increment in Net Asset Value of small equity funds increases the Performance of equity fund increases by 0.399. It is also predicted by referring regression equation, that the value of the intercept is - 46219.525, it means that if the fund size is zero, the regression equation depicts the performance as – 46219.525.

5.3 ANALYSIS OF MEDIUM SIZED FUNDS

4 out of 12 sampled equity funds have fund size more than Rs.1 billion, but less than Rs.4.3 billion and the overall reserve scope (assets) achieved by them is Rs.7054 million and they constitute 8.61 % of the total reserve scope (assets) of sampled equity mutual funds. As mentioned in the section of methodology, these total reserve/fund volume has been characterized as Average/Medium Funds Sized and the average Net Asset Value and Standard Deviation of these sampled medium size funds are as below:

Companies	Year	Net Asset Value (Rupees is '000)	Standard Deviation
Atlas Stock Market Fund	2010	651188.5	99990.8
	2011	636068.3	45779.99
	2012	800274.5	125695.6
	2013	1025041	111880
	2014	1240728	225388.4
Alfalah GHP Stock Fund	2010	399474.3	93330.71
	2011	273570.3	35787.53
	2012	247736.8	33051.76
	2013	365589.5	101851.3
	2014	704079	329589.6
JS Large Capital Fund	2010	2115142	262062.5
	2011	1412066	196628.5
	2012	1273186	65955.51
	2013	1268738	458989.2
	2014	831669.8	96090.76
United Stock Advantage Fund	2010	1109556	145480
	2011	1259610	59763.35
	2012	1546164	199964.1
	2013	1757467	335659.7
	2014	4277609	891752.3

Fund Size and Performance of Medium sized equity mutual fund: Hypothesis Testing

The following hypothesis testing was completed:

Null Hypothesis: There is no relationship between fund size and performance of medium sized mutual funds in Pakistan.

Alternate Hypothesis: There is a relationship between fund size and performance of medium sized mutual funds in Pakistan.

ANOVA (Table 5.3.1)

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	558931663891.603	1	558931663891.603	50.221	.000 ^b
Residual	200329678251.197	18	11129426569.511		
Total	759261342142.800	19			

a. Dependent Variable: Standard Deviation

b. Predictors: (Constant), Net Asset Value

At the level of Significance 5% (Alpha=0.05) and the significant value as per shown in the Anova and Coefficient model is less than the significance value as 0% (0.0), so they are all significant and falling in the rejection region, hence we reject the Null Hypothesis and Alternate Hypothesis stands, Which means that the Medium sized funds impact over the performance of Equity mutual Funds.

5.3.1 DESCRIPTIVES

Descriptive Statistics(Table 5.3.2)

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	Skewness	
	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Std. Error
Standard Deviation	20	33052	891752	195734.60	199902.785	2.486	.512
Net Asset Value	20	247737	4277609	1159747.85	890569.628	2.370	.512
Valid N (listwise)	20						

The skewness statistic of the Net asset value and Standard deviation are 2.370 and 2.486 respectively, both are greater than zero, which means that they are showing positive and right skewed distribution, but the skewness statistic of both variables is greater than 1, which means that the skewness is substantial and the distribution is far from symmetrical, hence the Spearman method used to identify the correlation among variables.

5.3.2 NONPARAMETRIC CORRELATIONS

Correlations(Table 5.3.3)

		Net Asset Value	Standard Deviation
Spearman's rho	Correlation Coefficient	1.000	.696**
	Net Asset Value		
	Sig. (2-tailed)	.	.001
	N	20	20
	Standard Deviation		
	Correlation Coefficient	.696**	1.000
	Sig. (2-tailed)	.001	.
	N	20	20

** . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

The Spearman correlation coefficient figure shown in the graph confirms the strong and positive correlation between the Net Asset Value and Standard Deviation variables by 0.696 (69.6%), also showing that medium fund size strongly impact over the performance of equity mutual fund.

5.3.3 REGRESSION

Variables Entered/Removed(Table 5.3.4)

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Net Asset Value ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: Standard Deviation

b. All requested variables entered.

Model Summary(Table 5.3.5)

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.858 ^a	.736	.721	105496.097

a. Predictors: (Constant), Net Asset Value

As can be seen in the model summary, R coefficient correlation is showing a positive correlation between Net Asset Value (Fund Size) and Standard Deviation (Performance) and the degree of this relationship can be seen by analyzing the R Square = 0.736 (73.6%) which is showing that Net asset value of Medium sized equity mutual fund greatly predict the change in performance in terms of Standard Deviation of Medium sized equity mutual funds by 73.6%.

Coefficients (Table 5.3.6)

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	-27621.724	39368.011		-.702	.492
Net Asset Value	.193	.027	.858	7.087	.000

a. Dependent Variable: Standard Deviation

5.3.4 LINEAR REGRESSION EQUATION

Standard Deviation/performance = -27621.724+0.193 (Net Asset Value/Fund Size)

Each unit increment in Net Asset Value of medium sized equity funds increases the Performance of equity fund increases by 0.193. It is also predicted by referring regression equation, that the value of the intercept is – 27621.724, it means that if the fund size is zero, the regression equation depicts the performance as – 27621.724.

5.4 ANALYSIS OF LARGE SIZED FUNDS

4 out of 12 sampled equity funds have fund size more than Rs.1 billion, but less than Rs.64 billion and the overall reserve scope (assets) achieved by them is Rs.73 billion and they constitute 90.21 % of the total reserve scope (assets) of sampled equity mutual funds. As mentioned in the section of methodology, these total reserve/fund volume has been characterized as Large/Bulky Funds Sized and the average Net Asset Value and Standard Deviation of these sampled Large size funds are as below:

Companies	Year	Net Asset Value (Rupees is '000)	Standard Deviation
National Investment Unit Trust	2010	32736157	3033155
	2011	37225326	2501593
	2012	40722807	559154.9
	2013	46760914	5757668
	2014	64427406	6039565
MCB Pakistan Stock Fund	2010	1825956	229099.6
	2011	1154137	184166.9
	2012	1010679	76417.17
	2013	1155523	78496.96
	2014	3329212	1400813
NAFA Stock Fund	2010	1030017	132672.7
	2011	911986.8	64043.47
	2012	1197045	160801.7
	2013	1114680	23349.32
	2014	2012473	595603.6
HBL Stock Fund	2010	1718260	133217.6
	2011	1968941	83975.14
	2012	2342074	198138.1
	2013	3247082	350863.7
	2014	4069731	142534.6

- Fund Size and Performance of Large sized equity mutual fund: Hypothesis Testing**

The following hypothesis testing was completed:

Null Hypothesis: There is no relationship between fund size and performance of large sized mutual funds in Pakistan.

Alternate Hypothesis: There is a relationship between fund size and performance of large sized mutual funds in Pakistan.

ANOVA(Table 5.4.1)

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	50548836947353.860	1	50548836947353.860	65.568	.000 ^b
	13876941513085.104	18	770941195171.395		
	64425778460438.960	19			

a. Dependent Variable: Standard Deviation

b. Predictors: (Constant), Net Asset Value

At the level of Significance 5% (Alpha=0.05) and the significant value as per shown in the Anova and Coefficient model is less than the significance value as 0% (0.0), so they are all significant and falling in the rejection region, hence we reject the Null Hypothesis and Alternate Hypothesis stands, Which means that the Large sized funds impact over the performance of Equity mutual Funds.

5.4.1 DESCRIPTIVES

Descriptive Statistics (Table 5.4.2)

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	Skewness	
	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Std. Error
Standard Deviation	20	23349	6039565	1087266.55	1841420.768	2.080	.512
Net Asset Value	20	911987	64427406	12498020.35	19728868.368	1.582	.512
Valid N (listwise)	20						

The skewness statistic of the Net asset value and Standard deviation are 1.582 and 2.080 respectively, both are greater than zero, which means that they are showing positive and right skewed distribution, but the skewness statistic of both variables is greater than 1, which means that the skewness is substantial and the distribution is far from symmetrical, hence the Spearman method used to identify the correlation among variables.

5.4.2 NONPARAMETRIC CORRELATIONS

Correlations (Table 5.4.3)

			Standard Deviation	Net Asset Value
Spearman's rho	Standard Deviation	Correlation Coefficient	1.000	.866**
		Sig. (2-tailed)	.	.000
		N	20	20
	Net Asset Value	Correlation Coefficient	.866**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.
		N	20	20

** . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

The Spearman correlation coefficient figure shown in the graph confirms the very strong and positive correlation between the Net Asset Value and Standard Deviation variables by 0.866 (86.6%), also showing that larger fund size highly and strongly impact over the performance of equity mutual fund in Pakistan.

5.4.3 REGRESSION

Variables Entered/Removed (Table 5.4.4)

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Net Asset Value ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: Standard Deviation

b. All requested variables entered.

Model Summary (Table 5.4.5)

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.886 ^a	.785	.773	878032.571

a. Predictors: (Constant), Net Asset Value

As can be seen in the model summary, R coefficient correlation is showing a positive correlation between Net Asset Value (Fund Size) and Standard Deviation (Performance) and the degree of this relationship can be seen by analyzing the R Square = 0.785 (78.5%) which is showing that Net asset value of Large sized equity mutual fund greatly and highly predict the change in performance in terms of Standard Deviation of Large sized equity mutual funds by 78.5%.

Coefficients (Table 5.4.6)

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	53986.997	234159.101		.231	.820
Net Asset Value	.083	.010	.886	8.097	.000

a. Dependent Variable: Standard Deviation

5.4.4 LINEAR REGRESSION EQUATION

Standard Deviation/performance = 53986.997+0.083 (Net Asset Value/Fund Size)

Each unit increment in Net Asset Value of large sized equity funds increases the Performance of equity fund increases by 0.083. It is also predicted by referring regression equation, that the value of the intercept is 53986.997, it means that if the fund size is zero, the regression equation depicts the performance as 53986.997.

6 FINDINGS

By taking an overview of the hypothesis testing makes it very clear that the coefficient correlation of the reserve volume/fund size and performance factors are significant and they have linear relationship also the trend shows in the fund companies tables, as the Fund size is increasing the standard deviation (Risk) is decreasing and indirectly increasing the performance of the equity mutual funds. The medium fund size is better than small fund and the large fund size is better than medium funds. The large and great size funds show lager performance improvement as associate to the medium and smaller ones. In short, the larger the size of the fund the greater and positively the equity mutual fund will perform.

7 DISCUSSION

The equity mutual fund industry in Pakistan is not that much grown-up, although few funds are well matured, but still there is a large space for the others. Managers and Financier of portfolios and mutual funds, mustn't only refer fund size, but they should also refer each and every factor before taking any decision into account.

The researches specially targeting the fund size and performance of mutual funds in Pakistan is almost near to zero, there are some studies which are taking fund size as one of the factors impacting over the performance of mutual funds, but there are very few researches in Pakistan where mainly fund size is focusing on the performance of equity mutual funds. There is still a gap to measure the performance through fund size and the performance in terms of Risk, economies of scale, return and so on. This gap, can be filled and may also contribute in the preferences of stockholders.

8 CONCLUSION

They study gives a positive relationship of fund size over performance of growth/equity mutual funds in Pakistan. Each performance factor depicted in the model, studies the impact of fund size over the performance of equity mutual fund in Pakistan during 2010-2014. The findings show that there is an important, significant and major relationship among fund size and mutual reserve performance. It shows enough evidence to say that there is a statistical significant supportive correlation between fund volume and Performance of equity mutual funds in Pakistan and Net asset value statistically impact over the Standard Deviation.

However, every action has a reaction, same in this case. The fund size directly and positively correlates with the equity mutual fund performance but previous studies also predict that as the fund size become larger it would become very difficult to liquidate a huge number of stocks in their portfolio and it would also create difficulties for the fund manager to accurately handle and allocate the large sized portfolios in terms of diversification.

REFERENCES

- [1] Afza, T., & Rauf, A. (2009). Performance evaluation of Pakistani mutual funds. *Pakistan economic and social review*, 199-214.
- [2] Ali, R., & Qudous, R. A. (2012). Performance Evaluation of Mutual Funds in Pakistan. *Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business*, 3(9), 1076.
- [3] Basso, A., & Funari, S. (2014). The role of fund size in the performance of mutual funds assessed with DEA models. Department of Management, Università Ca'Foscari Venezia Working Paper, (2014/18).
- [4] Busse, J. A., Chordia, T., Jiang, L., & Tang, Y. (2014). How does size affect mutual fund performance? Evidence from mutual fund trades.
- [5] Chen, J., Hong, H. G., Huang, M., & Kubik, J. D. (2002). Does fund size erode performance? Liquidity, organizational diseconomies and active money management.
- [6] Edelen, R. M., Evans, R. B., & Kadlec, G. B. (2007). Scale effects in mutual fund performance: The role of trading costs. Available at SSRN 951367.
- [7] Elton, E. J., Gruber, M. J., & Blake, C. R. (2011). Does size matter? The relationship between size and performance. *The Relationship between Size and Performance* (May 17, 2011). Fordham University Schools of Business Research Paper, (1826406).
- [8] Elton, E. J., Gruber, M. J., & Green, T. C. (2005). The impact of mutual fund family membership on investor risk. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 42(02), 257-277.
- [9] Fang, L. H., Peress, J., & Zheng, L. (2014). Does Media Coverage of Stocks Affect Mutual Funds' Trading and Performance?. *Review of Financial Studies*, 27(12), 3441-3466.
- [10] Johansson, T., & Jacobsson, M. (2012). Size and Performance of Swedish Mutual Funds: Does Size Matter?.
- [11] Keswani, Sarika. (2011). Effect Of Fund Size On The Performance Of Balanced Mutual Funds An Empirical Study In Indian Context. *International Journal of Multidisciplinary Research*, ISSN 2231 5780
- [12] Khorana, A., Servaes, H., & Tufano, P. (2005). Explaining the size of the mutual fund industry around the world. *Journal of Financial Economics*, 78(1), 145-185.
- [13] Mahmud, M., & Mirza, N. (2011). An Evaluation of Mutual Fund Performance in an Emerging Economy: The Case of Pakistan. *The Lahore Journal of Economics*, 16, 301-316.
- [14] Nazir, M. S., & Nawaz, M. M. (2010). The determinants of mutual fund growth in Pakistan. *International Research Journal of Finance and Economics*, 54(2010), 75-84.
- [15] Pollet, J. M., & Wilson, M. (2006). How does size affect mutual fund behavior?. *The Journal of Finance*, 63(6), 2941-2969.
- [16] Rao, D. N., & Rao, S. B. (2009). Does Fund Size Affect the Performance of Equity Mutual Funds? An Empirical Study in the Indian Context. *An Empirical Study in the Indian Context* (June 16, 2009).
- [17] Reuter, J., & Zitzewitz, E. (2010). How much does size erode mutual fund performance? A regression discontinuity approach (No. w16329). National Bureau of Economic Research.
- [18] Reuter, J., & Zitzewitz, E. (2013). How much does size erode mutual fund performance? A regression discontinuity approach. National Bureau of Economic Research.
- [19] Tangjitprom, N. (2014). The Effect of Fund Size on Performance: The Evidence from Active Equity Mutual Funds in Thailand. *Research Journal of Finance and Accounting*, 5(10).
- [20] Wu, S. C. (2014). Interaction between mutual fund performance and portfolio turnover. *Journal of Emerging Issues in Economics, Finance and Banking*, 3(4), 1125-1140.

THE EFFECT OF AQUEOUS ROOT EXTRACT OF *MANNIPHYTON FULVUM* (MF) ON SERUM GLUCOSE CONCENTRATION AND MALONDIALDEHYDE (MDA) IN WISTAR ALBINO RATS TREATED WITH BONNY LIGHT CRUDE OIL (BLCO)

Awolayefori Dokubo¹ and Odinaka Emmanuel Mgbeke²

¹Department of Chemistry (Biochemistry Unit), Rivers State University of Science and Technology, P.M. B 5080. Port Harcourt, Nigeria

²Department of Biochemistry University of Port Harcourt, P.M.B 5323, Choba, Port Harcourt, Nigeria

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 effect of aqueous root extract of *Manniphyton fulvum* (MF) on serum glucose concentration and malondialdehyde (MDA) was investigated in Wistar albino rats treated with bonny light crude oil (BLCO) for 14 days. From the study, oral administration of 5ml/kg body weight of BLCO alone caused a significant ($p < 0.05$) increase in serum glucose concentration and MDA level compared to control (group 1). However, oral administration of 170mg/kg body weight of aqueous root extract of MF (group 4) resulted to significant ($p < 0.05$) reduction in these parameters compared to group treated with BLCO alone (group 2). The result obtained from glucose concentration of group 4 was not significantly ($p > 0.05$) different when compared to group 1. Administration of 170mg/kg body of the aqueous root extract of MF alone caused significant ($P < 0.05$) reduction in MDA compared to control. The result obtained from this study indicated that combination of high serum glucose concentration and increased oxidative stress in BLCO treated groups caused an array of imbalances and associated toxicity. However, administration of aqueous root extract of MF restored the imbalances and ameliorated the toxic effect of BLCO on these parameters investigated in wistar albino rats.

KEYWORDS: bonny light crude oil, *Manniphyton fulvum*, serum glucose, malondialdehyde.

1 INTRODUCTION

In Nigeria, crude oil exploration and export is the mainstay of the economy and constitutes about 90% of the foreign exchange earnings of the nation. Its exploration and production exclusively takes place in the Niger Delta region of Nigeria and obtained from the oil field by workers and sold or distributed for the treatment of different kinds of sicknesses such as convulsions, burns due to the pharmacological properties it is believed to possess especially among the rural dwellers (Orisakwe *et al.*, 2004, Ujowundu *et al.*, 2014)). However, crude oil notwithstanding its benefits has a lot of negative impacts associated with it due to the complex mixture of hydrocarbons and heavy metals present in them (Deplege, 2002). Its production and exploration brings about pollution to the environment through oil spillages and living system upon exposure. The potential toxic effect of this crude oil is exerted on almost all organs of the body (Adedara *et al.*, 2012, Ita *et al.*, 2014, Okoye *et al.*, 2014).

Recently, low resistance in humans owing to toxicity has increased research and interest in uncovering the role and beneficial aspects of plant products to enhance physiological processes to protect major organs of the body. This is due to the presence of potent phytochemical constituents in plants.

Manniophyton fulvum belongs to the Euphorbiaceae family. It is commonly used in Nigeria because of its therapeutic and nutritional potentials. In African Traditional Medical System, different parts of this plant have been used to treat illnesses like cough, dysentery, haemorrhoids, erectile dysfunction, diarrhoea etc (Agbaire *et al.*, 2013, Ojeh *et al.*, 2013). *Manniophyton*

fulvum has been investigated to contain bioactive components like flavonoids, glycosides, saponins, benzoic acid derivatives, carotenoids, phytosterols and alligins; flavonoids being the most abundant ((Agbaire *et al.*, 2013).

The aim of this study is to investigate the possible effect of aqueous root extract of *Manniophyton fulvum* on serum glucose concentration and malondialdehyde (MDA) in Wistar albino rats administered with bonny light crude oil.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 CRUDE OIL

Crude oil (Bonny Light BLCO) was obtained from the Nigerian National Petroleum Corporation (NNPC) Port Harcourt, Rivers State, Nigeria.

2.2 PLANT MATERIALS

Roots of *Manniophyton fulvum* were collected from Umuada Ngodo Isuochi, Umunneochi Local Government Area of Abia State Nigeria and were identified at the Department of Plant Science and Biotechnology, University of Port Harcourt, Nigeria. The roots were sorted, cleaned and air dried at room temperature.

2.3 PREPARATION OF AQUEOUS ROOT EXTRACTS

The dried roots were crushed into coarse powder with grinding machine and weighed. 1200g of the powder was directly soaked in 5L of hot water for 72hrs with intermittent shaking. The mixture was then filtered using a muslin cloth. The filtrate (extract) was evaporated to dryness under reduced pressure using rotary evaporator. The extract obtained was oven dried at a temperature of 40°C with a percentage yield of 1.14 %. A stock solution of 0.1g/ml was prepared by dissolving 5g in 50ml of distilled water and stored in the refrigerator. The volume of stock administered was calculated based on body weights of the animals according to the formula given by Nwafor *et al.*, 2009.

$$\text{Volume of stock solution} = \frac{D \times P}{C} \quad (1)$$

Where D = dose to be administered, P = body weight of animal in kg, C = concentration of the stock solution.

2.4 ADMINISTRATION OF BONNY LIGHT CRUDE OIL (BLCO)

BLCO was administered orally to the animals. 5.0ml/ kg body of BLCO weight was continuously for 14 days (Oruambo and Dokubo, 2008).

2.5 ADMINISTRATION OF AQUEOUS ROOT EXTRACT OF *MANNIOPHYTON FULVUM* (MF)

One fifth of the LD50 (850mg/kg) (Agbaire *et al.*, 2013) was prepared as a fixed dose and administered to rats according to their body weights.

2.6 EXPERIMENTAL ANIMALS

A total of twenty-four (24) Wistar albino rats weighing between (170-200) g were used for this study. They were obtained from the animal house of the University of Port Harcourt, Nigeria. The animals were allowed to acclimatize in a wooden cage made of wire gauze for two weeks. Food and water were given *ad-libitum* prior to the commencement of the experiment. The study was conducted based on the guidelines for use and care for laboratory animals.

2.7 TREATMENT OF THE ANIMALS

The rats were later divided into four groups of six (6)

Rats each.

Group 1(control): not administered with any substance

Group 2: administered 5 ml/ Kg body weight of BLCO only

Group 3: administered 170 mg/Kg body weight of MF only

Group 4: administered 5 ml/ kg body weight of crude oil and 170mg/kg body weight of MF

All substances were administered orally through a tube attached to a 5ml syringe. After fourteen (14) Days of administration, the animals were starved overnight, subjected to light chloroform anesthesia and dissected.

2.8 COLLECTION OF BLOOD AND LIVER SAMPLES

Sterile syringe with needle (5ml) was used for collection of blood samples from the heart, by cardiac puncture. The blood sample was transferred into properly labeled sterile sample bottles and taken to the laboratory for assay. The liver of each animal was excised washed in 0.9% ice cold saline, weighed and homogenized with 5ml (50mM, pH 7.4) phosphate buffer to give a 10% (w/v) liver homogenate. The homogenate was centrifuged at 5000g for 15 min and the supernatant obtained for further analyses.

2.9 ESTIMATION OF BIOCHEMICAL PARAMETERS

Serum glucose concentration was determined using one-touch glucose strips and glucose meter (Johnson and Johnson USA). Lipid peroxidation was determined as malondialdehyde (MDA) according to the method described by Farombi et al., (2000).

2.10 STATISTICAL ANALYSIS

Values from this biochemical assays were expressed as mean (\pm) S.E.M for six rats in each group. Analysis of group data were carried out by one –way Analysis of the variance (ANOVA) and further subjected to post hoc test using (Turkey HSD). $P < 0.05$ was considered to be significant.

2.11 RESULTS

2.11.1 EFFECT OF MF ON SERUM GLUCOSE CONCENTRATION

Figure 1 showed the effect of oral administration of aqueous root extract of MF on serum glucose concentration of rats treated with BLCO. Serum glucose concentration of rats administered with BLCO only (group 2) showed significant ($p < 0.05$) increase compare to control (group 1) and other groups. In group 4 (BLCO+MF) there was significant reduction ($p < 0.05$) in serum glucose concentration compared to group 2. When compared to group 1 the serum glucose concentration was not significantly different ($p > 0.05$).

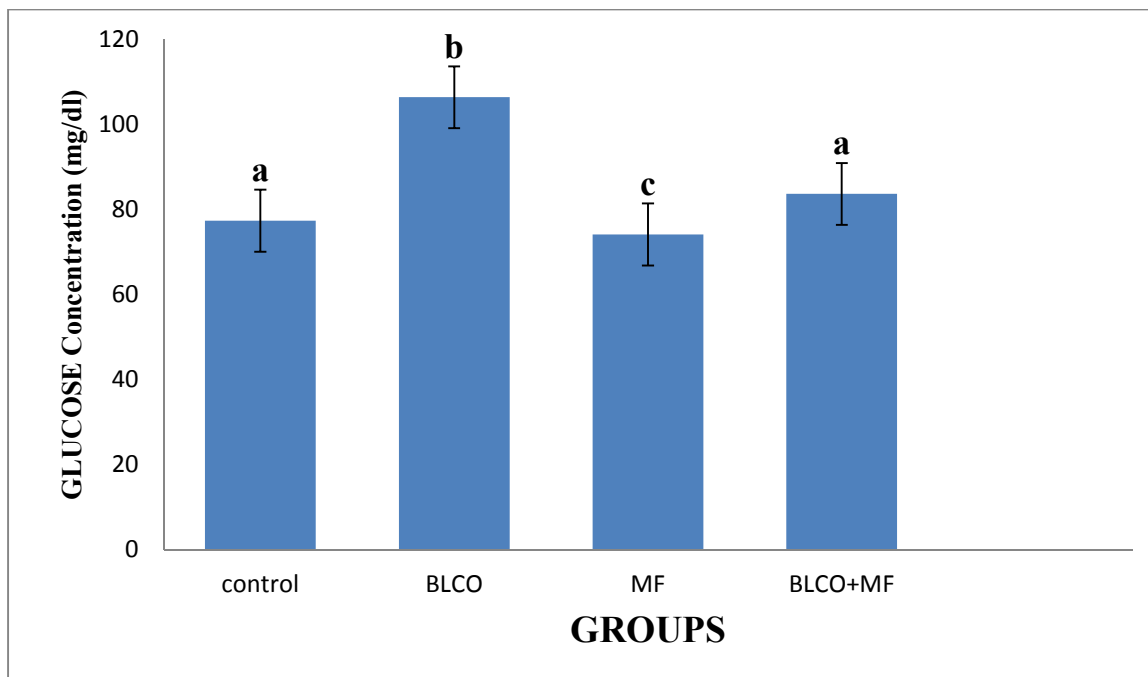


Figure 2. 1: Effect of oral administration of aqueous root extract of MF on serum glucose concentration of rats treated with BLCO. Values are expressed as mean \pm S.M.E (n=6). Means with different superscripts are significantly different at $p<0.05$ (Turkey hsd).

2.11.2 EFFECT OF MF ON MDA

Effect of aqueous root extract of MF on Lipid Peroxidation product (MDA) was shown on figure 2. Significant ($p<0.05$) increase in MDA was observed in BLCO treated group when compared to the control group. Administration of 170mg/kg body weight of aqueous root extract of MF (group 4) caused a significant ($p<0.05$) decrease in MDA compared to group 2. Also, group 3 showed a significant ($p<0.05$) reduction of MDA compared to control.

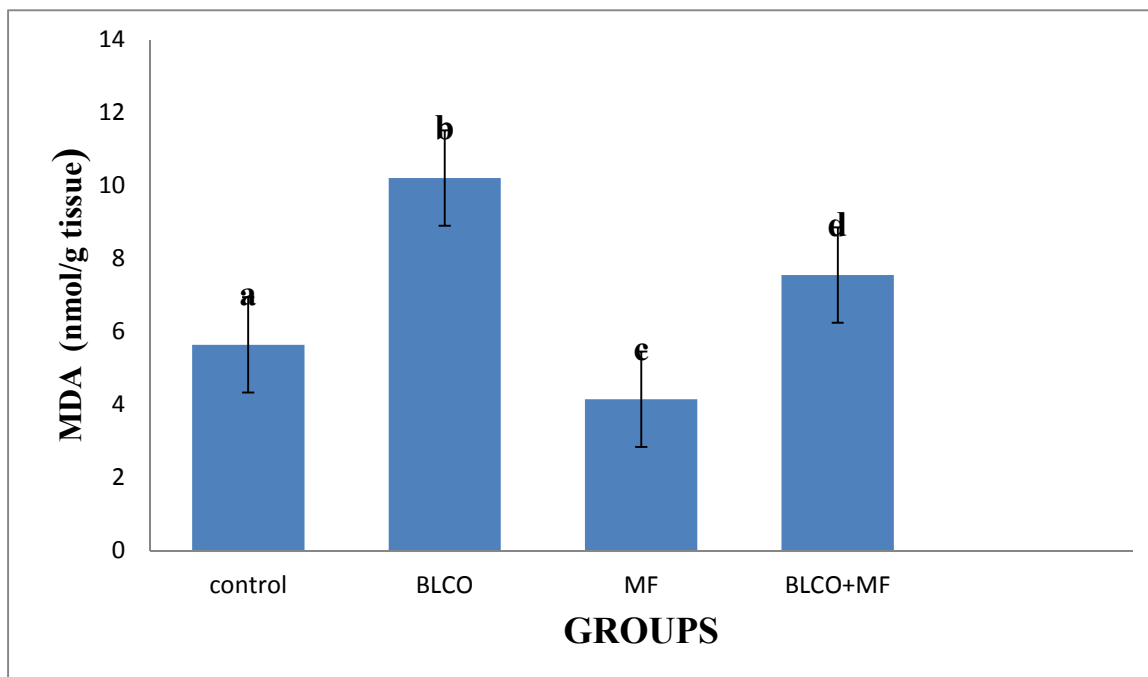


Figure 2. 2: Effect of oral administration of aqueous root extract of MF on MDA levels of rats treated with BLCO. Values are expressed as mean \pm S.M.E (n=6). Means with different superscripts are significantly different at $p<0.05$ (Turkey hsd).

2.12 DISCUSSIONS

Bonny light crude oil is classified as light crude oil due to the presence of fairly high aromatic hydrocarbons with relative solubility. A large proportion of this crude oil component is lipophilic in nature and has the ability to exert toxic effect in the cellular environment by competing with some endogenous metabolic pathways, cause enzyme inactivation and uncouple electrons forming complex products that damage lipid membranes, proteins, DNA and other macromolecules within the cell (Orisakwe *et al.*, 2004, Braide *et al.*, 2014,).

In this study, BLCO showed an increase level of serum glucose concentration indicating impairment in glucose homeostasis. Liberal availability of blood glucose cannot be utilized by cells for generation of ATP and subsequent release of insulin by pancreatic beta cells. Similar result was also obtained by (Oruambo and Dokubo, 2008). However, administration of aqueous root extract of *Manniphyton fulvum* significantly reduced the glucose levels directly or indirectly by enhancing oscillatory transport of glucose across membrane to allow calcium ion influx and concomitant secretion of insulin to extracellular fluid for mitochondria metabolism of glucose and generation of ATP. This could be considered a possible mechanism by which the aqueous roots extract of *Manniphyton fulvum* suppresses hyperglycemia.

Many environmental pollutants are known to cause oxidative stress in cells. The metabolism of these chemical substances facilitate the production of Reactive Oxygen Species (ROS) that can undergo a number chain reactions in lipid membranes, DNA and other macromolecules to cause cellular damage (Dokubo *et al.*, 2013). Oxidative Stress is a measure of lipid peroxidation often estimated as malondialdehyde (MDA), a product of lipid peroxidation.

From this study, rats administered with BLCO showed an elevated level of MDA suggesting increased oxidative stress (Ado *et al.*, 2012). This can lead to serious interrelated derangements in cell metabolism, regulation and alteration of intracellular calcium ion which culminates in cell damage (Oruambo and Jones, 2007). Decrease in the levels of MDA in rats treated with aqueous root extract of *Manniphyton fulvum* showed the possibility of the extracts to prevent oxidative stress, inhibit formation of lipid peroxidation products and deterioration of tissues and organs.

2.13 CONCLUSION

The essence of regulating many metabolic pathways is to provide a dynamic and constant environment for cells in the body to thrive. From this study, it can be deduced that the result obtained from this investigation agrees with other researches already carried out on crude oil toxicity. Improvement in glucose control by the aqueous root extract of *Manniphyton fulvum* ameliorated the development of hyperglycemia associated with BLCO toxicity. Also, inhibition or inactivation of complexes formed from Reactive Oxygen Species (ROS) offered a possible mechanism by which aqueous root extract of MF ameliorated oxidative damage caused by BLCO.

REFERENCES

- [1] Adedara, I. A., Ebokaiwe, A.P., Ehwerhemuepha, T., Teberas, R., Farombi, O. (2012). Nigerian bonny light crude oil induces irreversible reproductive toxicity in Adult rats. *African Journal of Medicine and Medical Sciences*. 4 (S): 65-74.
- [2] Agbaire, P.O., Emudainohwo, J.O.T and Peretiemo-Clarke, B. O. (2013). Phytochemical screening and toxicity studies on the leaves of *Manniophyton fulvum*. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*. (1) 3: 1-6.
- [3] Braide, A. S., Adegoke, O. A., Bamigbowu, E. O. (2011). Effect of Cassava based diet on hepatic proteins in albino rats fed with crude oil contaminated diet *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*. 15 (1): 223-229.
- [4] Deplege, M. H. (2002). The rational basis for the use of biomarkers as ecotoxicological tools: non-destructive biomarkers in higher vertebrates. 2nd edition. Published by Lewis Boca Raton, Florida. pp. 162-190.
- [5] Dokubo, A., Uwakwe, A. A., Igwe, F.U. (2013). Effect of *Parinari congensis* extracts on paracetamol induced hepatotoxicity in albino rats. *International Journal of Engineering and Science Research*. 3 (1) : 541-550.
- [6] Farombi, E. O., Adedara, I. A., Ebokaiwe, A.P., Teberen, R., Ehwerhemuepha, T. (2010). Nigerian bonny light crude oil disrupts antioxidant systems in the testes and sperm of rats. *Archives of Environmental Contaminants and Toxicology*. 59: 166-174.
- [7] Ita, S.O., Aluko, E.O., Olubobokun, T.H., Okun, U.A., Antai, E., Osim, E.(2014). The relationship between Nigerian bonny light crude oil – induced hypoglycaemia and Endogenous Serum Insulin concentration in Male Wistar rats: The role of antioxidants vitamins E and C. *American Journal of Molecular Biology*. 4(2): 1-8.
- [8] Nwafor, A., Enwurugwu, J.N. (2009). In vivo effects of *Xylopiya aethiopica* on haematological parameters in guinea pigs. *African Journal of Applied Zoology and Environmental Biology*. 11: 79-81.

- [9] Odo, C. E., Nwodo, O.F.C., Joshua, P. E., Ubani, C. S., Etim, O. E. and Ugwu, O.P.C.(2012). Effects of bonny light crude oil on anti-oxidative enzymes and total proteins in Wistar rats. *African Journal of Biotechnology*. 11(98):16455-16460.
- [10] Ojeh, A.E., Adegor, E. C., Lawrence, E. O. (2013). Preliminary phytochemical screening, analgesic and anti inflammatory properties of *Celosia isertii*. *European Journal of Medicinal Plants*. 3(3): 369-380.
- [11] Okoye, J.O., Ngokere, A.J., Ogenyi, S.I., Onyemelukwe, A. O. (2014). Histopathological and hormonal disrupting effects of Escravos crude oil on the ovary of Chinchilla rabbits. *Journal of Toxicology and Environmental Health Sciences*. 6(2): 31-37.
- [12] Orisakwe, O. E., Njan, A. A., Afonne, O. J., Akumka, D. D., Orish, V. N., Udemezue, O. O. (2004). Investigation into the nephrotoxicity of Nigerian bonny light crude oil in albino rats. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 1 (2): 106-10.
- [13] Oruambo, F. I and Dokubo, A. (2008). Changes in hepatic redox state and serum glucose concentration by co-administration of bonny light (Nigerian) light crude oil and alcohol in the albino rats. *Advances in Science and Technology*. 2(2): 78-83.
- [14] Oruambo, I. F and Jones, A. B. (2007). Alterations in the concentrations of liver mitochondria DNA, cytoplasmic total hydrocarbon and calcium ion in guinea pigs after treatment with Nigerian light crude oil. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 4 (1) : 23-27.
- [15] Ujowundu, C. O., Nwokedinobi, N., Kalu, F. N., Nwaoguikpe, R. N. and Okechukwu, R. I. (2011). Chemoprotective potentials of *Ocimum gratissimum* in diesel petroleum induced hepatotoxicity in Albino Wistar Rats. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 1(1):56-61.

An accurate method to study the Rayleigh-Bénard problem in a rotating layer saturated by a Newtonian nanofluid

Abderrahim Wakif, Zoubair Boulahia, and Rachid Sehaqui

University of Hassan II, Faculty of Sciences Aïn Chock, Laboratory of Mechanics,
B.P.5366 Mâarif, Casablanca, 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 aim of this paper, is to use a more realistic model which incorporates the effects of Brownian motion and the thermophoresis of nanoparticles for studying the effect of some control parameters on the onset of convective instability in a rotating medium filled of a Newtonian nanofluid layer and heated from below, this layer is assumed to have a low concentration of nanoparticles. The linear study which was achieved in this investigation shows that the thermal stability of Newtonian nanofluids depends of the buoyancy forces, the Coriolis forces generated by the rotation of the system, the Brownian motion, the thermophoresis of nanoparticles and other thermo-physical properties of nanoparticles. The studied problem will be solved analytically by converting our boundary value problem to an initial value problem, after this step we will approach numerically the searched solutions by polynomials of high degree to obtain a fifth order accurate solution.

KEYWORDS: Linear stability, Newtonian nanofluid, Rotating layer, Brownian motion, Thermophoresis, Power series.

1 INTRODUCTION

The nanofluid is considered as a homogeneous fluid containing colloidal suspensions of nano-sized particles named nanoparticles in the base fluid (water, ethylene glycol, oil). The nanoparticles used in nanofluids are generally prepared of metals, oxides, carbides, or carbon nanotubes. The purpose of using nanofluids is to obtain a higher value of heat transfer coefficient compared with that of the base fluid, this remarkable properties make them potentially useful in many practical applications, for example in modern science and engineering including rotating machineries like nuclear reactors, petroleum industry, biochemical and geophysical problems.

In the recent years, the problem of natural convection in a confined medium filled of a Newtonian nanofluid layer has been studied in different situations by several authors [1-7]. When the volumetric fraction of nanoparticles is constant at the horizontal walls limiting the layer, they found that the critical Rayleigh number can be decreased or increased by a significant quantity depending on the relative distribution of nanoparticles between the top and bottom walls.

Today, the problem of natural convection for the nanofluids is studied by some authors [9-14] using a new type of boundary conditions for the nanoparticles which combines the contribution of the Brownian motion and the thermophoresis of nanoparticles instead to impose a nanoparticle volume fraction at the boundaries of the layer. The new model of boundary conditions assumes that the nanoparticle flux must be zero on the impermeable boundaries. D.A. Nield and A.V. Kuznetsov [9] are considered as the first ones who were used this type of boundary conditions for the nanoparticles. Until now, the precedent boundary conditions are used to study only the problem of natural convection in a porous (Darcy or Darcy-Brinkman model) or non-porous medium saturated by a nanofluid using the Galerkin weighted residuals method based only on some test functions.

Our work consists of studying the Rayleigh-Bénard problem in a rotating medium filled of a Newtonian nanofluid layer in the free-free, rigid-free and rigid-rigid cases where the nanoparticle flux is assumed to be zero on the boundaries, our problem will be solved with a more accurate numerical method based on analytic approximations (power series method).

In this investigation we assume that the effect of the rotation in the momentum equation is restricted to the Coriolis force and also the centrifugal acceleration is negligible compared to the buoyancy force.

The used method gives results with an absolute error of the order of 10^{-6} to the critical values characterizing the onset of the convection. To show the accuracy of our method in this study, we will check some results treated by Chandrasekhar [8] concerning the study of the convective instability of the regular fluids in a rotating medium.

2 MATHEMATICAL FORMULATION

We consider an infinite horizontal layer of an incompressible Newtonian nanofluid characterized by a low concentration of nanoparticles, heated uniformly from below and confined between two identical horizontal surfaces where the temperature is constant and the nanoparticle flux is zero on the boundaries, this layer will be subjected to a uniform rotation characterized by an angular velocity $\vec{\Omega} = \Omega \vec{e}_z$ and also acted upon by the gravity force $\vec{g} = -g\vec{e}_z$ (Fig 1).The thermo-physical properties of nanofluid (viscosity, thermal conductivity, specific heat) are assumed constant in the vicinity of the temperature of the cold wall T_c except for the density variation in the momentum equation which is based on the Boussinesq approximations .The asterisks are used to distinguish the dimensional variables from the nondimensional variables (without asterisks).

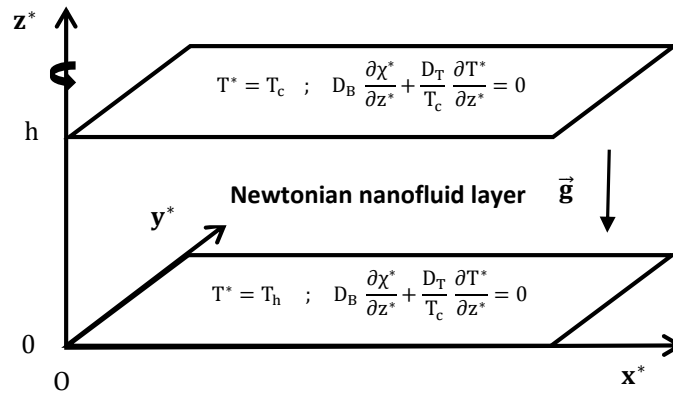


Fig. 1. Physical configuration

Within the framework of the assumptions which were made by Buongiorno [1] and Tzou [2, 3] in their publications for the Newtonian nanofluids, we can write the basic equations of conservation which govern our problem in dimensional form as follows:

$$\vec{\nabla}^* \cdot \vec{V}^* = 0 \tag{1}$$

$$\rho_0 \left[\frac{\partial \vec{V}^*}{\partial t^*} + (\vec{V}^* \cdot \vec{\nabla}^*) \vec{V}^* \right] = -\vec{\nabla}^* P^* - 2\rho_0 \vec{\Omega} \times \vec{V}^* + \{ \rho_0 [1 - \beta(T^* - T_c)](1 - \chi^*) + \rho_p \chi^* \} \vec{g} + \eta \vec{\nabla}^{*2} \vec{V}^* \tag{2}$$

$$(\rho c) \left[\frac{\partial T^*}{\partial t^*} + (\vec{V}^* \cdot \vec{\nabla}^*) T^* \right] = \kappa \vec{\nabla}^{*2} T^* + (\rho c)_p \left[D_B \vec{\nabla}^* \chi^* \cdot \vec{\nabla}^* T^* + \left(\frac{D_T}{T_c} \right) \vec{\nabla}^* T^* \cdot \vec{\nabla}^* T^* \right] \tag{3}$$

$$\frac{\partial \chi^*}{\partial t^*} + (\vec{V}^* \cdot \vec{\nabla}^*) \chi^* = D_B \vec{\nabla}^{*2} \chi^* + \left(\frac{D_T}{T_c} \right) \vec{\nabla}^{*2} T^* \tag{4}$$

Where $\vec{\nabla}^*$ is the vector differential operator.

If we consider the following dimensionless variables:

$$(x^*; y^*; z^*) = h(x; y; z) ; t^* = \frac{h^2}{\alpha} t ; \vec{V}^* = \frac{\alpha}{h} \vec{V} ; P^* = \frac{\eta \alpha}{h^2} P ; T^* - T_c = (T_h - T_c) T ; \chi^* - \chi_0^* = \chi_0^* \chi$$

Then, we can get from the equations (1)-(4) the following adimensional forms:

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{V} = 0 \tag{5}$$

$$P_r^{-1} \left[\frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + (\vec{V} \cdot \vec{\nabla}) \vec{V} \right] = -\vec{\nabla} (P + R_M z) + \sqrt{T_A} (v \vec{e}_x - u \vec{e}_y) + \vec{\nabla}^2 \vec{V} + [(1 - \chi_0^*) R_a T - R_N \chi - \chi_0^* R_a T \chi] \vec{e}_z \tag{6}$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + (\vec{V} \cdot \vec{\nabla})T = \vec{\nabla}^2 T + N_B L_e^{-1} \vec{\nabla} \chi \cdot \vec{\nabla} T + N_A N_B L_e^{-1} \vec{\nabla} T \cdot \vec{\nabla} T \quad (7)$$

$$\frac{\partial \chi}{\partial t} + (\vec{V} \cdot \vec{\nabla})\chi = L_e^{-1} \vec{\nabla}^2 \chi + N_A L_e^{-1} \vec{\nabla}^2 T \quad (8)$$

Such that:

$$P_r = \frac{\eta}{\rho_0 \alpha} \quad ; \quad L_e = \frac{\alpha}{D_B} \quad ; \quad N_B = \frac{(\rho c)_p}{(\rho c)} \chi_0^* \quad ; \quad T_A = \left(\frac{2\rho_0 \Omega h^2}{\eta} \right)^2 \quad ; \quad \alpha = \frac{\kappa}{(\rho c)} \quad ; \quad R_a = \frac{\rho_0 g \beta h^3 (T_h - T_c)}{\eta \alpha}$$

$$R_M = \frac{[\rho_0(1 - \chi_0^*) + \rho_p \chi_0^*] g h^3}{\eta \alpha} \quad ; \quad R_N = \frac{(\rho_p - \rho_0) \chi_0^* g h^3}{\eta \alpha} \quad ; \quad N_A = \frac{D_T}{D_B T_c} \left(\frac{T_h - T_c}{\chi_0^*} \right)$$

Where χ_0^* is the reference value for nanoparticle volume fraction.

2.1 BASIC SOLUTION

The basic solution of our problem is a quiescent thermal equilibrium state, it's assumed to be independent of time where the equilibrium variables are varying in the z-direction, therefore:

$$\vec{V}_b = \vec{0} \quad (9)$$

$$T_b = 1 \quad ; \quad \frac{d\chi_b}{dz} + N_A \frac{dT_b}{dz} = 0 \quad \text{at} \quad z = 0 \quad (10)$$

$$T_b = 0 \quad ; \quad \frac{d\chi_b}{dz} + N_A \frac{dT_b}{dz} = 0 \quad \text{at} \quad z = 1 \quad (11)$$

If we introduce the precedent results into equations (6)-(8), we obtain:

$$\vec{\nabla} (P_b + R_M z) = [(1 - \chi_0^*) R_a T - R_N \chi - \chi_0^* R_a T \chi] \vec{e}_z \quad (12)$$

$$\frac{d^2 T_b}{dz^2} + N_B L_e^{-1} \left(\frac{d\chi_b}{dz} \frac{dT_b}{dz} \right) + N_A N_B L_e^{-1} \left(\frac{dT_b}{dz} \right)^2 = 0 \quad (13)$$

$$\frac{d^2 \chi_b}{dz^2} + N_A \frac{d^2 T_b}{dz^2} = 0 \quad (14)$$

After using the boundary conditions (10) and (11), we can integrate the equation (14) between 0 and z for obtaining:

$$\chi_b = N_A (1 - T_b) + \chi_0 \quad (15)$$

Where χ_0 is the relative nanoparticle volume fraction at $z = 0$, such that:

$$\chi_0 = \frac{\chi_b^*(0) - \chi_0^*}{\chi_0^*}$$

If we take into account the expression (15), we can get after simplification of the equation (13):

$$\frac{d^2 T_b}{dz^2} = 0 \quad (16)$$

Finally, we obtain after an integrating of the equation (16) between 0 and z :

$$T_b = 1 - z \quad (17)$$

$$\chi_b = N_A z + \chi_0 \quad (18)$$

2.2 STABILITY ANALYSIS

For analyzing the stability of the system, we superimpose infinitesimal perturbations on the basic solutions as follows:

$$T = T_b + T' \quad ; \quad \vec{V} = \vec{V}_b + \vec{V}' \quad ; \quad P = P_b + P' \quad ; \quad \chi = \chi_b + \chi' \quad (19)$$

In the framework of the Oberbeck-Boussinesq approximations, we can neglect the terms which are coming from the product of the temperature and the volumetric fraction of nanoparticles in equation (6), if we suppose also that we are in the case of small temperature gradients in a dilute suspension of nanoparticles, we can obtain after introducing the expressions (19) into equations (5)-(8) the following linearized equations:

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{V}' = 0 \quad (20)$$

$$P_r^{-1} \frac{\partial \vec{V}'}{\partial t} = -\vec{\nabla} P' + \sqrt{T_A} (v' \vec{e}_x - u' \vec{e}_y) + (R_a T' - R_N \chi') \vec{e}_z + \vec{\nabla}^2 \vec{V}' \quad (21)$$

$$\frac{\partial T'}{\partial t} - w' = \vec{\nabla}^2 T' - N_A N_B L_e^{-1} \frac{\partial T'}{\partial z} - N_B L_e^{-1} \frac{\partial \chi'}{\partial z} \quad (22)$$

$$\frac{\partial \chi'}{\partial t} + N_A w' = N_A L_e^{-1} \vec{\nabla}^2 T' + L_e^{-1} \vec{\nabla}^2 \chi' \quad (23)$$

After application of the curl operator twice to the equation (21) and using the equation (20), we obtain the following equations:

$$P_r^{-1} \frac{\partial F'}{\partial t} = \vec{\nabla}^2 F' + \sqrt{T_A} \frac{\partial w'}{\partial z} \quad (24)$$

$$P_r^{-1} \frac{\partial}{\partial t} \vec{\nabla}^2 w' = \vec{\nabla}^4 w' + R_a \vec{\nabla}_z^2 T' - R_N \vec{\nabla}_z^2 \chi' - \sqrt{T_A} \frac{\partial F'}{\partial z} \quad (25)$$

Where:

$$\vec{\nabla}_z^2 = \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} \right) + \left(\frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) ; F' = \left(\frac{\partial v'}{\partial x} - \frac{\partial u'}{\partial y} \right)$$

Analyzing the disturbances into normal modes, we can simplify the equations (22) - (25) by assuming that the perturbation quantities are of the form:

$$(w', T', \chi', F') = (\omega(z), \mathcal{T}(z), \mathcal{X}(z), \mathcal{F}(z)) \exp[i(k_x x + k_y y) + \sigma t] \quad (26)$$

After introducing the expressions (26) into equations (22) - (25), we obtain:

$$P_r^{-1} \sigma \mathcal{F} = (D^2 - k^2) \mathcal{F} + \sqrt{T_A} D \omega \quad (27)$$

$$P_r^{-1} \sigma (D^2 - k^2) \omega = (D^2 - k^2)^2 \omega - k^2 R_a \mathcal{T} + k^2 R_N \mathcal{X} - \sqrt{T_A} D \mathcal{F} \quad (28)$$

$$\sigma \mathcal{T} - \omega = (D^2 - k^2) \mathcal{T} - N_A N_B L_e^{-1} D \mathcal{T} - N_B L_e^{-1} D \mathcal{X} \quad (29)$$

$$\sigma \mathcal{X} + N_A \omega = N_A L_e^{-1} (D^2 - k^2) \mathcal{T} + L_e^{-1} (D^2 - k^2) \mathcal{X} \quad (30)$$

Where:

$$k = \sqrt{k_x^2 + k_y^2} ; D = d/dz$$

The equations (27) - (30) will be solved subject to the following boundary conditions:

- For the rigid-rigid case;

$$\omega = D\omega = \mathcal{T} = D(\mathcal{X} + N_A \mathcal{T}) = \mathcal{F} = 0 \quad \text{at } z = 0 ; 1 \quad (31)$$

- For the free-free case;

$$\omega = D^2 \omega = \mathcal{T} = D(\mathcal{X} + N_A \mathcal{T}) = D\mathcal{F} = 0 \quad \text{at } z = 0 ; 1 \quad (32)$$

- For the rigid-free case;

$$\omega = D\omega = \mathcal{T} = D(\mathcal{X} + N_A \mathcal{T}) = \mathcal{F} = 0 \quad \text{at } z = 0 \quad (33)$$

$$\omega = D^2 \omega = \mathcal{T} = D(\mathcal{X} + N_A \mathcal{T}) = D\mathcal{F} = 0 \quad \text{at } z = 1 \quad (34)$$

2.3 METHOD OF SOLUTION

In this study we assume that the principle of exchange of stability is valid, as we are interested in a stationary stability study ($\sigma = 0$), then the equations (27)-(30) become:

$$\sqrt{T_A} D w + (D^2 - k^2) \mathcal{F} = 0 \tag{35}$$

$$(D^2 - k^2)^2 w - k^2 R_a \mathcal{T} + k^2 R_N \mathcal{X} - \sqrt{T_A} D \mathcal{F} = 0 \tag{36}$$

$$w + (D^2 - k^2) \mathcal{T} - N_A N_B L_e^{-1} D \mathcal{T} - N_B L_e^{-1} D \mathcal{X} = 0 \tag{37}$$

$$N_A w - N_A L_e^{-1} (D^2 - k^2) \mathcal{T} - L_e^{-1} (D^2 - k^2) \mathcal{X} = 0 \tag{38}$$

We can solve the equations (35)-(38) which are subjected to the conditions (31)-(34), by making a suitable change of variables that makes the number of variables equal to the number of boundary conditions to obtain a set of ten first order ordinary differential equations which we can write it in the following form:

$$\frac{d}{dz} u_i(z) = a_{ij} u_j(z); \quad 1 \leq i, j \leq 10 \tag{39}$$

With:

$$a_{ij} = a_{ij}(k, R_a, T_A, N_B, L_e, R_N, N_A)$$

The solution of the system (39) in matrix notation can be written as follows:

$$U = BC \tag{40}$$

Where:

$$B = \left((b_{ij}(z))_{\substack{1 \leq i \leq 10 \\ 1 \leq j \leq 10}} \right) : \text{ is a square matrix of order } 10 \times 10.$$

$$U = \left((u_i(z))_{1 \leq i \leq 10} \right)^T : \text{ is the unknown vector column of our problem.}$$

$$C = \left((c_j)_{1 \leq j \leq 10} \right)^T : \text{ is a constant vector column.}$$

If we assume that the matrix B is written in the following form:

$$B = \left((u_i^j(z))_{\substack{1 \leq i \leq 10 \\ 1 \leq j \leq 10}} \right) \tag{41}$$

Therefore, the use of five boundary conditions at $z = 0$, allows us to write each variable $u_i(z)$ as a linear combination for five functions $u_i^j(z)$, such that:

$$b_{ij}(0) = u_i^j(0) = \delta_{ij} \tag{42}$$

Where δ_{ij} is the Kronecker delta symbol.

After introducing the new expressions of the variables $u_i(z)$ in the system (39), we will obtain the following equations:

$$\frac{d}{dz} u_i^j(z) = a_{il} u_l^j(z); \quad 1 \leq i, l, j \leq 10 \tag{43}$$

For each value of j , we must solve a set of ten first order ordinary differential equations which are subjected to the initial conditions (42), by approaching the variables $u_i^j(z)$ with power series defined in the interval $[0,1]$ and truncated at the order N , such that:

$$u_i^j(z) = \sum_{p=0}^{p=N} d_p^{i,j} z^p \tag{44}$$

A linear combination of the solutions $u_i^j(z)$ satisfying the boundary conditions (31), (32) or (33) and (34) at $z = 1$ leads to a homogeneous algebraic system for the coefficients of the combination. A necessary condition for the existence of nontrivial solution is the vanishing of the determinant which can be formally written as:

$$f(R_a, k, T_A, N_B, L_e, R_N, N_A) = 0 \tag{45}$$

If we give to each control parameter (T_A, N_B, L_e, R_N, N_A) its value, we can plot the neutral curve of the stationary convection by the numerical research of the smallest real positive value of the thermal Rayleigh number R_a which corresponds to a fixed wave number k and verifies the dispersion relation (45). After that, we will find a set of points (k, R_a) which help us to plot our curve and find the critical value (k_c, R_{ac}) which characterizes the onset of the convective stationary instability, this critical value represents the minimum value of the obtained curve.

2.4 VALIDATION OF THE METHOD

The main aim in this investigation is to study the influence of a uniform rotation on the convective instability of the Newtonian nanofluids in a confined medium filled of a Newtonian nanofluid layer for different cases of boundary conditions: free-free, rigid-free and rigid-rigid cases. Our study shows that the thermal stability of Newtonian nanofluids depends on five parameters : T_A, N_B, L_e, R_N and N_A .

The truncation order N which corresponds to the convergence of our method is determined, when the five digits after the comma of the critical thermal Rayleigh number R_{ac} for a Newtonian nanofluid ($N_B = 0.01, L_e = 100, R_N = 1, N_A = 0.1$) remain unchanged (Tables 1 and 3).

To validate our method, we compared our results with those obtained by Chandrasekhar [8] concerning the Rayleigh-Bénard problem in a rotating medium filled of a regular fluid layer (Tables 4 and 5). To make this careful comparison, we must take into consideration the restrictions $L_e^{-1} = R_N = N_A = N_B = 0$ in the governing equations of our problem.

Table 1. The stationary instability threshold of the Newtonian nanofluid for different values of the Taylor number in the free-free case.

N	$T_A = 100$		$T_A = 400$		$T_A = 1000$	
	k_c	R_{ac}	k_c	R_{ac}	k_c	R_{ac}
15	2.57044	805.42899	3.14490	1162.22820	3.70512	1661.28391
16	2.57044	805.42870	3.14491	1162.22717	3.70515	1661.28256
17	2.57044	805.42938	3.14491	1162.22781	3.70515	1661.28128
18	2.57044	805.42939	3.14491	1162.22799	3.70515	1661.28295
19	2.57044	805.42936	3.14491	1162.22788	3.70515	1661.28217
20	2.57044	805.42936	3.14491	1162.22791	3.70515	1661.28242
21	2.57044	805.42936	3.14491	1162.22791	3.70515	1661.28236
22	2.57044	805.42936	3.14491	1162.22791	3.70515	1661.28237
23	2.57044	805.42936	3.14491	1162.22791	3.70515	1661.28237
24	2.57044	805.42936	3.14491	1162.22791	3.70515	1661.28237
25	2.57044	805.42936	3.14491	1162.22791	3.70515	1661.28237
Exact value	2.57044	805.42936	3.14491	1162.22791	3.70515	1661.28237

Table 2. The stationary instability threshold of the Newtonian nanofluid for different values of the Taylor number in the rigid-free case

N	$T_A = 100$		$T_A = 400$		$T_A = 1000$	
	k_c	R_{ac}	k_c	R_{ac}	k_c	R_{ac}
21	2.84015	1188.87687	3.19644	1454.44537	3.62143	1866.88793
22	2.84015	1188.87684	3.19644	1454.44470	3.62144	1866.87576
23	2.84015	1188.87685	3.19644	1454.44490	3.62143	1866.87944
24	2.84015	1188.87685	3.19644	1454.44486	3.62144	1866.87862
25	2.84015	1188.87685	3.19644	1454.44486	3.62144	1866.87873
26	2.84015	1188.87685	3.19644	1454.44486	3.62144	1866.87874
27	2.84015	1188.87685	3.19644	1454.44486	3.62144	1866.87873
28	2.84015	1188.87685	3.19644	1454.44486	3.62144	1866.87873
29	2.84015	1188.87685	3.19644	1454.44486	3.62144	1866.87873
30	2.84015	1188.87685	3.19644	1454.44486	3.62144	1866.87873
31	2.84015	1188.87685	3.19644	1454.44486	3.62144	1866.87873
Exact value	2.84015	1188.87685	3.19644	1454.44486	3.62144	1866.87873

Table 3. The stationary instability threshold of the Newtonian nanofluid for different values of the Taylor number in the rigid-rigid case

N	$T_A = 100$		$T_A = 400$		$T_A = 1000$	
	k_c	R_{ac}	k_c	R_{ac}	k_c	R_{ac}
22	3.15254	1740.78625	3.27530	1880.49260	3.48211	2136.47610
23	3.15249	1740.79954	3.27486	1880.57516	3.47817	2136.92631
24	3.15251	1740.79543	3.27499	1880.55699	3.47900	2136.91107
25	3.15251	1740.79644	3.27497	1880.55985	3.47891	2136.88477
26	3.15251	1740.79624	3.27497	1880.55968	3.47889	2136.89773
27	3.15251	1740.79627	3.27497	1880.55960	3.47891	2136.89377
28	3.15251	1740.79627	3.27497	1880.55964	3.47890	2136.89466
29	3.15251	1740.79627	3.27497	1880.55963	3.47890	2136.89452
30	3.15251	1740.79627	3.27497	1880.55963	3.47890	2136.89453
31	3.15251	1740.79627	3.27497	1880.55963	3.47890	2136.89453
32	3.15251	1740.79627	3.27497	1880.55963	3.47890	2136.89453
Exact value	3.15251	1740.79627	3.27497	1880.55963	3.47890	2136.89453

Table 4. The comparison of critical values of Rayleigh number and the corresponding wave number with Chandrasekhar [8] for different values of the Taylor number in the free-free and rigid-rigid cases

T_A	Chandrasekhar		Present study			Chandrasekhar		Present study		
	free-free case		free-free case			rigid-rigid case		rigid-rigid case		
	k_c	R_{ac}	k_c	R_{ac}	N	k_c	R_{ac}	k_c	R_{ac}	N
0	2.2214	657.511	2.22144	657.51138	17	3.117	1707.762	3.11632	1707.76177	28
10	2.270	677.1	2.27012	677.07685	21	3.10	1713	3.12087	1712.67407	28
100	2.594	826.3	2.59354	826.28956	19	3.15	1756.6	3.16081	1756.34730	27
500	3.278	1275	2.27756	1274.56710	19	3.30	1940.5	3.31925	1940.19924	29
1000	3.710	1676	3.71043	1676.11802	19	3.50	2151.7	3.48471	2151.34119	30

Table 5. The comparison of critical values of Rayleigh number and the corresponding wave number with Chandrasekhar [8] for different values of the Taylor number in the rigid-free case

T_A	Chandrasekhar		Present study		
	rigid-free case		rigid-free case		
	k_c	R_{ac}	k_c	R_{ac}	N
0	2.682	1100.65	2.68232	1100.64960	22
6.25	2.68	1108.5	2.69450	1107.72808	22
31.25	2.70	1136.5	2.74103	1135.40837	23
62.50	2.79	1169.5	2.79489	1168.72026	23
187.5	2.975	1291.7	2.97549	1290.80447	23

According to the above results, we notice that there is a very good agreement between our results and the previous works, hence the accuracy of the used method. Briefly, the convergence of the results depends greatly on the truncation order N of the power series and also of the Taylor number T_A . Finally, to ensure the accuracy of our obtained critical values for the studied nanofluids, we will take as truncation order:

- N = 22 : for the free-free case .
- N = 27 : for the rigid-free case .
- N = 30 : for the rigid-rigid case.

3 RESULTS AND DISCUSSION

To study the effect of a parameter (T_A, N_B, L_e, R_N, N_A) on the onset of the convective instability in a rotating medium filled of a Newtonian nanofluid layer, we must plot in Figs 2-5 the variation of the critical thermal Rayleigh number R_{ac} as a function of the Taylor number T_A for different values of this parameter and compare the obtained results with those of the regular fluids which are characterized by:

$$L_e^{-1} = R_N = N_A = N_B = 0$$

Generally the variation in the critical thermal Rayleigh number R_{ac} with the Taylor number T_A is an increasing function whatever the value taken for the parameters N_B, L_e, R_N and N_A , so the presence of the Coriolis forces allows us to reduce the effect of the buoyancy forces, hence the Taylor number T_A has a stabilizing effect. The precedent figures confirm that the presence of the friction on the horizontal walls is a factor producing the thermal stability of the system, such that :

$$R_{ac}^{rr} > R_{ac}^{rf} > R_{ac}^{ff}$$

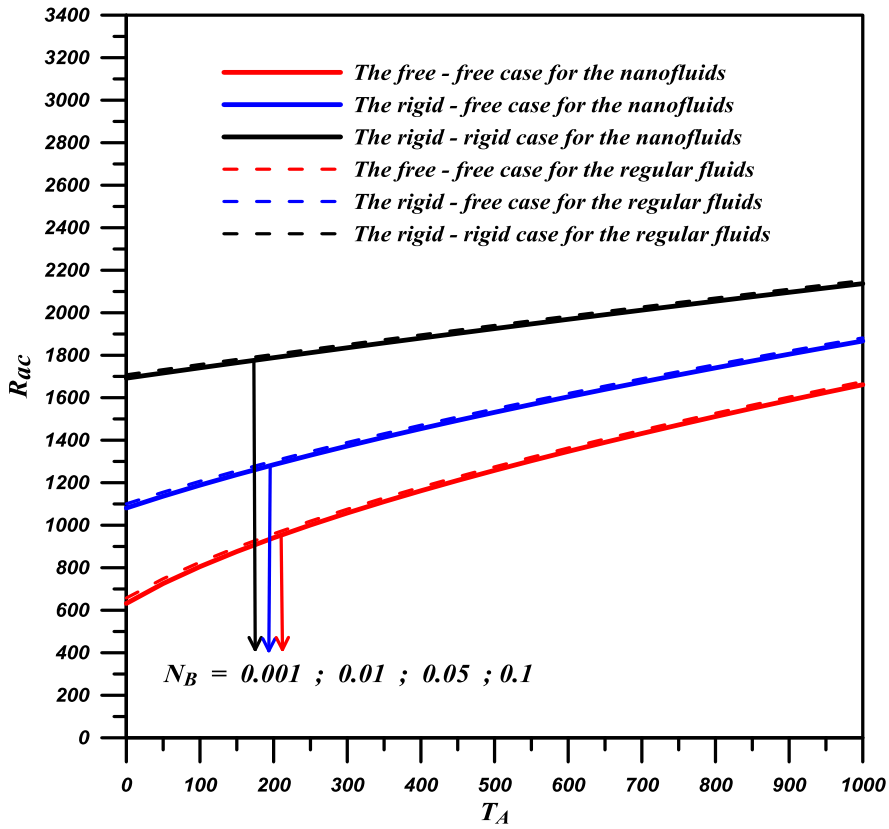


Fig. 2. Plot of R_{ac} as a function of T_A for different values of N_B in the case where $L_e=100$, $R_N=1$ and $N_A=0.1$

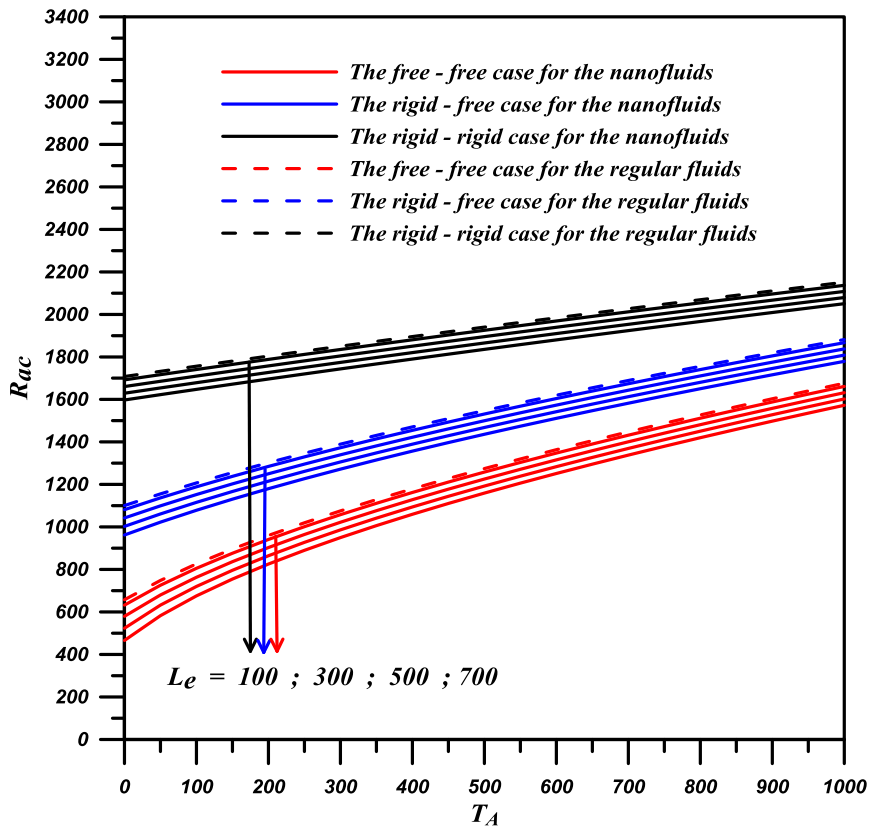


Fig. 3. Plot of R_{ac} as a function of T_A for different values of L_e in the case where $N_B=0.01$, $R_N=1$ and $N_A=0.1$

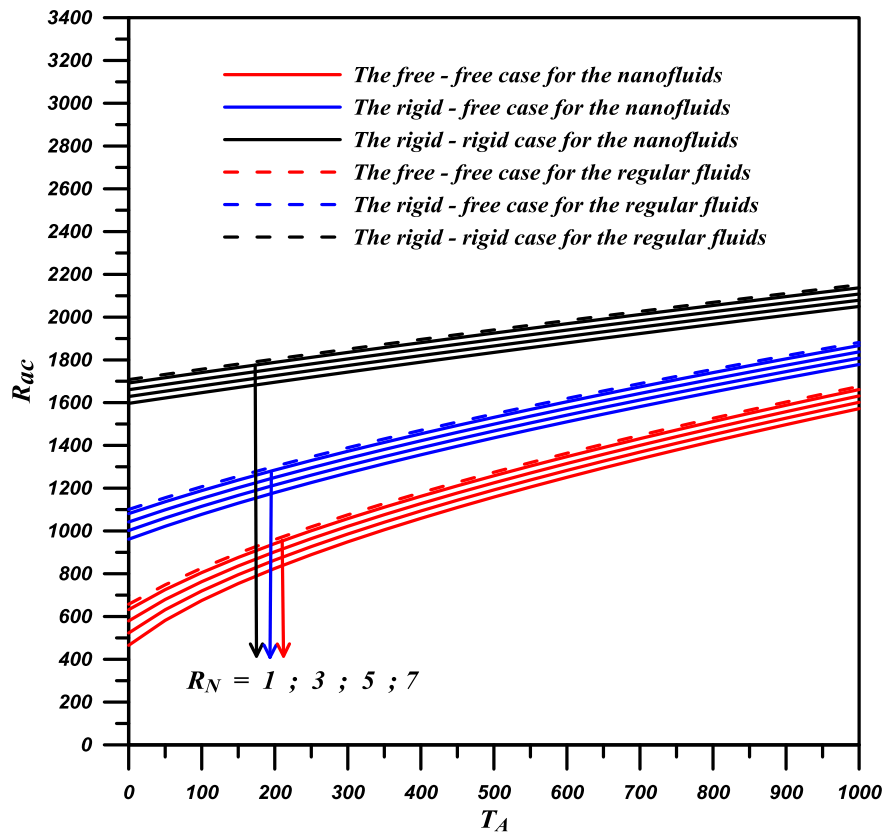


Fig. 4. Plot of R_{ac} as a function of T_A for different values of R_N in the case where $N_B=0.01$, $L_e=100$ and $N_A=0.1$

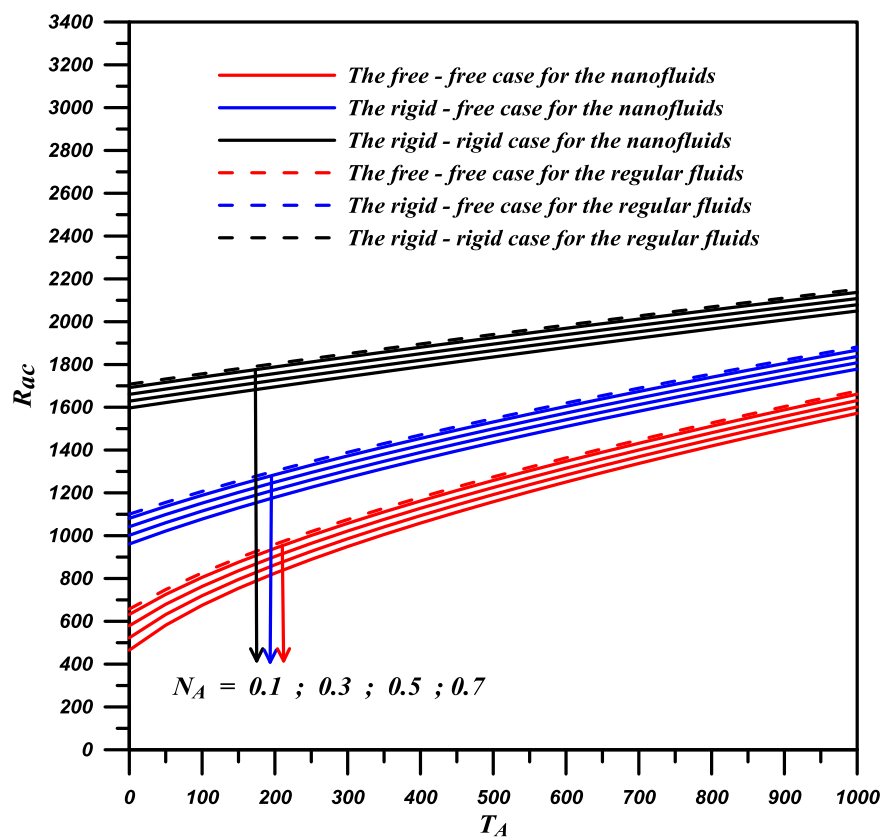


Fig. 5. Plot of R_{ac} as a function of T_A for different values of N_A in the case where $N_B=0.01$, $L_e=100$ and $R_N=1$

The Fig 2 shows that the modified particle-density increment N_B has almost no effect on the convective instability of the nanofluids, this result may be explained by its low value ($N_B \sim 10^{-3} - 10^{-1}$) which appears only in the perturbed energy equation (22) as a product with the inverse of the Lewis number ($L_e \sim 10^2 - 10^3$) near the temperature gradient and the volume fraction gradient of nanoparticles, so the effect of this parameter on the onset of convection in nanofluids will be very small which we can neglect it .

From the Figs 3 and 4 we conclude that an increase either in the Lewis number L_e or in the concentration Rayleigh number R_N allows us to accelerate the onset of the convection, hence they have a destabilizing effect .Therefore, to ensure the stability of the system, we can use the nanofluids which are having a less thermal diffusivity or containing less dense nanoparticles.

In this investigation, we find also that an increase in the volume fraction of nanoparticles destabilizes the nanofluids, because an increase in this parameter, increases also the Brownian motion and the thermophoresis of nanoparticles, which cause the destabilizing effect, this result confirm that the regular fluids are more stable than the nanofluids.

When the modified diffusivity ratio N_A increases, the temperature difference between the horizontal plates also increases. The Fig 5 shows that an increase in the modified diffusivity ratio N_A allows us to decrease the critical thermal Rayleigh number R_{ac} , this result can be explained by the increase in the buoyancy forces which destabilizes the system.

4 CONCLUSIONS

In this paper, we have examined the effect of a uniform rotation on the onset of convection in a confined medium filled of a Newtonian nanofluid layer, heated uniformly from below and cooled from above for free-free, rigid-rigid and rigid -free boundaries in the case where the nanoparticle flux is zero on the boundaries. The contribution of the Brownian motion and the thermophoresis of nanoparticles in the equation expressing the buoyancy effect coupled with the conservation of nanoparticles have a major effect on the onset of convection compared with their contributions in the thermal energy equation .

The resulting eigenvalue problem is solved analytically and numerically using the power series method. The behavior of various parameters like the Taylor number T_A , the modified particle-density increment N_B , the Lewis number L_e , the concentration Rayleigh number R_N and the modified diffusivity ratio N_A on the onset of convection has been analysed. The results can be summarized as follows:

- I. The presence of the Coriolis forces allows us to stabilize the Newtonian nanofluids, such that an increase in the Taylor number T_A induces also an increase in the critical thermal Rayleigh number R_{ac} .
- II. The presence of the friction on the horizontal walls is a factor producing the thermal stability of the system, where the rigid-rigid case is the more stable case compared with the rigid-free and free-free cases , such that:

$$R_{ac}^{rr} > R_{ac}^{rf} > R_{ac}^{ff}$$

- III. To ensure the stability of the system, we can use the nanofluids which are having a less thermal diffusivity, a low concentration of nanoparticles or consisting of less dense nanoparticles.
- IV. An increase either in the volume fraction of nanoparticles, in the buoyancy forces, in the Brownian motion or in the thermophoresis of nanoparticles allows us to destabilize the nanofluids.
- V. The regular fluids are more stable than the nanofluids.
- VI. The used method to solve the convection problem gives more accurate results, because the absolute error of the obtained critical values which characterize the onset of the convection is of the order of 10^{-6} , Hence, we can used our results as a reference to validate other results of the similar problems .

NOMENCLATURE

Symbols :

D_B	Brownian diffusion coefficient (m^2/s)
D_T	Thermophoretic diffusion coefficient (m^2/s)
g	Acceleration due to gravity (m/s^2)
h	Layer depth (m)
κ	Thermal conductivity of Nanofluid ($W/K.m$)
k_x^*	Wave number in x^* direction (m^{-1})
k_y^*	Wave number in y^* direction (m^{-1})
k_c^*	Critical wave number (m^{-1})
L_e	Lewis number
N_A	Modified diffusivity ratio
N_B	Modified particle-density increment
P^*	Pressure (Pa)
P_r	Prandtl number
R_a	Thermal Rayleigh number
R_{ac}	Critical Rayleigh number
R_M	Density Rayleigh number
R_N	Concentration Rayleigh number
\vec{V}^*	Velocity vector (m/s)
T_A	Taylor number
T^*	Temperature (K)
t^*	Time (s)
u^*, v^*, w^*	Velocity components (m/s)
x^*, y^*, z^*	Cartesian coordinates (m)

Greek symbols :

α	Thermal diffusivity of nanofluid (m^2/s)
β	Thermal expansion coefficient of base fluid (K^{-1})
Ω	Angular velocity ($rad.s^{-1}$)
η	Viscosity of nanofluid (Pa.s)
ρ	Nanofluid density (kg/m^3)
ρ_0	Fluid density at reference temperature (kg/m^3)
(ρc)	Heat capacity of nanofluid ($J/m^3.K$)
$(\rho c)_p$	Heat capacity of nanoparticles ($J/m^3.K$)
σ^*	Growth rate of disturbances (s^{-1})
χ^*	Volume fraction of nanoparticles

Superscripts :

*	Dimensional variable
'	Perturbation variable
ff	Free - Free case
rf	Rigid - Free case
rr	Rigid - Rigid case

Subscripts :

c	Cold
h	Hot
ac	Critical number
b	Basic solution
f	Base fluid
p	Nanoparticle

REFERENCES

- [1] J. Buongiorno, "Convective transport in nanofluids," *Journal of Heat Transfer*, vol.128, pp.240-250, 2006.
- [2] D.Y. Tzou, "Thermal instability of nanofluids in natural convection," *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol.51, pp.2967-2979, 2008.
- [3] D.Y. Tzou, "Instability of nanofluids in natural convection", *ASME Journal of Heat Transfer*, 130, 2008, 372-401.
- [4] D.A. Nield and A.V. Kuznetsov, "The onset of convection in a horizontal nanofluid layer of finite depth," *European Journal of Mechanics B/Fluids*, vol.29, pp.217-233, 2010.
- [5] Dhananjay Yadav, R. Bhargava and G.S. Agrawal, "Numerical solution of a thermal instability problem in a rotating nanofluid layer," *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol.63, pp.313-322, 2013.
- [6] Dhananjay Yadav, R. Bhargava and G.S. Agrawal, "Thermal instability in a nanofluid layer with a vertical magnetic field," *J.Eng. Math*, vol.80, pp.147-164, 2013.
- [7] Dhananjay Yadav, R. Bhargava, G. S. Agrawal, Gyeong S. Hwang, Jinho Lee and M. C. Kim, "Magneto-convection in a rotating layer of nanofluid," *Asia-Pac. J. Chem. Eng.*, DOI: 10.1002/apj.1796.
- [8] S. Chandrasekhar, *Hydrodynamic and hydromagnetic stability*, Oxford University Press, Oxford, 1961.
- [9] D.A. Nield and A.V. Kuznetsov, "Thermal instability in a porous medium layer saturated by a nanofluid: a revised model," *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol.68, pp.211-214, 2014.
- [10] Shilpi Agarwal, "Natural Convection in a Nanofluid-saturated rotating porous layer: a more realistic approach," *Transp. Porous Med.*, vol.104, pp.581-592, 2014.
- [11] I.S. Shivakumara, M. Dhananjaya and Chiu-On Ng, "Thermal convective instability in an Oldroyd-B nanofluid saturated porous layer," *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol.84, pp.167-177, 2015.
- [12] Shilpi Agarwal and Puneet Rana, "Thermal stability analysis of rotating porous layer with thermal non-equilibrium approach utilizing Al₂O₃-EG Oldroyd-B nanofluid," *Microfluid Nanofluid*, DOI 10.1007/s10404-015-1554-8.
- [13] A.Wakif , Z.Boulahia and R.Sehaqui, "A Realistic Approach for Studying the Effect of an Internal Heat Source on the Onset of Convection in a Newtonian Nanofluid Layer: rigid-rigid case," *IOSR-Journal of Mathematics*, vol.11, issue 5 , Ver. IV, pp.21-30, 2015.
<http://iosrjournals.org/iosr-jm/papers/Vol11-issue5/Version-4/D011542130.pdf>
- [14] A.Wakif and R.Sehaqui, "A Realistic Study of the Rayleigh-Bénard Problem in the Newtonian Nanofluids with a Uniform Heat Source: Free-Free Case," *International journal of science and research (IJSR)*, vol.4, issue 10, p. 611-615, 2015.
<http://www.ijsr.net/archive/v4i10/SUB158772.pdf>

DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE DANS LE BASSIN VERSANT DE LA RIVIERE WESHA, VILLE DE BUKAVU

[DYNAMIC SEDIMENTARY IN WATERSHED OF WESHA RIVER, BUKAVU CITY]

Richard BIRINDWA Cubwe

Département de Géographie, Section des Sciences Exactes, Institut Supérieur Pédagogique de Walungu, 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 examining the sediments which results by Wesha river localated in Bukavu town. It opens out on two periods of five months each, from decemer 2009 to April 2010 and october 2014 to february 2015. On the first period, Wesha river lively average of 7, 4 tons of sediments suspension per a day and after five years ago result is 13, 9 tons of sediments, it increases of 85% percent. The specific degradation passed at ~0, 9 tons of the soil full out square meter of 1, 7 tons at square meter per a day. The 13, 9 tons of sediments which are observed at outlet, find out the originat 44% at the underwatershed of Cidorhwe river wich joins Wesha river at 1km to one's mouth. The new out break of sediments explain with speed up human activity in the watershed wich has 3000 household in 2009 to 5000 household in2014. The latter is responsible of soil bared on slopes sensitive to water erosion wich appears under aggressive climate (rainy period) of this region full of mountains.

KEYWORDS: measure of flow measurement, dynamic sedimentary, watershed, human activity.

RESUME: Ce travail examine les sédiments transportés par la rivière Wesha, dont le bassin versant est localisé dans la ville de Bukavu. Il se base sur des mesures de matière en suspension effectuées sur deux périodes de cinq mois chacune, soit de décembre 2009 à avril 2010 et d'octobre 2014 à février 2015. La première campagne de mesure montre que la rivière entraînait en moyenne 7,4 tonnes de sédiments en suspension par jour alors que cinq ans plus tard elle entraînait 13,9 tonnes, soit une augmentation de plus de 85 %. La dégradation spécifique est alors passée de ~0,9 tonne de sols arrachés par km² par jour à 1,7 tonne. Les 13,9 tonnes de sédiments observées à l'exutoire, trouvent leur origine à 44% dans le sous bassin versant de la rivière Cidorhwe qui rejoint la Wesha à 1 km de son embouchure. L'augmentation des sédiments s'explique par l'anthropisation accélérée du bassin versant qui comptait 3000 ménages en 2009 et 5000 ménages en 2014. Celle-ci est responsable d'une dénudation des sols sur des pentes sensibles à l'érosion hydrique qui apparait sous le climat agressif (pluvieux) de cette région montagneuse.

MOTS-CLEFS: mesure de débit, dynamique sédimentaire, bassin versant, anthropisation.

1 INTRODUCTION GENERALE

Une prise de conscience internationale face aux érosions des sols comme l'un des écosystèmes et ses conséquences associées est à la une au 21^e siècle (Yao, 2008).

Les causes et les impacts de cette modification des paysages font objet de nombreux débats pour éradiquer ce drame que nous essayerons d'analyser ici. L'eau érode et joue en même temps un rôle primordial et irremplaçable dans le développement de la vie humaine, animale ou végétale et de toute la nation entière. L'érosion du sol par l'eau est une

sérieuse menace à la pérennité de la vie tant humaine, faunique que floristique et l'action de l'homme sur les paysages et à la modification des pratiques agricoles est un facteur aggravant de l'érosion hydrique mais peut être réversible pourvu que l'homme comprenne qu'il menace sa propre vie en détériorant son environnement pédologique support de toute vie sur notre Terre qui est aussi une masse rocheuse à l'absence du sol.

En outre, « les sols tropicaux sont fragiles et la destruction de la végétation les affecte très rapidement. Sur les pentes de 1 à 3°, l'érosion torrentielle est intense sous une pluviosité supérieure ou égale à 1200 mm d'eau l'an » (Tricart, 1974).

Les érosions s'intensifient davantage avec l'action anthropique (lotissements, activités agropastorales,...) sous climat pluvieux doué d'une grande agressivité et surtout dans les régions équatoriales montagneuses.

La ville de Bukavu en général, et le bassin versant de la rivière Wesha en particulier, avec son relief accidenté est actuellement confronté aux problèmes environnementaux de glissement de terrain, de ravinement, d'urbanisation incontrôlée, d'inondation et des eaux boueuses dégradant spécifiquement le sol d'où il semble y avoir une recrudescence de l'érosion fluviale dans ledit bassin versant.

Dans le bassin versant de la rivière Wesha, non seulement que l'adduction en eau potable de la REGIDESO (Régie Nationale de distribution d'eau) est quasi absente, mais aussi la qualité des eaux de cette rivière est précaire ; elles sont turbides avec une couleur argileuse (Fig.1.) et indépendamment de cette turbidité, la population les utilise.



Fig. 1. Lessivage d'habits, puisage et baignade d'eaux laiteuses au confluent Wesha-Cidorhwe au 5 octobre 2014.

Les activités anthropiques dans le bassin versant de la rivière Wesha, entre autre l'agriculture, lotissement et carrières des pierres pour les constructions, dénudent les sols et les rend sensibles à l'érosion en pleine région montagneuse

équatoriale à pluviométrie intense et l'érosion hydrique y devient active rendant la rivière turbide pour sédimenter dans le lac Kivu.

La rivière Wesha à son arrivée dans le lac Kivu, elle a une couleur argileuse qui la différencie de celles du lac.

L'existence des sédiments dans la rivière Wesha n'est pas sans conséquence néfaste aux espèces aquatiques car la pollution des eaux provoque la mort de plusieurs espèces aquatiques avec une réaction en chaîne endommageant la vie tant animale que végétale de toute la région (Chaponnière, 2005).

Le présent travail qui cherche à examiner et présenter la manière dont évoluent les charges en suspension dans les débits de la rivière Wesha, les causes préalables de cette érosion fluviale et expliquer l'origine de la turbidité actuelle à l'exutoire de la Wesha exige le mesurage des débits à des endroits différents sur la rivière et le prélèvement des précipitations dans le bassin versant. Ainsi nous avons choisi trois sites différents de prélèvement des données dont l'exutoire de la Wesha, sur son affluent principal la rivière Cidorhwe et sur la Wesha avant de recevoir son affluent principal précité.

La rivière faisant objet de notre travail est localisée dans un espace bâti (loti) et urbain. Cela veut dire que la population du bassin versant de la rivière Wesha doit avoir une influence directe peu ou grande soit – elle sur la dynamique de l'érosion fluviale de la rivière Wesha.

2 ZONE D'ETUDE

Le bassin versant de la rivière Wesha est l'un des sept qui constituent la ville de Bukavu. Sa superficie est de 8,4km² et son point culminant est à 2197m (le point culminant de toute la ville de Bukavu) sur le sommet du mont Mbogwe. La rivière Wesha dévale les hauteurs vers le littoral lacustre du sud-ouest à 2014 mètres d'altitude (sa source) vers le nord-est à 1460 mètres d'altitude (son embouchure dans le Lac Kivu) soit une dénivellation de 554m. Ce bassin versant est à cheval entre la commune de Bagira et la commune de Kadutu dans la ville de Bukavu.

La rivière Wesha appartient au bassin hydrographique du Lac Kivu qui à son tour évacue ses eaux par la rivière Ruzizi vers le sud de la ville de Bukavu.

La rivière Wesha a trouvé une bonne solution pour les inondations en aval car elle est, ramifiée, mais elle n'en est pas donnée pour sa turbidité. La sédimentation, comme sur le littoral de la rivière Tshula, y construit une plaine littorale (Birembano, 2013).

La plaine alluviale de la rivière Wesha, repousse de plus en plus les eaux du lac Kivu. Cette construction alluvionnaire est un signe tangible d'une forte dégradation des sols urbains amplifiée par la densification de l'habitat et d'autres activités anthropiques (carrières, cultures vivrières, bois de chauffage). Ces alluvions ont beaucoup modifié la végétation côtière en transformant le littoral en marécages. Le bassin versant de la rivière Wesha s'urbanise de l'embouchure vers la source et comptait 3.000 ménages en 2009 pour totaliser 5.000 ménages en 2014 (statistiques des Communes de Kadutu et de Bagira 2010 et 2014). Cette croissance rapide de la population est due du fait que les espaces non habités sont encore importants en amont qu'en aval de ce bassin versant.

Le bassin versant de la rivière Wesha a un sous-sol constitué de coulées de laves anciennes, avec des sols d'altération argilo-limoneuse épais dus au climat tropical chaud et humide (climat agressif) d'altitude. L'étude des profils d'altération des zones D'Ibanda, de Kadutu et de Bagira (Fig. 2) montre que le sous-sol y est constitué de coulées successives des basaltes séparées par des phases d'altération plus ou moins intenses. Ces coulées sont séparées par les lits argileux rouges représentant des paléosols recouverts par une coulée postérieure.

La situation naturelle du bassin versant de la rivière Wesha (pluviosité, topographie et nature des sols) a depuis toujours donné lieu à d'importants mouvements gravitaires (Fig. 3), qui sont bien visibles sur les photos aériennes de 1959 et 1984 ((Migombano 2011).

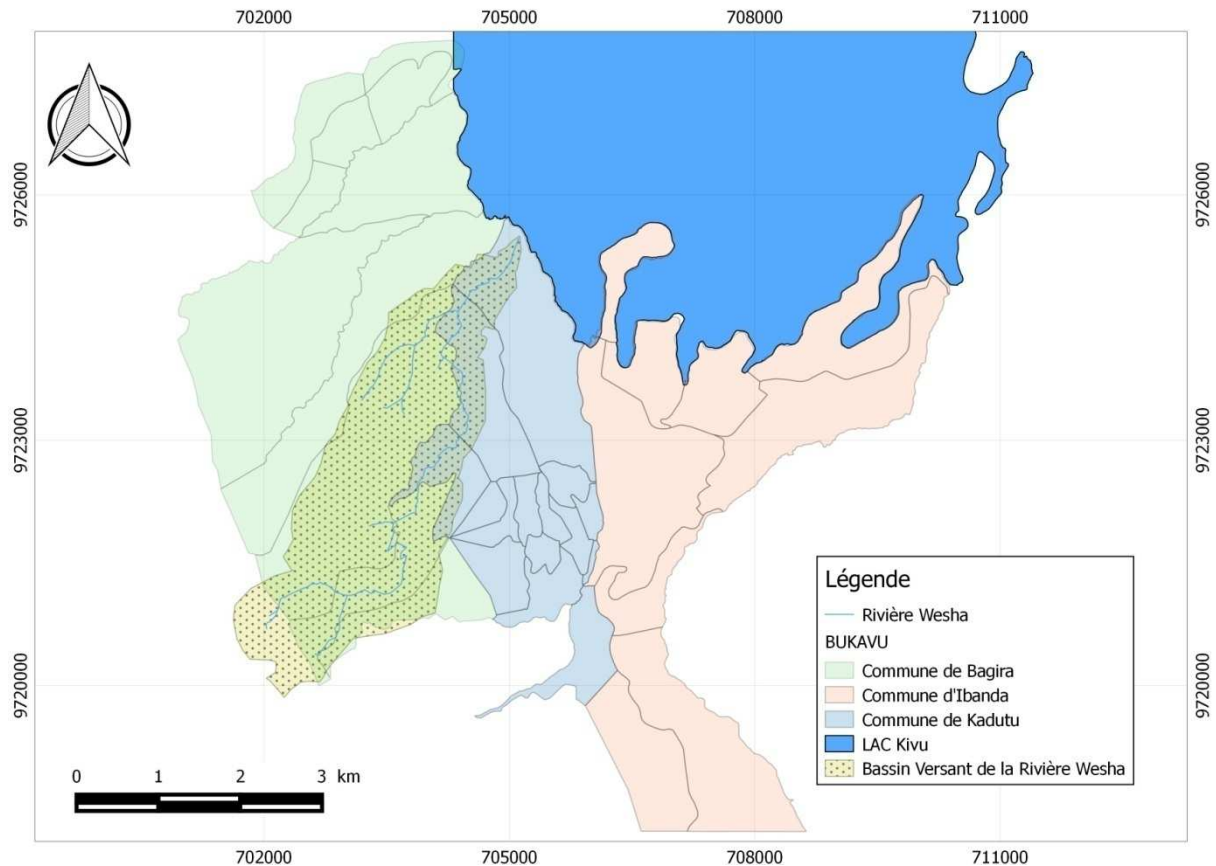


Fig. 2 : localisation du bassin versant de la rivière Wesha dans la ville de Bukavu

Les argiles au sens restreint du terme ont le caractère de pain d'épices, comprenant généralement des phénocristaux blancs. Les Kaolinites sont disséminées dans la pâte argileuse rouge et la composition de cette pâte argileuse varie d'un affleurement à l'autre avec la prédominance des illites et montmorillonites dans le dit bassin versant. La composition granulométrique varie également suivant les affleurements, la fraction supérieure ou égale à 0,05mm est quasi absente et représente 0%, celle comprise entre 0,05 et 0,02mm, 43% et en fin la fraction inférieure à 0,002mm représente 57% (Birembano, 2013).

Le bassin versant de la rivière Wesha étant en pleine urbanisation, la population s'y installe avec moins de plan d'aménagement pourtant en général les zones bâties en 2001 sont plus exposées aux mouvements de masse que celles de 1954 (Migombano, 2011).

Dans la zone intertropicale, les pluies sont généralement intenses, surtout là où il y a des influences orographiques. Si les précipitations constituent un moteur principal en hydrologie, l'activité érosive des rivières sera ainsi liée à ces premières (. L'occupation spatiale et la nature du sol ne sont pas à exclure de cette réalité (érosion fluviale).

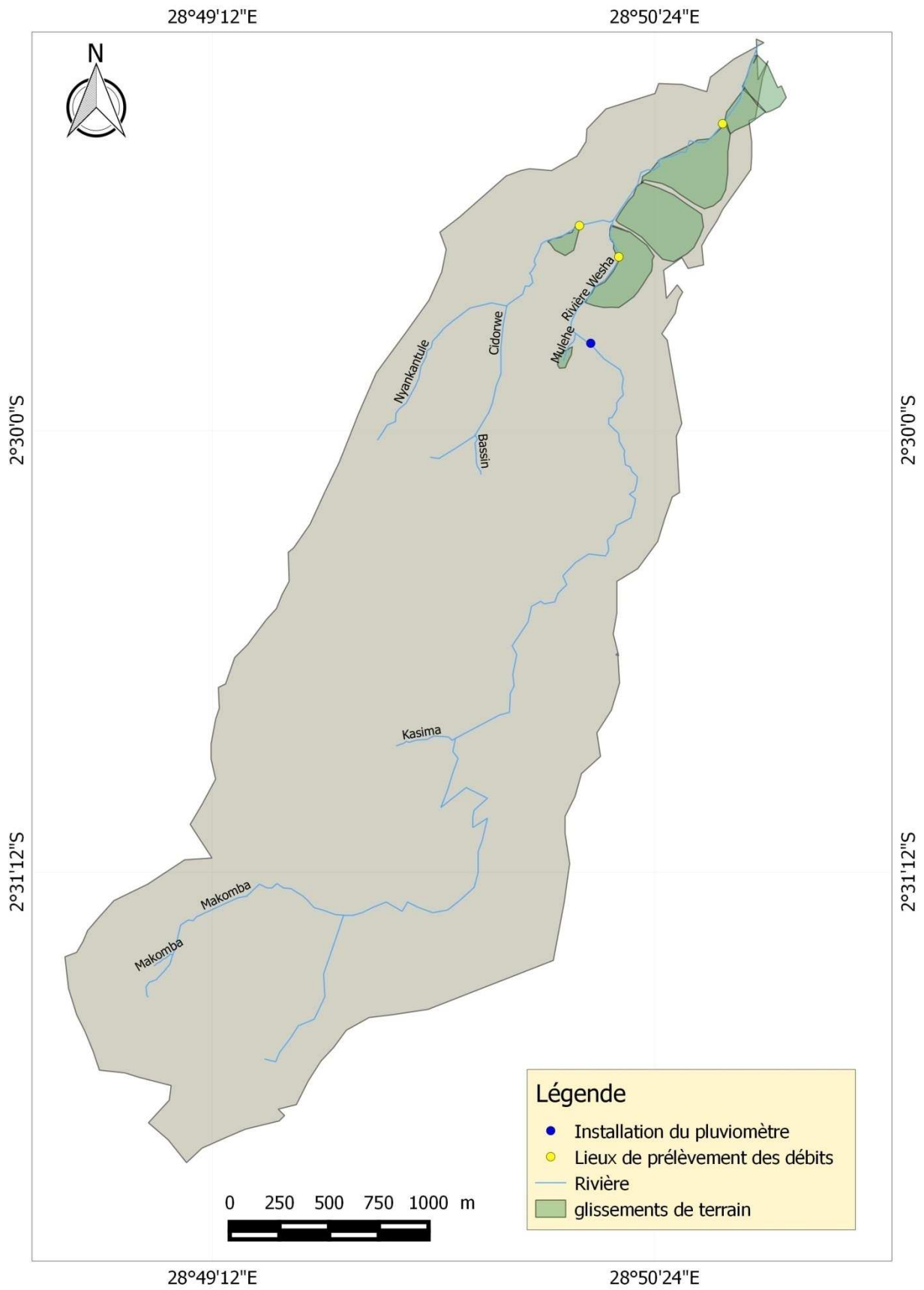


Fig. 3 : Le bassin versant de la rivière Wesh.

3 METHODOLOGIE

Ce travail s'étend sur deux durées différentes de cinq mois chacune, soit de décembre 2009 en Avril 2010 et d'octobre 2014 en Février 2015.

En 2009-2010, les données ont été prélevées sur un seul site mais dans le présent cas où nous examinons l'évolution des sédiments dans un bassin versant montagneux sur différentes périodes ; pourtant l'érosion n'attaque pas uniformément tout un bassin, mais ses parties les plus vulnérables (pentes fortes ou dégarnies de végétation, roches meubles ou tendres sous climat agressif), il est impérieux de varier les sites de prélèvement des données en 2014-2015 tout en appliquant la même méthodologie qu'en 2009-2010. Ainsi, en deuxième période trois sites (sites nommés A, B et C) relativement calmes ont été choisis tel qu'ils sont visibles sur la figure n° 3. En plus, le site A correspond à l'unique site de prélèvement en première période (2009-2010).

La présente thématique se résume sur le schéma (Fig.4) ci-dessous de la manière suivante :

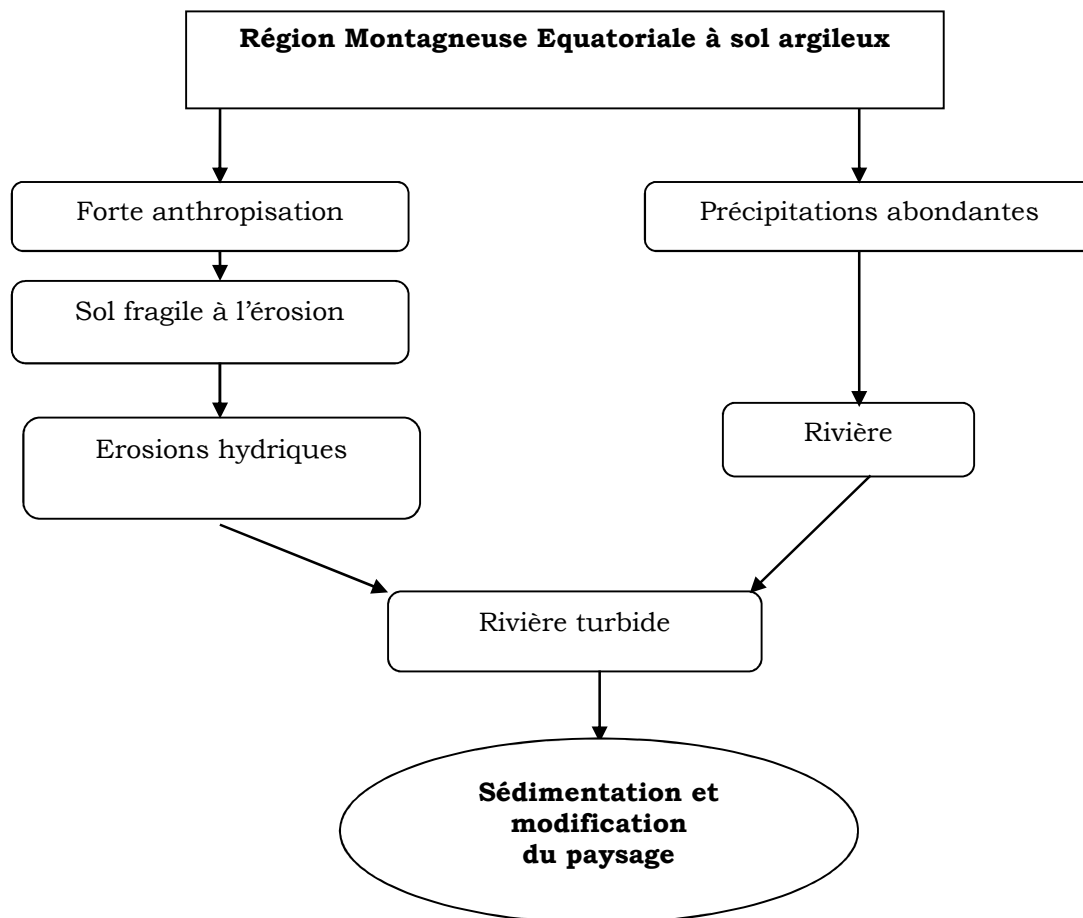


Fig. 4 : Domaine d'étude

Le domaine d'étude de la présente thématique avec ses deux branches est un domaine très vaste. Cette étude va s'articuler sur une seule branche de la thématique, celle des mesures pluviométriques et hydrologiques nous permettant d'aboutir aux résultats de la quantification des matières en suspension.

3.1 TERRAIN ET OUTILS UTILISÉS

Les levés de terrain ont été complétés à l'aide d'un GPS GARMIN Etrex 30. Ces levés ont été combinés avec en support une image satellitaire Pleiades de Bukavu de juillet 2013 à 0.5m de résolution. Celle-ci a été utilisée avec le logiciel de cartographie Quantum SIG pour dresser la carte du bassin versant.

Le terrain a été fait pendant cinq mois à raison de deux jours par semaines pour réunir les quelques données hydrologiques présentées dans ce travail et celles des mesures pluviométriques supervisées en toute période pluvieuse dans le bassin versant de la rivière.

3.2 MESURES PLUVIOMETRIQUES

Nous avons procédé par la mise en station d’un pluviomètre dans le bassin versant de la rivière Wesha à sa rive droite (30 mètres de la rivière) à deux kilomètres de l’embouchure tel que localisé sur la figure n° 3. Pour ce faire, nous avons utilisé le même pluviomètre pendant les deux périodes d’observation (Fig.5).



Fig.5 : Pluviomètre utilisé

Dans le souci de la fiabilité des données, la mise en station du pluviomètre a tenu compte de certains critères, entre autre le choix d’un terrain aéré et dégagé pour éviter que les gouttes de pluies renvoyées par les feuillages et les toitures ne biaisent les résultats et un terrain relativement plan pour éviter l’inclinaison du plan horizontal du dispositif pluviométrique.

Pour annuler l’effet de splash, le pluviomètre a été placé à deux mètres de haut.

Le récipient utilisé était cylindrique avec 19 cm de diamètre, fixé verticalement au-dessus de la tablette et sa surface a été calculée par le rapport :

$$\text{Surface cylindrique (SC)} = r^2 \pi$$

$$SC = 90,25 \text{ cm}^2 \times 3,14$$

$$SC = 283,385 \text{ cm}^2 \text{ et/ou } 2,83385 \text{ dm}^2$$

$$\text{Ainsi, } \frac{1 \text{ dm}^3}{2,83385 \text{ dm}^2} = 0,35287 \text{ dm soit } 35 \text{ mm.}$$

Un récipient cylindrique de 9,5 cm de rayon, un litre d’eau est égale à 35 mm.

Comme les précipitations s’expriment couramment en millimètre (mm), toutes les précipitations recueillies dans ce pluviomètre en litre, ont été multipliées par 35.

3.3 DÉBITS LIQUIDES (Q.L.)

Le débit liquide est le volume d’eau écoulé en une seconde par un cours d’eau en un point donné de son parcours s’exprimant en mètre cube par seconde (m³/s) ou en litre par seconde (l/s).

L’eau de pluie ruisselle d’autant plus au lieu de s’infiltrer que la surface est plus inclinée. Les bassins montagneux sont donc les théâtres des crues rapides...L’hydrologie repose avant tout sur la connaissance *des débits*. On les détermine par les jaugeages. Jauger un cours d’eau consiste en général à mesurer sa vitesse et à multiplier celle-ci par sa section mouillée (Ambroise, 1998).

Pour mesurer les débits liquides, nous avons utilisé les flotteurs en plastiques attachés sur une planche par des cordes légères ne pouvant pas être imbibées d’eau. Ces cordes étaient de deux mètres de longueur chacune (Fig.6) car il n’est pas facile de trouver une section mouillée relativement calme et long dans une région montagneuse. Elles étaient séparées par

30 cm d'équidistance d'une rive à une autre et le nombre de flotteurs variait en fonction de l'élargissement du lit de la rivière en période pluvieuse.

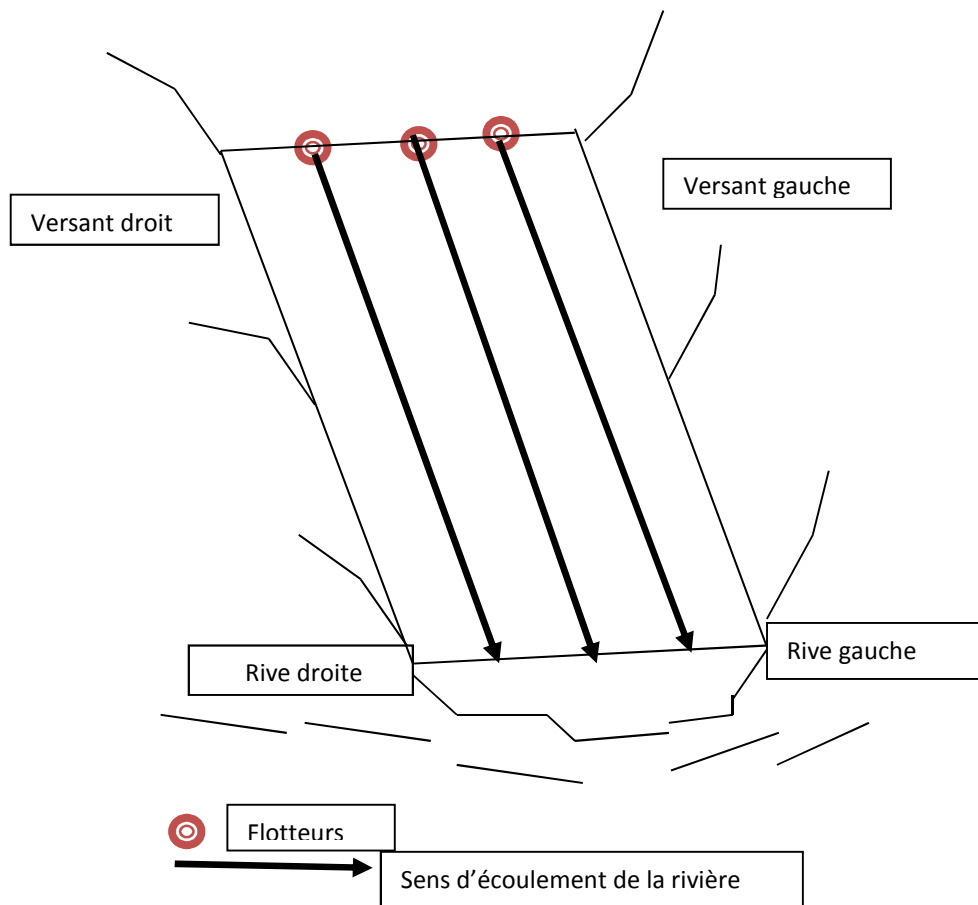


Fig. 6 : schéma de prélèvement des vitesses moyennes superficielles

Il suffisait de lâcher les flotteurs l'un après l'autre et chronométrer leur temps d'arriver après un parcours de deux mètres.

Avec les flotteurs et les chronomètre, nous n'avions trouvé que la vitesse moyenne superficielle (VMS) de la section mouillée (SM) de la rivière exprimée en m/s ; d'où la nécessité de prélever les profondeurs correspondantes (Fig.7) aux lieux de départ de différents flotteurs à l'aide d'une latte graduée.

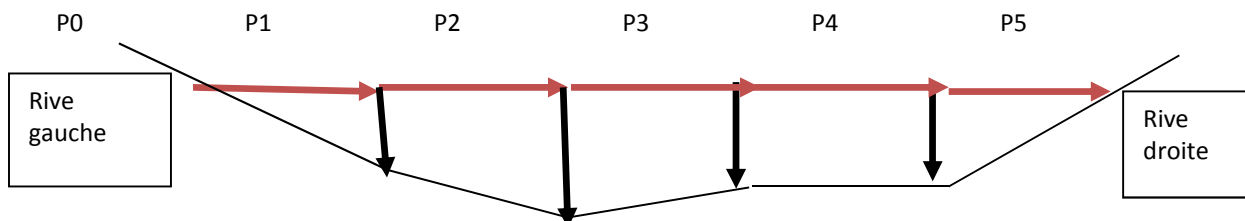


Fig.7 : schéma de mesure de la section mouillée

Pour calculer la surface de la section mouillée (SM), sur papier, nous avons adopté une échelle de 1 cm = 1 dm en reliant les différentes parties et déterminions leurs formes géométriques pour mieux calculer.

En termes de formule :

$$VMS = \frac{\text{distances parcourues par les flotteurs}}{\text{temps moyen d'arrivée des flotteurs}} \times K$$

Avec k = Coefficient de rugosité. Il est de 0,85 pour les cours d'eau à lits argileux et 0,75 pour les cours d'eau à lits caillouteux, la vitesse de l'eau étant réduite sur les lits argileux que caillouteux (Chuzeville, 1990).

La section mouillée (SM) est obtenue en addition toutes les surfaces des figures géométriques obtenus.

Ainsi, $SM = S1 + S2 + S3 + \dots + Sn$

Elle s'exprime en m² (mètre carré).

Enfin, le débit liquide exprimé en m³/s et/ou en l/s sera : $VMS \times SM$.

Les trois sites choisis sont localisés comme suit :

- a) A 450 mètres de l'embouchure derrière la société brassicole appelée BRALIMA où la Wesha a déjà reçu tous ses affluents se localise le site A correspondant à l'unique site de prélèvement en première période 2009-2010 ;
- b) A 1,3 kilomètre de l'embouchure où la Wesha n'a pas encore reçu son affluent principal de sa rive droite, la rivière Cidorhwe (B) ;
- c) A 1,4 kilomètre de l'embouchure sur l'affluent principal de la Wesha, la Cidorhwe (C).

3.4 MESURE DES DÉBITS SOLIDES (QS)

La présente étude concerne le transport en suspension et non les transports de fond ni en solution. Pour déterminer la charge en suspension, nous avons utilisé les boîtes métalliques (boîtes de NIDO vide) de la capacité d'un litre chacune.

En plongeant la boîte au milieu du bief de prélèvement (au milieu de la section mouillée) des données et la récupérer, elle vient remplie non seulement de l'eau, mais aussi avec des charges en suspension.

Cette eau contenue dans un litre d'eau est soumise à l'évaporation pour y soutirer les sédiments en suspension c'est-à-dire la fraction solide contenue dans un litre d'eau turbide.

Pour une évaporation complète, l'eau était chauffée sur le réchaud dans une petite casserole où les charges en suspension précipitaient vers le fond de la casserole. Une lame de rasoir a été utilisée pour gratter les sédiments collés au fond de la casserole.

En fin, les sédiments recueillis étaient pesés sur la balance de précision de marque Kern au laboratoire d'hydrobiologie à l'ISP/Bukavu pour obtenir la charge solide exprimée en gramme par litre (g/l).

Le débit en suspension est le poids de sédiments transportés en suspension par la rivière en une seconde et en une section de son parcours.

Ce débit est obtenu alors en multipliant le débit liquide par la charge solide.

En termes de formule :

$$Q.S.) Q.L. \times C.S$$

Avec : CS = Charge en suspension en gramme par litre (g/l) et par seconde ;

Q.L. = débit liquide en litre par seconde (l/s) ;

Q.S. = débit solide en gramme par seconde et par débit liquide.

Il est aisé d'estimer la charge en suspension par jour, par mois voire par an connaissant celle transportée en une seconde, un jour comptant 86400 secondes. Les débits solides permettent en fin de déterminer la dégradation spécifique (Dg) qui est la quantité de matériaux arrachés sur le bassin versant par unité de surface (Péguy 1970). Elle est déterminée par le rapport :

$$Dg = \frac{\text{Débits solides}}{\text{Supérficie du bassin-versant}}$$

Cette formule, nous permet de déterminer la quantité des sédiments arrachés au km².

4 RESULTATS

L'Indice de Compacité de GRAVELIUS (Lambert, 1990) est déterminé par le rapport

$$IC = \frac{0,28 \times \text{paramètre du bassin} - \text{versant}}{\sqrt{\text{Superficie du bassin} - \text{versant}}}$$

Un bassin versant dont l'IC est inférieur à 1 est un bassin de forme circulaire qui reçoit et évacue rapidement les eaux des pluies et les cas d'inondation y sont plus rapides et fréquents juste après des précipitations. Un IC supérieur à 1 correspond à un bassin plus allongé et des temps de réponse plus longs y sont présents (Lambert, 1990).

Pour le présent cas, bassin versant de la rivière Wesha est allongé : avec $IC = \frac{0,28 \times 14,6 \text{ km}}{\sqrt{8,4 \text{ km}^2}}$ Soit 1,4 comme celui de la rivière Tshula avec 1,42 (Birembano, 2013). La rivière Wesha peut alors avoir des temps de réponses plus longs.

Dans le présent travail, le temps imparti en géorisques a fait que les mois du travail au cours des années civiles ne soient conformes et/ou les mêmes des années civiles soit de décembre 2009 à avril 2010 et d'octobre 2014 à février 2015. L'importance des débits et des précipitations est inégalement réparties (tableau 1 et Fig.8). Néanmoins, il est pratiquement difficile de présenter dans ce chapitre les résultats détaillés. C'est pourquoi ils dans les tableaux en annexes.

Tableau 1. Synthèse des résultats

	MOIS	DECEMBRE 2009	JANVIER 2010	FEVRIER 2010	MARS 2010	AVRIL 2010	TOTAL /MOYENNE
I	Pmm	178,5	95,2	160,3	146,65	138,6	719,25
	QL en L/J	123,9	105,7	123	115,4	112,2	116
	QS en T/J	11,5	3,5	8,6	8	5,6	7,4
	MOIS	DECEMBRE 2014	JANVIER 2015	FEVRIER 2015	OCTOBRE 2014	NOVEMBRE 2014	
II	Pmm	168	89,25	154	162,75	140	714
	QL en L/S site A	135,9	106,3	121,9	134,2	117,7	123,2
	QS en T/J site A(II)	17,9	6,1	15	17	13,5	13,9
	QS en T/J site B	10,7	3,5	7,5	10,7	7,3	7,6
	QS en T/J site C	6,3	2,5	7,1	6,3	6,2	6,1
	SiteB+siteC	17	6	14,6	17	13,5	13,7
	SiteA-(siteB+C)	0,9	0,1	0,4	0,0	0,0	0,2
III	PmmI-PmmII	10,5	5,95	6,3	-16,1	-1,4	5,25
	QSI-QSII	-6,4	-2,6	-6,4	-9	-7,9	-6,5

Avec Pmm = précipitations en millimètre, QL en L/J = débit liquide moyen mensuel en litre par seconde, QS en T/J = débit solide moyen mensuel en tonne par jour.

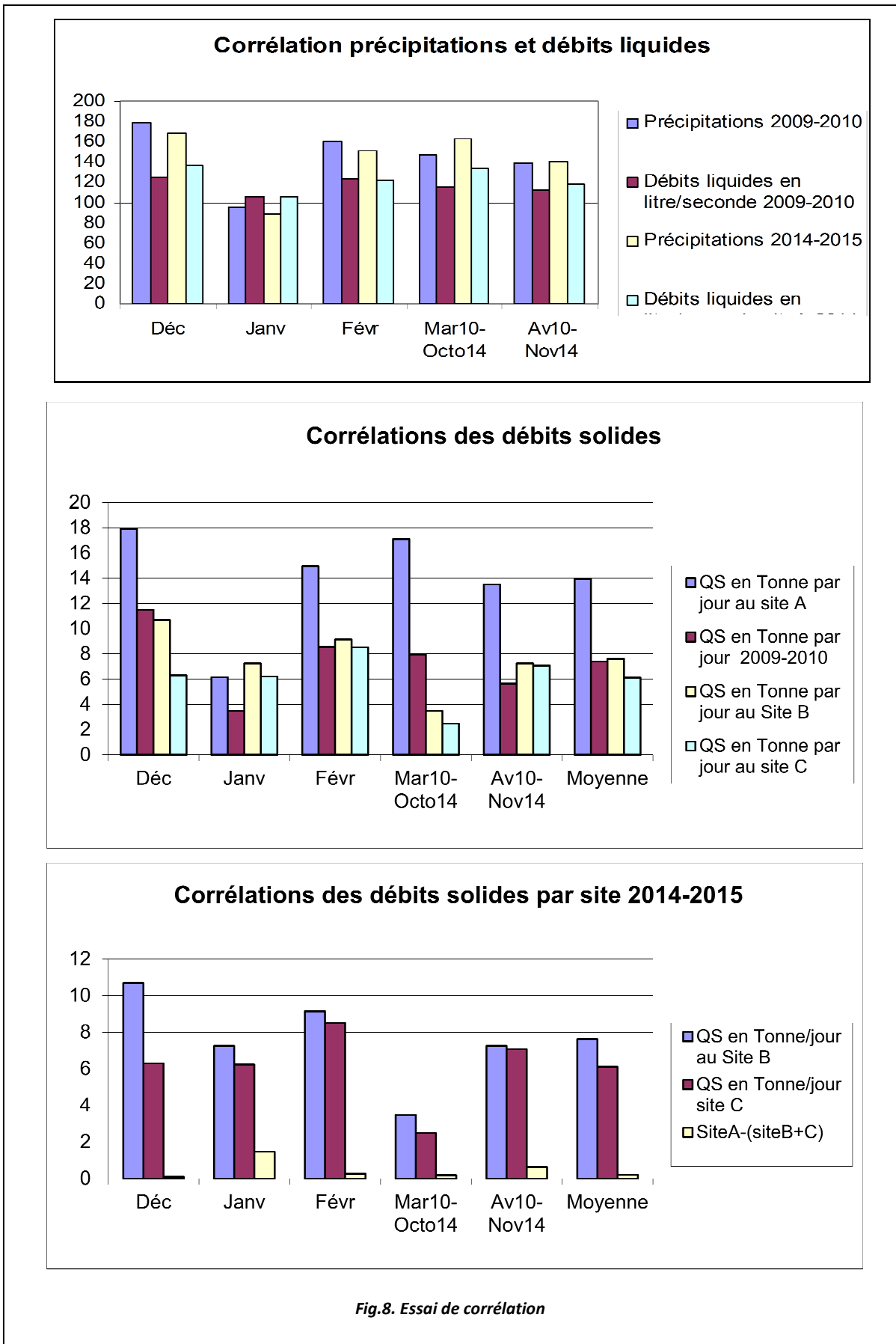


Fig.8. Essai de corrélation

4.1 PLUVIOMÉTRIE

Pour les dix mois d'observations répartis sur une période de cinq mois chacune, les pluies ont été intenses avec des durées variables mais les hauteurs pluviométriques sont restées presque le même avec 719,3mm d'eau de décembre 2009 jusqu'en avril 2010 et 714mm d'eau d'octobre 2014 Jusqu'en février 2015.

La quantité d'eau tombée (Et) sur une surface donnée, se calcul par le rapport

$$Et = \frac{\text{supérficie du bassin-versant} \times \text{hauteur pluviométrique}}{\text{supérficie du pluviomètre}} \text{ (Chuzeville 1990).}$$

De décembre 2009 à avril 2010, la quantité d'eau tombée

(Et) = $\frac{84.10^9 \text{ Cm}^2 \times 719,3 \text{ mm d'eau}}{283,385 \text{ Cm}^2}$ Soit $\frac{213212414210 \text{ mm}}{8400000 \text{ m}^2} = 25382,43 \text{ mm}$ d'eau au mètre carré ou 725 litres d'eau au mètre carré durant les cinq mois au total ;

Le mois plus pluvieux de cette première période est celui de décembre avec 178,5mm d'eau durant 37 pluies dans 21 jours de pluies soit une intensité de 26 minutes par pluie et une quantité d'eau tombée au mètre carré de 180 litres.

Le mois de février avait totalisée 160,3mm d'eau pour 26 pluies pendant 16 jours soit une durée moyenne de 26 minutes par pluie et 162 litres d'eau au mètre carré.

Le mois de mars avait reçu 146,7mm d'eau pour 16 pluies pendant 13 jours soit une durée moyenne de 38 minutes par pluie et 148 litres d'eau au mètre carré.

En avril, les 12 jours pluvieux ont totalisé 18 pluies et 138,6mm d'eau soit 41 minutes par pluie et le sol a été imbibé au mètre carré par 140 litres d'eau.

Le mois de janvier le moins pluvieux a totalisé également 12 jours des pluies, 15 pluies d'une durée moyenne de 43 minutes chacune, 95,2mm d'eau soit 96 litres d'eau au mètre carré.

La deuxième période d'observation soit d'octobre 2014 à février 2015, les 714mm sont répartis sur 53 jours totalisant 61 pluies et 717 litres d'eau au mètre carré.

Le mois de décembre reste le plus pluvieux avec une seule pluie par pluie qui durait 43 minutes en moyenne pendant 13 jours et totalise 168mm d'eau soit 169 litres d'eau au mètre carré. Il est suivi du mois d'octobre qui imbibe le sol avec 163 litres au mètre carré pendant 14 jours et durant 17 pluies.

Le mois de février avec ses 152 litres au mètre carré et 154mm d'eau, il a reçu ces totaux pluviométriques pendant 7 jours et a totalisé seulement 11 pluies soit 34 minutes par pluie.

En novembre, la hauteur pluviométrique atteint 140mm d'eau avec une seule pluie par jour pendant 11 jours et d'une durée moyenne de 34 minutes par pluie et 141 litres d'eau au mètre carré. Le mois de janvier reste également le mois pluvieux comme à la première période. Il totalise 89 mm d'eau pendant 9 pluies de durée moyenne de 46 minutes chacune dans 8 jours et 99 litres au mètre carré.

La moyenne pluviométrique mensuelle est de 143, 85mm d'eau pendant les cinq mois d'observations de la première période et 142,8mm d'eau par mois durant la deuxième période. Les mois de janvier et d'avril se situent en dessous de cette moyenne durant la première période et ceux de janvier et novembre durant la deuxième période.

4.2 DÉBITS HYDRIQUES

4.2.1 DÉBITS LIQUIDES

Les débits liquides (Q.L) sont corrélés avec les précipitations et les variations pluviométriques vont de pair avec celles hydrologiques.

La moyenne hydrologique mensuelle est de 116 litres de décembre 2009 à avril 2010 et les mois de janvier, mars et avril se situent en dessous de cette moyenne, tandis que d'octobre 2014 à février 2015, la moyenne hydrologique est de 123 litres par mois et les mois de janvier, novembre et février se situent en dessous de cette moyenne.

La moyenne hydrologique de la première période (116 litres par mois) devient légèrement inférieure à celle de la deuxième période (123,2 litres par mois) pourtant c'est la première période qui était légèrement pluvieuse (719,25mm d'eau pour des cinq mois) que la deuxième période (714mm d'eau pour les cinq mois). L'une des raisons explicatives de ce phénomène est l'urbanisation incontrôlée et accélérée d'année en année dans le bassin versant de la rivière Wesha qui augmente les eaux ruisselantes au dépend de l'infiltration et de l'évaporation, le couvert végétal étant réduit voire absent.

4.2.2 DÉBITS SOLIDES

4.2.2.1 PREMIÈRE PÉRIODE (DÉCEMBRE 2009-AVRIL 2010)

Le mois le plus agressif est celui de décembre étant aussi le plus pluvieux. Il érodait 11,5 tonnes de sédiments en moyenne par jours. Les averses successives du 15 de 17,5 mm pendant seulement 41 minutes, du 26 et du 27 avec chacune 7mm ont drastiquement augmenté les débits solides en date du 16 avec 19,2 tonnes et du 27 avec 28,9 tonnes de sédiments transportés. Dans ce mois, le bassin versant de la rivière Wesha perdait environ 1,4 tonne de sédiments par jour au km². Janvier, le mois le moins pluvieux est également le moins agressif avec 3,5 tonnes de sédiments transportés par jours soit une dégradation spécifique de 0,4 tonnes au km². Cependant en date du premier, les précipitations atteignent 17,5mm causant la dégradation du sol en date du 03 de 10,8 tonnes et la date du 30 est la plus érosive du mois avec 16,2 tonnes.

Le mois de février occupe la deuxième place de la période sur le plan érosif avec 8,6 tonnes des sédiments transportés le jour ; soit une dégradation spécifique d'une tonne de sol arraché au km² par jour. Les crues prélevées en date du 10 (10,4tonnes), du 13 (12,1tonnes) et du 17 (15,3 tonnes) sont attribuables aux averses tombées respectivement en date du 09 (17,5mm pendant 50 minutes) et du 13 (12,25mm pendant 40minutes).

Le mois de mars avec 8 tonnes de sols érodés par jour, réalise une dégradation spécifique d'environ une tonne de sédiments érodés au km². Ce mois possède la crue maximale de toute la période d'observation de 30,8 tonnes soit 3,7 tonnes de sol arrachés au km² en date du 31 Attribuables aux pluies intenses du 28 (43,75mm) et du 31 (26,25mm)

En avril, l'érosion hydrique avait atteint 5,6 tonnes arrachées sur les 8,4 km² du bassin versant de la rivière Wesha, soit une dégradation spécifique de 0,7 tonne de sédiments arrachés au km².

Généralement, durant la première période, la rivière Wesha érodait dans son bassin versant 7,4 tonnes par jour en moyenne soit une dégradation spécifique de 0,9 tonne arrachée au Km².

4.2.2.2 DEUXIÈME PÉRIODE (OCTOBRE 2014-FÉVRIER 2015)

Trois sites (A, B et C) ont constitués les prélèvements des données et le site A situé en aval où la rivière Wesha a déjà reçu tous ses affluents, correspond au site de prélèvement des données en 2009-2010.

4.2.2.2.1 SITE A

A ce site situé à l'exécutoire, les érosions hydriques ont atteint en moyenne 13,9 tonnes de sédiments entraînés par jour soit une moyenne de 1,7 tonne de sols transportés au km² par jour.

Le mois d'octobre a été agressif jusqu'à transporter 17,1 tonnes de sédiments le jour, soit 2 tonnes de sédiments arrachés au km² dans le bassin versant. Les dates les moins érosives du 13 et du 31 ont réalisées respectivement 9,5 tonnes et 9,3 tonnes et les plus érosives du 1^{er} et du 16 ont réalisé respectivement 28,5 et 30 tonnes cette dernière précédée par une pluie intense du 16 (17,5mm pendant 30 minutes).

Au mois de novembre, les sédiments transportés ont été évalués à 13,5 tonnes le jour soit 1,6 tonnes érodée au km². Les crues exceptionnelles du mois ont été enregistrées en date du 26 (23,3 tonnes) et du 30 (22,5 tonnes) après les averses enregistrées respectivement en dates du 26 (26,25 mm d'eau pendant 49 minutes) et du 29 (17,5 mm d'eau pendant 49 minutes) et du 29 (17,5 mm d'eau pendant 50 minutes). La date la moins érosive est celle du 23 avec 6,9 tonnes de sédiments transportés.

En décembre, le total de sédiments transportés a atteint 17,9 tonnes par jour soit 2,1 tonnes de sol arrachées au km² dans tout le bassin versant. Ce mois le plus érosif de la période, a connu les crues exceptionnelles en dates du 10 (29,4 tonnes) et du 27 (28,6 tonnes) à cause des averses respectives du 10 de 7mm d'eau dans 25 minutes et du 27 de 7mm dans 28 minutes. Les jours les moins érosifs du mois sont ceux du 20 avec 6,5 tonnes et du 17 avec 6,9 tonnes de sédiments érodés.

Au mois de janvier, le bassin versant de la rivière Wesha perdait en moyenne 6,1 tonnes de sédiments par jour, soit une moyenne de 0,7 tonne de sédiments arrachés au km². Ce mois reste le moins érosif de la période et la crue maximale y est remarquable en date du 20 (11,2 tonnes de sédiments érodés) à cause d'une pluie intense de 17,5 mm d'eau d'une durée de 100 minutes et la date du 10 est la moins érosive avec 4,14 tonnes de sédiments arrachés.

Le mois de février érodait en moyenne 13,9 tonnes de sédiments par jour soit 1,6 tonne de sols arrachés au km². La date la moins érosive du mois est celle du 03 qui totalise 5,6 tonnes de sédiments transportés.

En somme, les jours moins érosifs de la deuxième période figurent parmi les plus érosifs de la première période.

4.2.2.2 SITE B

Il représente la rivière Wesha moins son affluent principal la rivière Cidorhwe.

A ce site, les sédiments arrachés représentent généralement durant les cinq mois d'observation plus de 54 % des sédiments prélevés au site A avec 7,6 tonnes de sédiments transportés par jour sur les 13,9 observés au site A.

Considérant le bassin versant de la rivière Wesha moins la rivière Cidorhwe et le secteur aval du site B, la Wesha draine un bassin évalué à 5 km² et la dégradation spécifique devient alors de 1,5 tonne des sédiments arrachés au km².

Le rythme hydrologique semble être le même qu'au premier site, sauf au mois d'octobre qui devient le plus érosif avec 10,7 tonnes de sédiments entraînés par jour soit une dégradation spécifique de 2,1 tonnes de sédiments arrachés au km², au lieu du mois de décembre qui totalise alors 9,2 tonnes de sédiments entraînés par jour soit 1,2 tonne de sédiments arrachés au km².

Le mois de février totalise 7,5 tonnes de sédiments arrachés par jour soit une dégradation spécifique de 1,5 tonne au km² et en novembre, les érosions hydriques atteignent également 7,2 tonnes le jour sur une superficie de 5 km², soit 1,4 tonne de sédiments arrachés au km².

Janvier, le mois le moins érosif atteint néanmoins 3,5 tonnes des sols transportés soit 0,7 tonne de sédiments arrachés au km².

4.2.2.3 SITE C

Il est situé sur l'affluent principal de la rivière Wesha (sur la rivière Cidorhwe) drainant un sous bassin versant de la rivière Wesha évalué à 2 km².

Pendant les cinq mois d'étude, la rivière Cidorhwe transportait les sédiments évalués à 6,1 tonnes par jour, soit 3,1 tonnes de sols arrachés au km². Cette perte pédologique représente plus de 43% des sédiments transportés par la rivière Wesha à l'exutoire (site A) tous les cinq mois en moyenne.

Le mois le plus agressif à ce site est celui de décembre qui totalise 8,5 tonnes de sédiments transportés par jour, soit 4,2 tonnes des sédiments arrachés au km². Ce mois est suivi de celui d'octobre avec 6,2 tonnes de sols érodés le jour soit une dégradation spécifique de 3,1 tonnes de sédiments arrachés au km².

Les érosions hydriques sont restés presque les mêmes en octobre, qu'en novembre avec environ 6,2 tonnes des sols transportés par jour soit 3,1 tonnes des sols arrachés par jour et en février avec 6,1 tonnes de sédiments érodés par jour donnant une dégradation spécifique évaluée à 3,1 tonnes au km².

5 DISCUSSION

Le bassin versant (bassin hydrologique ou bassin fluvial), considéré en Hydrologie comme l'unité de référence pour toutes les études de spécialité, correspond à la totalité d'une surface topographique drainée par un cours d'eau et ses affluents. Il collecte les eaux de pluie, les concentre et possède un exutoire commun pour tous ses écoulements de surface. Il permet ainsi la mise en relation des précipitations au sol et des débits liquides observés dans le cours d'eau (Musy et Higy 1998).

La Pluviométrie est plus difficile encore que la prise des températures. Dix pluviomètres identiques installés à quelques mètres les uns des autres recueillent des hauteurs d'eau différentes. On doit donc se contenter d'une précision relative tout en multipliant les précautions en vue de mesures comparables (Chuzeville, 1990). Malgré la présence d'un pluviomètre à l'ISP de Bukavu, soit à plus de 4 km du bassin versant de la rivière Wesha pourtant les pluies intertropicales sont bien localisées et intenses (Tricart, 1978). Les pluies ont été mesurées pour ces deux raisons dans le bassin versant de la rivière Wesha. Les

précipitations étaient recueillies en chronométrant et après une pluie, le pluviomètre était vidé de ses eaux pour tenter une autre avant que l'évaporation n'affecte les précipitations car certains jours il pleuvait plus d'une fois. Les résultats hydrologiques (débits liquides et solides) ci-haut donnés ne sont pas exhaustifs. Leur prélèvement se faisait deux fois par semaine soit un total de 8 à 9 jours par mois et 43 jours pour les cinq mois ; cela fait un échantillon de 28,4% des 151 jours des cinq mois de chacune de deux périodes.

Les érosions hydriques dans le bassin versant de la rivière Wesha prennent une ampleur inquiétante avec une augmentation notable des sédiments en suspension dans une durée de cinq ans. Avec une moyenne de sédiments transportés de décembre 2009 à avril 2010 de 7,4 tonnes par jour, soit 0,9 tonne de sols perdus au km², sous un climat agressif ayant reçu les précipitations évaluées à 719,3mm d'eau pendant les cinq mois soit plus de 725 litres au mètre carré ; à pluviométrie presque égale de 714mm d'eau d'octobre 2014 à février 2015, soit environ 717 litres d'eau au mètre carré, la perte pédagogique devient de 13,9 tonnes par jour soit 1,7 tonne des sols arrachés au km².

Le site B avec 7,6 tonnes des sols arrachés par jours soit 1,5 tonnes au km² devient plus érosif que toute la Wesha en première période (7,4 tonnes par jour en moyenne ce qui représente environ 53% des sédiments prélevés au site A en deuxième période). L'affluent Cidorhwe est plus érosif que la rivière Wesha en termes de dégradation spécifique avec 3,1 tonnes des sédiments arrachés au km² contre 1,5 tonnes par km² au site B et 1,4 tonnes par km² pour toute la rivière Wesha à l'exutoire (site A) d'octobre 2014 à février 2015 ; alors que de décembre 2009 à avril 2010 la dégradation spécifique n'était pas de 0,9 tonnes au km². Considérant les apports sédimentaires des sites B et C qui apportent respectivement plus de 54% et de 43%, les sédiments transportés par la rivière Wesha ne trouvent presque pas leur origine en aval car environ 3% soit 0,2 tonne de sédiments seulement sont issus du site A sur les 13,9 tonnes entraînés. En cinq ans, les sédiments en suspension sont passés de 7,4 tonnes par jour à 13,9 tonnes par jour, soit une augmentation sensible de plus de 87%. La cause explicative est la rapide augmentation de la population dans le bassin versant de la rivière Wesha (voire contexte de la zone d'étude) pratiquant ainsi les activités qui rendent le sol sensible à l'érosion hydrique.

Rappelons que l'érosion n'attaque pas uniformément tout un bassin versant mais ses parties les plus vulnérables, il question ici de vérifier les parties les plus affectées par l'érosion hydrique dans le bassin versant de la Wesha.

La rivière Wesha n'incise presque plus en profondeur car son lit est déjà tapissé de la roche-mère (Fig.1 et 9) dans la majeure partie même en amont où le bassin versant couvert de la végétation (Fig.10)



Fig. 9 : sections mouillées tapissées des roches au 05 octobre 2014

A = amont boisé avec eaux claires, B = lit rocheux au site B, lit rocheux au site C et D = lit rocheux tapissé des sédiments au site A

Au fur et à mesure que les sédiments cheminent vers l'embouchure, ils sédimentent et en aval le lit repose sur les sédiments exogènes se trouvant sur des parois rocheux d'où sur la photo de la Fig. 9. D, la rivière a un lit rocheux qui est surplombé des sédiments caillouteux et argileux. C'est à notre visite de terrain en pleine saison sèche dans le bassin versant (le 28 du mois d'Aout 2014), que nous avons constaté que même en aval la rivière Weshu a des lits rocheux. Les berges de la rivière Weshu ne sont pas aussi faciles à éroder car beaucoup d'endroits sont surplombées des matériaux qui tapissent le lit (Fig.1 et 9.b et c). L'habitat humain et l'agriculture sont tout à fait moins denses en amont et une végétation arbustive s'y étale (Fig. 10) sur un espace de plus de 2 km² où les eaux de la rivière sont plus ou moins claires (Fig. 9. a) en saisons pluvieuses pourtant laiteuses en aval dans la même saison.



Fig. 10 : Habitat dispersé et espaces boisés en amont du bassin de la Wesha au 05 octobre 2014

Deux glissements de terrain localisés en aval du site A (Fig.4) ont échappé à nos mesures pour trois raisons : la première est qu'ils débordent les limites du bassin versant, la deuxième est que les eaux ruisselantes dans ces glissements vont tout droit dans le lac Kivu et en fin depuis le site A jusqu'à l'embouchure, la rivière Wesha est drainée (bien canalisée) son lit étant pavé d'où mesurer sa vitesse par la méthodologie appliquée dans ce travail y devient compliquer. Néanmoins à ce site, la rivière a déjà reçu tous ses affluents et comme il est visible sur la Fig.4 entre les sites A et B, trois autres glissements s'y localisent et qui apportent moins des sédiments dans la rivière Wesha mesurés à l'exutoire (environ 3% des sédiments mesurés dans la rivière). Pour tous les glissements repérés dans le bassin versant de la rivière Wesha, les quatre situés en aval du site B ont des sols limoneux voire caillouteux ainsi que celui situé dans le sous bassin de la rivière Cidorhwe. Les deux autres dont l'un en amont du site B et l'autre dans lequel se situe ce site sont à sols argileux ou à fractions fines (Fig.11) or les sols argileux sont sensibles au transport en suspension de la rivière que ceux à fractions grossières.

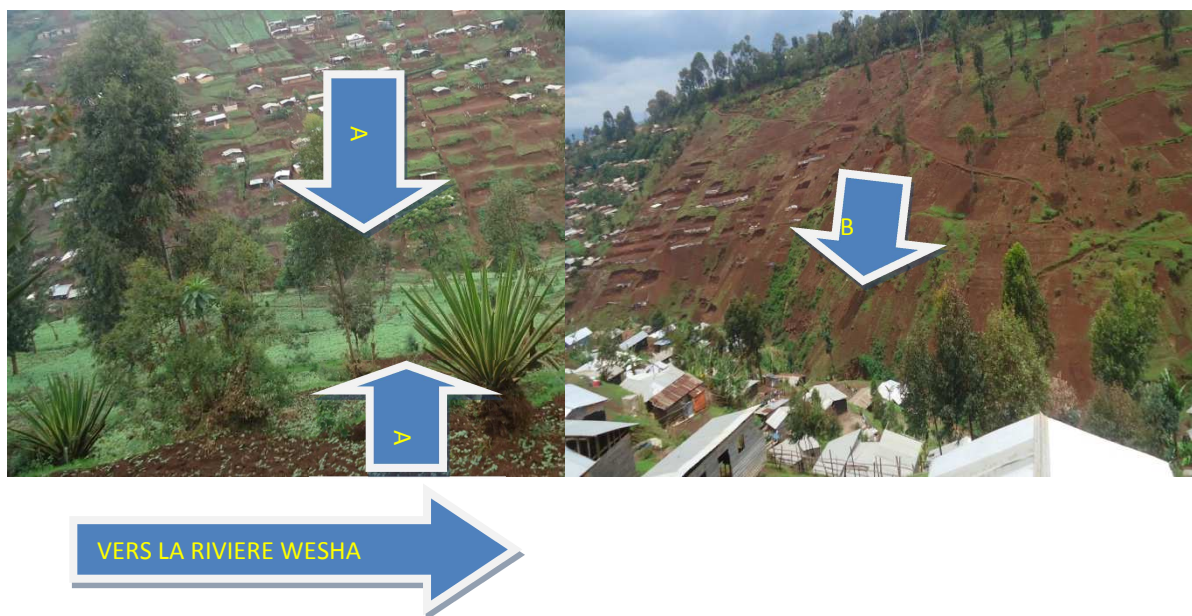


Fig. 11 : cultures et urbanisation progressive au centre à sol argileux du bassin versant de la rivière Wesha au 05 octobre 2014

A= ruissellements concentrés au versant droit et culture des haricots au versant gauche et B= sols dénudés avec ruissellements concentrés et nouvelles parcelles terrassées pour construction et protégées par les sacs.

Dans les paragraphes précédents, nous avons déjà vu que l'amont du bassin de la rivière Wesha est fortement boisé avec des faibles densités humaines et les eaux y apparaissent un peu claires en pleine saison pluvieuse (Fig.9.A) et même après une pluie de plus de 8 mm d'eau (5 octobre 2014) alors qu'elles sont laiteuses le même jour en aval où les anciens glissements sont aussi moins sensibles aux érosions hydriques. Quoique, cet aspect ne fait pas l'objet de notre étude, mais ces glissements ne présentent pas un grand risque aux érosions hydriques et aux ouvrages sauf en cas de réactivation.

De ce fait, les érosions hydriques dans le bassin versant de la rivière Wesha, ne sont pas attribuables aux glissements de terrain qui apparaissent moins actifs. Les glissements de terrain concentrés en aval du bassin versant sont quasi absents au centre et en amont de ce bassin versant. Les glissements sont tous habités dans le bassin versant de la rivière Wesha qui s'urbanise de l'aval vers l'amont moins habité.

Tous les sols ne présentent pas la même sensibilité à l'érosion hydrique. La sensibilité des sols dépend essentiellement de la granulométrie ceux à fractions fines étant les plus vulnérables, de l'humidité (pluviométrie) car plus le sol est imbibé d'eaux plus il est exposé au transport des particules détachées et en fin de la pente du terrain qui conditionne la vitesse d'écoulement de l'eau. Le couvert végétal crée un obstacle entre le sol et les gouttes de pluie, limitant leur l'impact (Lambert, 1990).

Dans les champs, les types de cultures conditionnent la durée et la densité de la couverture des sols. Les cultures à cycle végétatif réduit favorisent l'érosion hydrique, or dans le bassin versant de la rivière Wesha se cultivent les haricots et patates douces totalisant rarement trois mois aux champs. Les eaux ruisselantes y creusent elles mêmes des ravines dans les sols argileux (sols à fractions fines) mis à nus ou cultivés pauvres en humus étant sensibles à l'érosion et en terrassant pour les constructions les argiles deviennent également sensibles aux érosions hydriques. Les activités anthropiques concentrent les écoulements superficiels qui entraînent les sols vers la vallée de la rivière Wesha. Les érosions hydriques dans le bassin de la rivière Wesha résultent donc des activités anthropiques entre autre l'action combinée des cultures qui fragilisent le sol et l'intensification progressive de la population au centre. Celles-ci s'intensifient au fur et à mesure que les habitants s'augmentent dans ce bassin versant dénudant ainsi le sol.

L'amont boisé dudit bassin versant n'est pas épargné du danger si les mesures adéquates ne sont pas prises pour contrôler l'urbanisation et toutes les activités anthropiques. Les eaux ruisselantes et laiteuses le long des pentes descendent dans la rivière tapissée du lit rocheux au centre pour la rendre turbide. C'est ainsi que cette turbidité diminue sensiblement après quelques jours sans pluie.

La partie la plus sensible à l'érosion hydrique dans le bassin versant de la rivière Wesha (le centre) avec ses 5 km², est fortement érodée et c'est bien elle qui perd plus de 97% d'environ 14 tonnes de sédiments mesurés à l'exutoire de la rivière Wesha. En sommes, la qualité des sols du centre (sols argileux) et leur usage (terrassment pour construction et agriculture) explique la présence des sédiments en suspension dans la rivière Wesha. Considérant le sous bassin de la rivière Cidorhwe le plus érodé que celui de la Wesha en terme de dégradation spécifique, il est aussi plus cultivé qu'habité ainsi les sols cultivés sans méthode de conservation des sols sont donc plus exposés aux érosions que ceux habités par l'homme car à surface égale et même caractéristiques des sols et des pentes, un espace bâti (présence d'une maison) et celui cultivé avec des plantes sarclées et à cycle végétatif réduit, les eaux des pluies n'auront pas les mêmes impacts sur le sol. Néanmoins, toute cette partie du centre est sensible aux érosions hydriques même si les champs de culture restent plus exposés que les espaces bâtis.

La ville de Bukavu en général et le bassin versant de la rivière Wesha en particulier, connaît l'exode rural attribué à l'insécurité permanente dans les milieux ruraux et la population s'y installe indépendamment du plan d'aménagement urbain, terrassant les versants souvent à fortes pentes impropres à la construction et les sols sont orientés vers la vallée de la rivière Wesha mais chacun cherche à protéger sa petite parcelle même par des moyens artisanaux (Fig.12.b) et par canalisation des eaux ruisselantes. Toute fois, cette façon de faire n'est pas une solution aux érosions hydriques car une fois le sol imbibé d'eau après des pluies intenses dans la parcelle, il est vite entraîné vers la rivière.

La présente étude est multisectorielle et après avoir examiné la dynamique sédimentaire dans le bassin versant de la rivière Wesha et cerné les causes et l'origine des sédiments en suspension, il n'est pas aussi stupide de penser aux pistes des solutions postérieures comme guide d'une étude approfondie (Fig.13) sur le même terrain car nous ne prétendons pas affirmer que la présente étude est achevée. Tout plan d'aménagement urbain ou agricole dans ce terrain nécessite l'intervention concertée des scientifiques et du pouvoir public.

Les érosions hydriques étant intenses dans le bassin versant de la rivière Wesha en pleine urbanisation et labouré en montagnes équatoriales pluvieuses, il est impérieux qu'une étude dressant la carte de vulnérabilité et coupe pédagogiques soit menée afin de déterminer des espaces sensibles aux mouvements gravitaires et prédire des risques hydrologiques et des mouvements de masse associées. Cela permettrait de déterminer en fin les espaces habitables et à reboiser par classement

des pentes en se basant sur la littérature reconnue et proposer le nombre maximum d’habitants à recevoir dans ce bassin versant pour réduire sensiblement les érosions hydriques ce qui est une pérennité des sols et un plan d’aménagement adéquat dans le milieu. Cette étude doit impérativement précéder l’installation des infrastructures de base Par le pouvoir public.

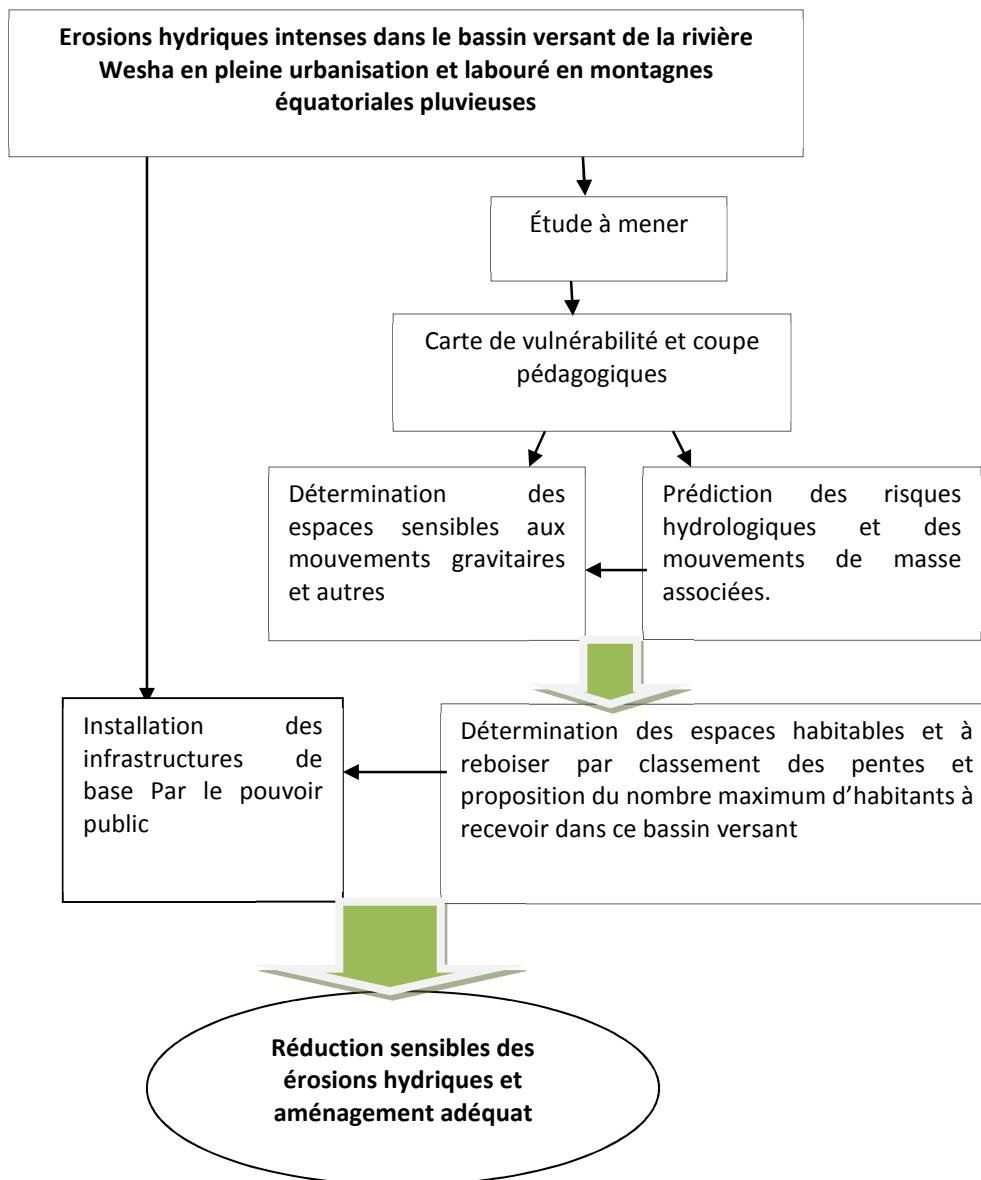


Fig. 13 : Domaine de recherche postérieure

Le bassin versant de la rivière Weshu n’est pas le seul concerné par ce genre de problème dans la ville de Bukavu ; cette étude postérieure peut s’étendre sur tout le bassin urbain du lac Kivu en ville de Bukavu.

6 CONCLUSION

Le thème qui a fait l’objet de la présente étude a examiné la dynamique des sédiments sur deux périodes de cinq mois chacune avec cinq ans d’intervalle dont la première période est de décembre 2009 jusqu’en avril 2010 et la deuxième est d’octobre 2014 jusqu’en février 2015. Pour examiner les sédiments entraînés par la rivière Weshu et cerner leur origine sous climat agressif, le pluviomètre a été installé durant les deux périodes dans le bassin versant et la deuxième période a été caractérisée en plus par le prélèvement des débits à trois endroits différents.

A la première période, les sédiments entraînés dans le bassin versant de la rivière Wesha à l'exutoire étaient évalués à plus de 7,4 tonnes par jour en moyenne, soit une dégradation spécifique de plus de 0,8 tonnes arrachés au km² par jours. A la deuxième période, dans la rivière Wesha à l'exutoire s'observait une charge en suspension évaluée à 13,9 tonnes par jour en moyenne, soit une dégradation spécifique de plus de 1,6 tonne de sols arrachés au km² par jour. Au deuxième site (B) de la même période, les sédiments entraînés par jour sont évalués à plus de 7,6 tonnes soit plus de 54% des sédiments qui traversent la section mouillée à l'exutoire et une dégradation de 1,5 tonnes moins la Cidorhwe. Le troisième site (C) situé sur la Cidorhwe qui draine un bassin versant évalué à 2 km² est le plus agressif jusqu'à arracher plus de 3 tonnes de sols au km² soit plus de 6,1 tonnes mesurées au site de prélèvement. Ce bassin versant entraîne les sédiments évalués à plus de 43% de tous ceux évalués à l'exutoire de la Wesha. En cinq ans, les sédiments en suspension sont passés de 7,4 tonnes par jour à 13,9 tonnes par jour, soit une augmentation sensible de plus de 87%. La cause explicative est la rapide augmentation de la population dans le bassin versant de la rivière Wesha (voire contexte de la zone d'étude) pratiquant ainsi les activités qui rendent le sol sensible aux érosions hydriques.

Pour tous les glissements repérés dans le bassin versant de la rivière Wesha, les quatre situés en aval du site B ont des sols limoneux voire caillouteux ainsi que celui situé dans le sous bassin de la rivière Cidorhwe. Les deux autres dont l'un en amont du site B et l'autre dans lequel se situe ce site sont à sols argileux ou à fractions fines or les sols argileux sont sensibles au transport en suspension de la rivière que ceux à fractions grossières.

Les érosions hydriques dans le bassin versant de la rivière Wesha résultent des activités anthropiques entre autre l'action combinée des cultures qui fragilisent le sol et l'intensification progressive de la population au centre. Celles-ci s'intensifient au fur et à mesure que les habitants s'augmentent dans ce bassin versant dénudant ainsi le sol. De ce fait, l'amont dudit bassin versant est boisé mais n'est pas épargné du danger si les mesures adéquates ne sont pas prises pour contrôler l'urbanisation et toutes les activités anthropiques. Les eaux ruisselantes et laiteuses le long des pentes descendent dans la rivière tapissée du lit rocheux pour la rendre turbide. C'est ainsi que cette turbidité diminue sensiblement après quelques jours sans pluie. Le centre est la partie la plus sensible à l'érosion hydrique dans le bassin versant de la rivière Wesha et totalise une superficie évaluée à 5 km². Il est fortement érodé et perd plus de 97% d'environ 14 tonnes de sédiments mesurés à l'exutoire de la rivière Wesha. La ville de Bukavu en général et le bassin versant de la rivière Wesha en particulier, connaît l'exode rural attribué à l'insécurité permanente dans les milieux ruraux et la population s'y installe indépendamment du plan d'aménagement urbain, terrassant les versants souvent à fortes pentes impropres à la construction et les sols sont orientés vers la vallée de la rivière Wesha.

REFERENCES

- [1] Ambroise B., 1998, LA Dynamique du cycle de l'eau dans un bassin versant, HGA, Bucarest, 206pages.
- [2] Birembano B., 2013, Inondations et sédimentation dans les basses terres du littoral du Lac Kivu à Bukavu : cas du bassin versant de la Tshula, Mémoire de Maitrise, Inédit, Université Pédagogique Nationale, Kinshasa, 100 pages.
- [3] Borges A., 1993, Modélisation de l'érosion sur deux bassins versants Expérimentaux des Alpes du Sud, Thèse de Doctorat, Inédit, Université Joseph fourier, Grenoble, 259pages
- [4] Chaponnière A., 2005, Fonctionnement hydrologique d'un bassin versant montagneux semi-aride *Cas du bassin versant du Rehraya (Haut Atlas marocain)*, Thèse de Doctorat, Inédit, Centre d'études spatiales de la biosphère, Paris, 268pages.
- [5] Chuzeville, B., 1990, Hydrologie tropicale et appliquée en Afrique subsaharienne, Ministère de la Coopération et du Développement, AGRIDOC International, Paris, 310pages.
- [6] Communes de Kadutu et de Bagira, statistiques annuelles de la population en 2009 Et en 2014.
- [7] Lambert R., 1990, Le bassin versant, cours/Université de la Sorbonne, inédit, 89pages.
- [8] Migombano, U., 2011, Evaluation et cartographie par SIG du risque lié aux glissements de terrain (Sud-Kivu, RD CONGO), Mémoire de Master Complémentaire, inédit, Université de Liège, 65 pages.
- [9] Musy, A., Higy, C., 1998, Hydrologie Appliquée, HGA, Bucarest.
- [10] Péguy C., 1970, Précis de Climatologie, Masson et Cie, Paris, 230pages
- [11] Tricart J., 1974, Le modelé des régions chaudes forêts et Savanes, SEDES, Paris, 382 pages.
- [12] Yao M., 2008, Dynamique des éléments traces dans les eaux de surface des bassins versants agricoles de Gascogne, Thèse de doctorat, inédit, Université de Toulouse, 350 pages.
- [13] Vazken A., 2002, Impact de l'évolution du couvert forestier sur le comportement Hydrologique des bassins versants, Thèse de doctorat, inédit, Université de Paris 6, 545 pages.

Non-Syndromic Supplemental Tooth: A Case Series

Reena Rani¹, Ritu Namdev¹, Sameer Dutta¹, and Meenu Dhiman²

¹Department of Pedodontics and Preventive Dentistry,
Post Graduate Institute of Dental Sciences,
Rohtak, Haryana, India

²Department of Conservative Dentistry & Endodontics,
Post Graduate Institute of Dental Sciences,
Rohtak, Haryana, India

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: Supplemental tooth refers to an extra tooth resembling a tooth of the normal series of dentition. Supplemental teeth are less common than supernumerary teeth and are often overlooked because of their normal shape and size. Such teeth may cause many complications like displacement, delayed eruption, and root resorption of adjacent teeth, esthetic problems and even cyst formation. The present case series displays varying degree of impact of supplemental teeth on permanent dentition and thereby emphasizes upon the importance of early diagnosis and treatment planning. A rare case of supplemental maxillary lateral incisor showing an unusual talon cusp is also presented.

KEYWORDS: Maxillary incisor, Non-syndrome, Supernumerary teeth, Supplemental teeth, Talon cusp.

1 INTRODUCTION

Supernumerary teeth are defined as those in excess when compared to the normal series. Their reported prevalence ranges between 0.3–0.8% in the primary dentition and 0.1–3.8% in the permanent dentition of Caucasian population [1], [2]. Supernumerary teeth may occur as single or multiple, unilaterally or bilaterally and either in maxilla and/or mandible. Supernumerary teeth are estimated to occur in maxilla 8.2 to 10 times more frequently than the mandible and most commonly affect the premaxilla [1], [2]. Males are affected approximately twice as often as females [1]. It is found that approximately 25% are erupted, while rest remain unerupted.[3].

Supernumeraries are classified according to their shape as supplemental (eumorphic) and rudimentary (dysmorphic) [2]. The supplemental supernumerary refers to a duplication of teeth in the normal series and is found at the end of a tooth series. The most common supplemental tooth is the permanent maxillary lateral incisor, but supplemental premolars and molars also occur [4]. Most of the supernumerary teeth are asymptomatic. However, they may lead to a number of problems like over-retained primary teeth, delayed or ectopic eruption of permanent teeth, displacement and rotation of adjacent teeth, crowding, development of an abnormal diastema [4-6] and less frequently formation of primordial or follicular cysts [2] and root resorption of adjacent teeth [1]. Therefore, prompt diagnosis followed by extraction alone or in combination with orthodontic correction in order to establish a good occlusion is usually required.

The case report documents three cases of non-syndromic male patients with supplemental teeth in maxillary incisor region and a rare case of supplemental lateral incisor with talon cusp.

2 CASES REPORT

2.1 CASE REPORT 1

A 9 year old boy reported to department of Pedodontics, Post Graduate Institute of Dental Sciences, Rohtak with the chief complaint of unesthetic appearance in upper front region. Familial, medical and traumatic history was non-contributory. The extraoral examination did not reveal any abnormality. Intraoral examination showed presence of a supplemental maxillary incisor positioned apically and laterally to 21, causing rotation of 21 (Figure1a). The supplemental tooth was figured out on the basis of alignment of the incisors corresponding to mid-palatine raphe and facial midline. The distal most central incisor on left side was confirmed as supplemental tooth. Since the supplemental tooth caused rotation of 21, therefore, extraction of the supplemental twin (Figure1b), followed by orthodontic alignment of permanent maxillary incisor using 2X4 appliance was planned (Figure1c). Oral prophylaxis was performed and extraction of supplemental tooth was done under local anaesthesia. Bands were placed on 16 and 26 and metallic MBT brackets were bonded to 11, 12, 21 and 22. In 7 months rotation of 21 was corrected (Figure1d, 1e).

2.2 CASE REPORT 2

A 12 years old boy reported with the chief complaint of displaced upper front teeth. Patient's medical, traumatic and family history was non contributory. No abnormality was detected on extraoral examination. Intraoral examination showed permanent dentition with presence of a supplemental supernumerary tooth in between the maxillary central incisors (Figure2a). Supplemental tooth was similar in morphology and smaller in size compared to the maxillary central incisor. Left maxillary central incisor and canine were positioned out of the arch because of insufficient space (Figure2b). An orthopantomogram showed the presence of a single supplemental tooth in between the maxillary central incisors (Figure2c). Extraction of supplemental tooth was done under local anaesthesia. A midline diastema existed between the maxillary central incisors after extraction (Figure2d). An orthodontic intervention leading to proper alignment and closure of midline diastema over a period of 10 months was performed (Figure2e, 2f).

2.3 CASE REPORT 3

A 10 years old boy presented with a chief complaint of malaligned upper front teeth. Medical and family history was unremarkable. There was no history of previous trauma and extraoral examination revealed no abnormality. Intraoral examination showed mixed dentition with presence of a supplemental supernumerary tooth in between 11 and 12 (Figure1a). The supplemental tooth was similar in morphology and size to maxillary lateral incisor but showed the presence of talon cusp on lingual surface. Right maxillary lateral incisor (12) was positioned out of the arch because of the extra tooth (Figure1b). Periapical radiographs were done to confirm the presence of supplemental tooth with talon cusp (Figure1c). Extraction of supplemental tooth under local anaesthesia was done (Figure1e). Orthodontic treatment was scheduled but unfortunately, the patient did not report back for further treatment.

3 DISCUSSION

The exact etiology of supernumerary teeth remains obscure. Various theories have been put forward by different researchers including hereditary, atavism i.e. reversion to a more primitive type of dentition, continued proliferation of remnants of the dental lamina producing a "third dentition" and the dichotomy theory (most credible) [4]. According to the dichotomy theory, tooth bud splits into two parts of equal or unequal sizes. Gemination, which is assumed to be a similar, but incomplete process, lends support to the dichotomy theory [7].

All the patients reported to us were males. Two supplementary teeth were present unilaterally and one in the midline. As supernumerary teeth without any associated disease or syndrome may be rare to find, a general physician was consulted to rule out any syndromic association for all the three patients.

Use of a panoramic radiograph for accurate diagnosis of a supernumerary is usually recommended. However, in our case the teeth were fully erupted and the occlusion was deranged only on the affected side. This eliminated the need for an extensive radiological examination that would otherwise lead to unnecessary ionic exposure.

One patient presented with a rare case of supplemental lateral incisor with a talon cusp. Very few case reports are present documenting the occurrence of supernumeraries with talon cusp [8]. Permanent maxillary lateral incisors are most

commonly affected by talon cusp. Etiologically, talon cusp may be a result of an outfolding of enamel organ or hyperproductivity of dental lamina during morphodifferentiation stage of tooth formation [8].

Treatment of supernumerary teeth depends on their type, position in the arch and their potential impact on adjacent teeth. Therefore, their management requires a more comprehensive treatment plan [4]. Evidence seems to suggest that a short course of orthodontic treatment in the mixed dentition may improve function and aesthetics, provide psychological benefits and remain relatively stable once the appliance is removed [9]. Such a treatment also helps in preventing more serious orthodontic problems from developing and redirects skeletal growth [9]. The 2X4 appliance used in case 1 is versatile, easy to use and well tolerated by all patients. This appliance, when used correctly, will give a controlled approach to tooth movement in all three dimensions and predictable outcome [9].



Figure1- (a) Pre-operative picture showing presence of a supplemental tooth apical and lateral to 21 in case 1. (b) Rotated 21 after removal of supplemental tooth. (c) 2X4 appliance placement to correct rotation of 21. (d) Post-operative picture showing frontal view. (e) Post-op occlusal view.

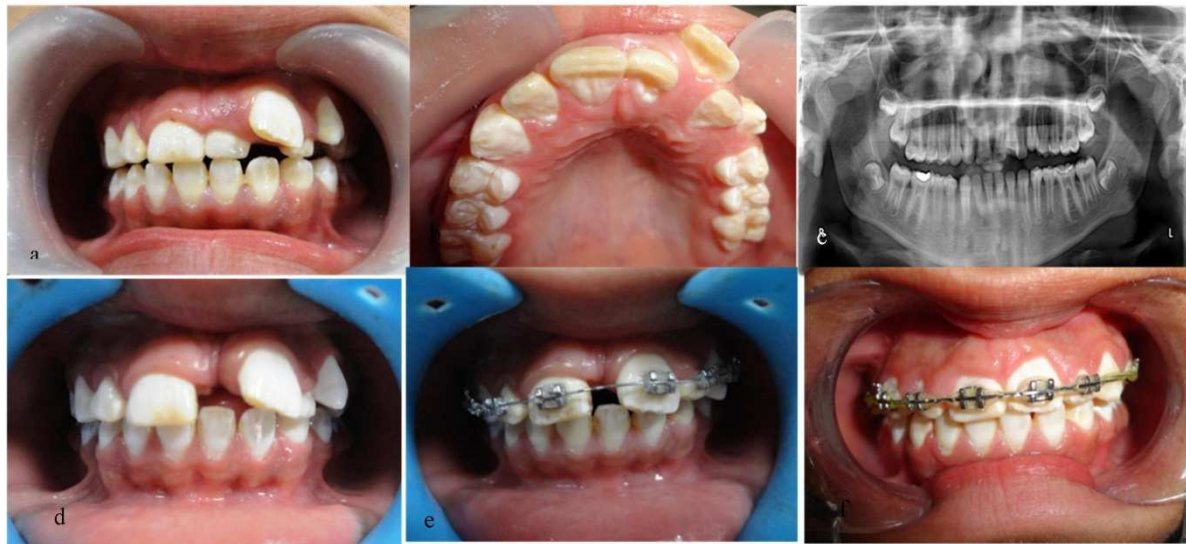


Figure2: (a) Pre-operative picture showing Supplemental tooth in between maxillary central incisors in case 2 . (b) - Pre-operative occlusal view showing 21 and 23 located out of the arch . © Orthopantomogram showing presence of supplemental tooth in between maxillary central incisors . (d) Removal of supplemental tooth resulting in midline diastema . (E) Orthodontic treatment carried out to correct malalignment and midline diastema . (f) Post-operative picture showing proper alignment of 21 and 23 and closure of midline diastema



Figure3: (a) Pre-operative picture showing supplemental tooth lingual to 12 in case 3. (b) Pre-operative occlusal view showing 12 located out of arch and supplemental tooth with talon cusp. (c) Radiograph showing supplemental lateral incisor with talon cusp. (d) Post-operative frontal view after removal of supplemental tooth . (e) Post-operative occlusal view

4 CONCLUSION

Supplemental teeth without syndromic association can occur rarely. Complications related to the phenomenon can be minimized by early detection and by following a comprehensive treatment protocol.

REFERENCES

- [1] Rajab LD, Hamdan MA. Supernumerary teeth: review of the literature and a survey of 152 cases. *Int J Paediatr Dent* 2002;12:244–254.
- [2] Primosch RE. Anterior supernumerary teeth—assessment and surgical intervention in children. *Pediatric Dent* 1981;3:204–215.
- [3] Mc Kibben DR, Brearley LJ. Radiographic determination of the prevalence of selected dental anomalies in children. *J Dent Child* 1971;38:390–8.
- [4] Garvey MT, Barry HJ, Blake M. Supernumerary teeth—an overview of classification, diagnosis and management. *J Can Dent Assoc* 1999;65:612–6.
- [5] Gomes CO, Drummond SN, Jham BC, Abdo EN, Mesquita RA. A survey of 460 supernumerary teeth in Brazilian children and adolescents. *Int J Paediatr Dent* 2008;18:98–106.
- [6] Galas MM, Garcia A. Retention of permanent incisors by mesiodens: A familiar affair. *Br Dent J* 2000;188:63–4.
- [7] Stellzig A, Basdra EK, Komposch G. Mesiodentes: incidence, morphology, etiology. *J Orofac Orthop* 1997; 58, 144-53.
- [8] Nadkarni UM, Munshi A, Damle SG. Unusual presentation of talon cusp: Two case reports. *Int J Paediatr Dent* 2002;12:332-5.
- [9] Singh S, Kashyap R, Sandhu N: A Simplified Edgewise Technique Used for Interceptive Orthodontics. *The Orthodontic CYBER Journal*, May 2011;1-5.

Inventaire d'émissions environnementales organisées par les médias de Bukavu, Sud-Kivu, RD Congo

Juvénal BAGUMA MUPENDA, N.J. KIZA, M.D. MAONYO, and N.T. NGOTULI

Département d'Environnement, Centre de Recherche en Sciences Naturelles (CRSN-Lwiro), D.S. Bukavu, 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: The study consisted on dealing with inventory of environmental emissions organized by the Bukavu's Medias. None of effort inventories of the Medias is not done in that domain. The study makes environmental emissions due to the time, their repartition and the Medias handlers. Through the maintenance methods and documentary, the study has got the results such as: to 13 Bukavu's radios, 8 among which 61.53% organize 22 environmental emissions which are done within 670 minutes per a week. To 4 televisions from Bukavu, 3 among 75% organize 5 emissions which are done within 180 minutes per a week.

KEYWORDS: inventory, Medias, Environmental emissions, South Kivu.

RÉSUMÉ: L'étude consistait à effectuer l'inventaire d'émissions environnementales organisées par les médias de Bukavu. A notre connaissance, aucun inventaire d'efforts des médias n'est déjà effectué dans ce domaine. Cette étude essaie d'élaborer un inventaire d'émissions environnementales, le temps imparti, leur répartition et les médias organisateurs. Grâce aux méthodes d'entretien et documentaire, l'étude est arrivé aux résultats selon lesquels: sur 13 Radios de Bukavu, 8 soit, 61.53%, organisent 22 émissions environnementales évaluées à 670 minutes par semaine. Sur 4 télévisions de Bukavu, 3 soit 75% organisent 5 émissions qui s'évaluent à 180 minutes par semaine.

MOTS-CLEFS: Inventaire, Médias, Environnementales émissions, Sud Kivu.

1 INTRODUCTION

Aujourd'hui, les médias constituent une cible spécifique de différents domaines de recherches. Ils se préoccupent, à quelques exceptions près, de fournir à un large public des informations, autour des sujets divergents. Et s'il faut paraphraser Vergnes, ils participent ainsi à la prise de conscience collective eu égard aux problèmes environnementaux à l'échelle tant internationale, que locale (Vergnes, 2012).

Comme le dit Beuille (2012), la façon dont les médias en Afrique abordent les grandes questions environnementales est importante et jouent un rôle majeur dans la perception qu'ont les citoyens de l'environnement. Il reste à savoir si à Bukavu, cette question est abordée avec la même fracture qu'ailleurs. En tant qu'entreprises, les médias ont aussi le choix de s'engager dans ce domaine et de communiquer, car ce choix repose, souvent au départ, sur la volonté personnelle du responsable de l'entreprise. L'environnement est un sujet « sociétal », les entreprises, quelles que soient leurs activités, ont un impact sur l'environnement. Les médias doivent donc avoir un « réflexe environnemental » et communiquer sur le sujet (Sylvie B. *et al.*, 1998).

L'Association des journalistes en Régions frontalières, (2012) ajoute que les médias locaux doivent contribuer à modeler une attitude respectueuse de l'environnement dans le cadre d'un développement durable qui vise à protéger l'environnement et à transformer l'ordre économique et social de manière à établir un rapport d'harmonie entre l'humanité

et la nature. Il est évident que le manque de connaissances approfondies constitue l'un des principaux facteurs empêchant des gens à avoir un comportement respectueux vis-à-vis de l'environnement.

C'est pourquoi cette étude se veut inventaire des émissions radio télédiffusées portant sur la gestion de l'environnement. Elle vise contribuer à l'amélioration des approches autour de l'éducation environnementale dans la ville de Bukavu. Notre mission é été, pour ainsi dire, d'inventorier les émissions radio et télévision sur l'environnement, les temps qui leur sont impartis ainsi que leur répartition dans les différentes grilles de programmes.

2 MATERIELS ET METHODES

MILIEU D'ÉTUDE

La ville de Bukavu se situe dans les coordonnées géographiques suivantes: 2° 29' 26" de latitude Sud et à 28° 50' 34" de longitude Est de la RD Congo et avec une moyenne de température qui varie entre 18 à 35°C. Sa superficie est de 6000 ha soit 60,1 km². Sa densité est de 13 449 habitants par Km². En 2012, sa population était évaluée à 809 940 habitants. Bukavu a un relief montagneux, un climat tropical de montagnes et deux saisons : saison sèche 4 mois soit Mai à Aout et celle pluvieuse qui prend le reste de l'année (Mairie de Bukavu, Recensement 2009 ; www.wikipédia.com du 17/02/2015 à 8h00).

METHODOLOGIE

Les contacts, les focus groups, la documentation et entretiens avec les animateurs des médias ou leurs collaborateurs selon qu'ils étaient présents ont aidé à récolter les données. L'entretien portait sur l'existence de ces émissions ou non dans leurs Radios et Télévisions pendant que la technique de documentation aidait à visiter les grilles de programme. Sur les grilles, il était question d'inventorier toutes les émissions qui portent sur l'environnement. Les variables ci-dessous ont attiré notre attention. La structure et la fréquence, le statut juridique de la structure, la couverture régionale, le nom de l'émission, la fréquence (nombre de fois) que l'émission passe par semaine, le temps impartit à l'émission, l'heure de diffusion, la langue de diffusion, l'âge de l'émission, la qualité de l'animateur. Les véhicules et la moto nous ont aidés pour le déplacement, les stylos et les carnets pour noter les informations récoltées et l'ordinateur avec le logiciel EXCEL pour le traitement des informations.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 RÉSULTATS SUR LES RADIOS

3.1.1 A.1. LISTE DES RADIOS DE BUKAVU

Tableau 1 : Liste de différentes stations radios de la ville de Bukavu

Structures	Nombre d'émission	Fréquence par semaine	Temps impartit	Couverture	Total temps impartit
Radio Télévision Nationale Congolaise 93.8 et 87.5 MHz	3	1	30'	BUKAVU et périphéries	90'
		1	30'		
		1	30'		
Radio Maendeleo 88.8 MHz	6	1	30'	BUKAVU et périphéries	180'
		1	30'		
		1	30'		
		1	30'		
		1	30'		
		1	30'		
Radio Vision Shala 104 et 92.1 MHz	2	1	30'	BUKAVU et périphéries	60'
		1	30'		
Radio IRHIBA 90.0 MHz	0	0	0'	BUKAVU et périphéries	0'
Radio REHEMA 88.5 MHz	0	0	0'	BUKAVU et périphéries	0'
Radio STAR	1	1	30'	BUKAVU et	30'

99.2 MHz				périphéries	
Radio KAHUZI	0	0	0'	BUKAVU et périphéries	0'
Radio UNIVERSITAIRE 110.7 MHz	2	1	30'	BUKAVU et périphéries	40'
		1	10'		
Radio Neno la Uzima 100.2 MHz	3	1	30'	BUKAVU et périphéries	90'
		1	30'		
		1	30'		
Radio Tumaini Kuu 98.5 MHz	0	0	0'	BUKAVU et périphéries	0'
Radio MARIA 97.3 MHz	2	1	30'	BUKAVU et périphéries	60'
		1	30'		
Radio Télévision Vision Grands Lacs 89.1 MHz	2	1	60'	BUKAVU et périphéries	90'
		1	30'		
Radio OKAPI 95.3MHz	0	0	0'	BUKAVU et périphéries	0'

Il se dégage qu'il ya 13 stations radios qui émettent dans la ville de Bukavu et toutes couvrent au moins l'ensemble de celle-ci et ses périphéries. Huit stations radios organisent 22 émissions environnementales chaque semaine et réparties de la manière suivante:

- 1 radio organise 7 émissions ;
- 2 radios organisent 3 émissions chacune ;
- 4 radios organisent 2 émissions chacune ;
- 1 radio organise 1 émission et
- 5 radios n'organisent pas les émissions environnementales.

Les radios de Bukavu consacrent un total de 670 minutes par semaine aux émissions environnementales dont :

- 1 radio consacre 210 minutes ;
- 3 radios consacrent 90 minutes chacune ;
- 2 Radios consacrent 60 minutes chacune ;
- 1 Radio consacre 40 minutes et
- 1 autre consacre 30 minutes.

Il ressort que les médias de Bukavu à l'instar de ceux de l'Europe (France et Belgique) ont bien intégré la question de la gestion environnementale (Association des journalistes en Régions frontalières, 2012).

Le fait que les médias de Bukavu donnent à l'environnement une considération au même titre que les autres questions du moment, cela confirme que ces médias abordent des grandes questions environnementales avec importance et jouent un rôle majeur dans la perception qu'ont les citoyens sur l'environnement (Mirenowicz, 2013).

En observant la diversité des émissions environnementales dans les médias de Bukavu, ces derniers contredisent Médias et Environnement (2012) qui pense que l'environnement est un ensemble de contenus de configuration hétérogène qu'il serait difficile de concentrer en une rubrique puisqu'il apparait comme un système poreux de problèmes, de questions, de causes et d'effets.

Sur un total de 13 Radios de Bukavu, 8 seulement organisent les émissions environnementales, les 5 qui n'organisent pas ce genre d'émissions, confirment ce que Mirenowicz (2012) appelle défis majeurs de la problématique de l'environnement dans les médias à savoir: L'intégration de cette notion dans la conduite opérationnelle des entreprises de presse, L'intégration de cette notion dans la pratique concrète du journalisme, l'intégration de cette notion dans la ligne et le contenu rédactionnel des médias.

3.1.2 DIFFERENTS STATUTS JURIDIQUES DES RADIOS DE BUKAVU

Sur un total de 13 radios, nous avons décelé 4 radios privées (soit 30,6%), 4 autres confessionnelles (soit 30,6%), 2 radios étatiques (soit 15,3%), 2 autres communautaires (soit 15,3%) et une onusienne (soit 7,6%). Il se dégage que les statuts

juridiques des Radios de Bukavu sont diversifiés. Ceci, confirme le pluralisme médiatique tel que la constitution de la RD. Congo le stipule à son article 24 (Constitution de la RDC, 2006).

Les radios privées et confessionnelles battent record en nombre, suivies de celles étatiques puis celles communautaires, quant à la radio onusienne qui est au bas de l'échelle.

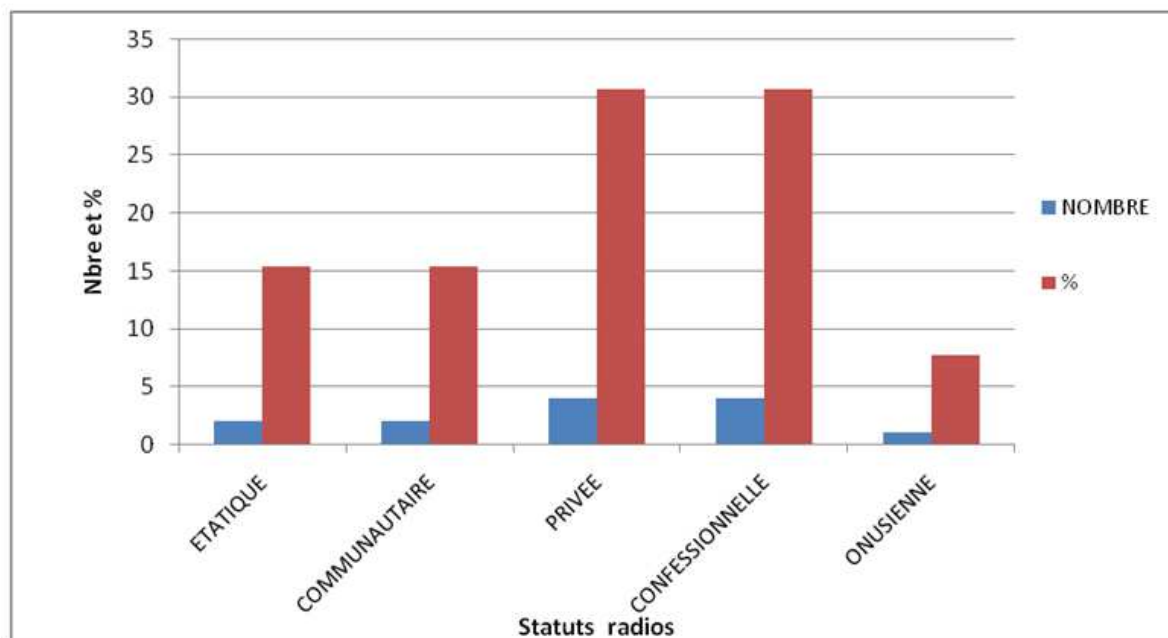


Figure 1 : Statuts juridiques des radios de la ville de Bukavu

3.1.3 EMISSIONS ENVIRONNEMENTALES PAR RADIO A BUKAVU

Tableau 2 : Radios, noms des émissions, jour et heure de diffusion, langues de diffusion et âge des émissions environnementales

Structures	Nom de l'émission	Jour et Heure de diffusion	Langue de diffusion	Age de l'émission
Radio Télévision Nationale Congolaise 93.8 et 87.5 MHz	Agri, pêche et élevage	lundi 19h00'-19h30'	Français	5 ans
	Mazingira na sisi	Vendredi 8h00'-8h30'	Français et swahili	20 ans et plus
	Vivement vert	Mercredi 20h00'-20h30'	Français et swahili	3 ans
Radio Maendeleo 88.8 MHz	Espace vert	Mercredi 14h15'-14h45'	Français et swahili	10 ans et plus
	UEFA	dimanche 19h00'-19h30'	Swahili	1 an
	CAMV	Dimanche 16h00'-16h30'	Swahili	2 ans
	BANRO	Mardi 19h45'-20h15'	Français et Swahili	2 ans
	IFDC	Mercredi 20h45'-21h15'	Français et swahili	5 ans et plus
	CARITAS-BKV	Mardi 16h00'-16h30'	Mashi	2 ans
	GAMF	Mercredi 17h30'-18h00'	Français	5 ans et plus

Radio Vision Shala 104 et 92.1 MHz	Agronomie et Nous	lundi 13h30'-14h00'	Français	3 mois
	Espace vert	Jeudi 15h30'-16h00'	Français	3 mois
Radio STAR 99.2 MHz	Espace vert	Dimanche 17h00'-17h30'	Français et swahili	2 ans
Radio UNIVERSITAIRE 110.7 MHz	environnement et Développement Durable	Vendredi 17h25'-17h55'	Français	5 ans et plus
	Environnement	lundi 19h30'-19h10'	Français	1 an
Radio Neno la Uzima 100.2 MHz	Echos de l'environnement	samedi 17h15'-17h45'	Français et swahili	10 ans
	Echos de l'environnement	Dimanche S 17h00'-17h30'	Français et swahili	10 ans
	Mazingira na sisi	Mardi 20h00'-20h30'	Swahili	10 ans
Radio MARIA 97.3 MHz	Partageons notre environnement	Mardi 21h15'-21h45'	Français et swahili	2 ans
		Dimanche 17h00'-17h30'	Français et swahili	2 ans
Radio Télévision Vision Grands Lacs 89.1 MHz	Notre environnement et Nous	Jeudi 09h00'-10h00'	Français et swahili	9 ans
	Développement et Société	Mardi 14h30'-16h00'	Français	9 ans

Les émissions environnementales sont diversifiées. Certaines portent sur des thématiques environnementales mais de point de vue général et d'autres portent sur des questions spécifiques telles que l'agriculture, les minerais, les peuples autochtones, l'élevage...

Tous les jours de la semaine sont couverts par les émissions environnementales bien que le Mardi et le Dimanche sont les plus favorisés avec 5 émissions chacun, suivi de Mercredi avec 4, Lundi avec 3, jeudi et Vendredi avec respectivement 2 émissions chacun et en fin le Samedi avec une émission.

S'agissant des heures de diffusion, les tranches se succèdent de la manière suivante : entre 16h et 20h il ya 11 émissions environnementales, entre 20h et 00h il ya 5 émissions environnementales, entre 12h et 16h il ya 4 émissions environnementales et entre 8h et 12h il ya 2 émissions environnementales.

De ces émissions environnementales 11 sont animées à la fois en Français et Swahili, 7 sont en Français, 3 sont en Swahili et une est animée en Mashi qui est une dialecte de la tribu majoritaire du milieu.

Quant à l'âge des émissions, neuf d'entre elles sont dans la tranche d'un à 4 ans, 6 autres, entre 5 et 9 ans, 4 émissions environnementales entre 10 et 14 ans, 2 émissions ont moins d'une année et une émission a plus de 20 ans. Il se constate que tous les jours de la semaine sont couverts par les émissions environnementales, et ces émissions sont animées dans les langues usuelles de Bukavu et les heures durant lesquelles la population est disposée à suivre ces dernières.

3.2 RÉSULTATS SUR LES TÉLÉVISIONS

3.2.1 LISTE DES TÉLÉVISIONS DE BUKAVU

Tableau 3 : Liste de différentes télévisions de la ville de Bukavu

Structures	Nombre émission	Fréquence par semaine	Temps imparti	Couverture	Total temps imparti
Radio Télévision Nationale Congolaise	1	1	30'	BUKAVU et périphéries	30'
Radio Télévision Vision Grands Lacs	2	1	60'	BUKAVU et périphéries	90'
		1	30'		
Radio Télévision Ngoma ya Kivu	0	0	0	BUKAVU et périphéries	0'
Radio Télévision Vision Grands Lacs	2	1	30'	BUKAVU et périphéries	60'
		1	30'		
TOTAL	5				180

Il ressort qu'il ya 4 stations de télévision qui émettent à partir de Bukavu. Toutes ces télévisions couvrent au moins l'ensemble de la ville et ses périphéries. De ces 4 Télévisions de Bukavu une appartient à l'Etat soit 25%, une autre est communautaire soit 25%, 2 sont privées soit 50%.

S'agissant du nombre d'émissions par semaine, nous avons constaté 3 émissions environnementales réparties de la manière suivante:

- une organise une émission par semaine ;
- 2 autres organisent respectivement 2 émissions chacune et
- une autre n'organise pas les émissions environnementales.

Quant au temps imparti par semaine, les Télévisions de Bukavu consacrent 180 minutes par semaine aux émissions environnementales. Ces minutes sont réparties de comme suite :

- une consacre 30 minutes ;
- une autre consacre 90 minutes et
- une enfin consacre 60 minutes.

3.2.2 DIFFERENTS STATUTS JURIDIQUES DES TELEVISIONS DE BUKAVU

Sur un total de 4 télévisions, nous avons décelé 2 télévisions privées (soit 50%), 2 autres sont respectivement étatique (25%) et communautaire (soit 25%). Il se dégage que les statuts juridiques des télévisions de Bukavu sont diversifiés à l'instar des Radios de cette même ville. Ceci, confirme le pluralisme médiatique tel que la constitution de la RD. Congo le stipule à son article 24 (Constitution de la RDC, 2006).

Les télévisions privées battent record en nombre (2).

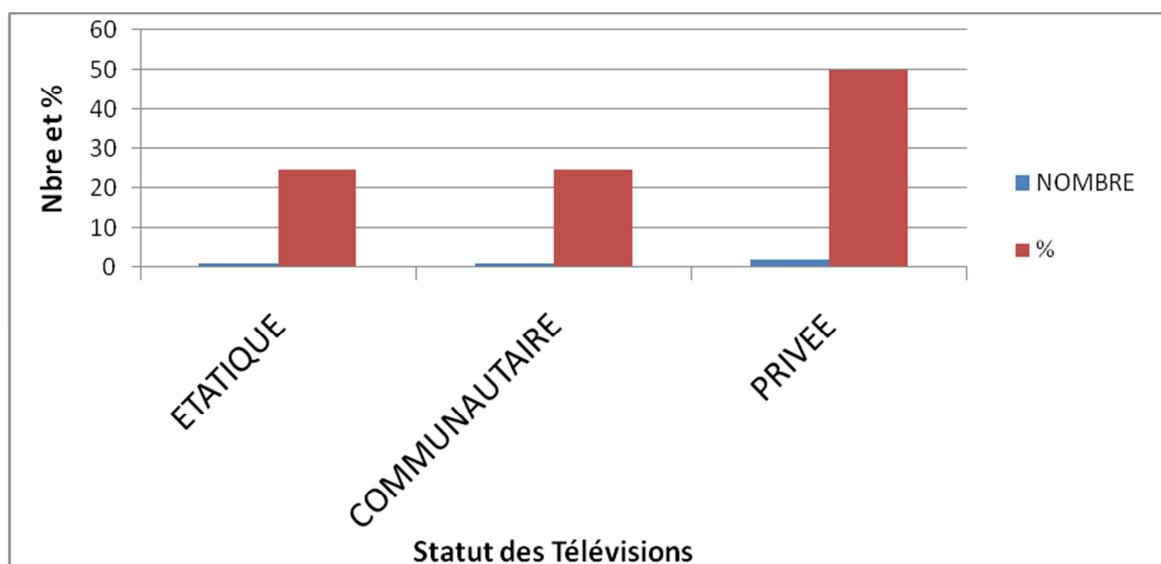


Figure 2 : Statuts juridiques des télévisions de la ville de Bukavu

3.2.3 EMISSIONS ENVIRONNEMENTALES PAR TELEVISION DE BUKAVU

Tableau 4 : Télévisions, noms des émissions, jour et heure de diffusion, langues de diffusion et âge des émissions environnementales

Structures	Nom de l'émission	Jour et Heure de diffusion	Langue de diffusion	Age de l'émission
Radio Télévision Nationale Congolaise (TV)	Vivement vert	Mercredi 20h00'-20h30'	Français et swahili	3 ans
Radio Télévision Vision Grands Lacs (TV)	Notre environnement et Nous	Jedi 09h00'-10h00'	Français et swahili	9 ans
	Développement et société	Mardi 14h30'-16h00'	Français	9 ans
Vision Shala (TV)	GAMF	Vendredi 16h10'-16h40'	Français et swahili	3 mois
	UFUGO NA SISI	Mardi 8h15'-8h45'	Français et Swahili	1 mois

Ces 3 stations télévisions de la ville de Bukavu organisent 5 différentes émissions environnementales. Comme du côté des radios, ces émissions sont diversifiées. S'agissant de programme de diffusion, il se montre que seulement le Mardi, Mercredi, Jeudi et Vendredi que ces émissions environnementales sont organisées. Les heures de diffusion varient et la plus matinale est celle du Mardi de 8h15' à 8h45' et la plus tardive est celle du Mercredi de 20h00' à 20h30'.

Quatre de ces émissions sont organisées en deux langues Français et Swahili soit 80% pendant que seulement une est organisée en Français. L'usage de ces deux langues se justifie par le désir d'atteindre les couches sociales de la population de Bukavu dont la majorité parlent ces langues.

La possibilité que la population suive une ou l'autre émission environnementale à la Télévision est garantie car les heures de diffusion couvrent toute la journée.

La différence en âge entre les émissions environnementales dans les télévisions contredit la pensée de Médias et Environnement (2012), qui affirme que de manière évidente les chaînes de télévision principalement publiques, consacrent depuis longtemps des magazines d'informations aux problématiques environnementales. A Bukavu, les deux émissions les plus anciennes (9 ans) sont toutes de la télévision communautaire. Pour l'émission environnementale de la télévision publique, elle est âgée de seulement 3 ans.

4 CONCLUSION

De cette étude, il s'est dégagé que les médias (Radios et TV) locaux de Bukavu s'occupent aussi de l'environnement à l'instar des autres médias du monde. L'inventaire des efforts d'éducation environnementale par les médias de la ville de Bukavu est fait. Ils contribuent à modeler les comportements, les attitudes et les pratiques des populations vis-à-vis de l'environnement. Pour les télévisions, il serait mieux qu'elles organisent ces émissions à des heures de pointe pour se rassurer atteindre le maximum de la population. Ces médias ont déjà fait un grand effort dans le processus d'éducation et de conscientisation des populations, évidemment beaucoup reste encore à faire. Il faudra en plus un soutien des uns et des autres. L'Etat devrait en ce qui le concerne agir, pas seulement dans le cadre de la répression mais aussi dans celui pédagogique. Il devrait en plus organiser une Radio et/ou une télévision exclusivement environnementale.

Quant à la population, elle doit se placer en ordre utile et comprendre qu'elle est la première et la seule actrice de son devenir. Cette étude ouvre déjà un débat de la problématique de l'éducation environnementale dans les villes de la RD Congo.

REFERENCES

- [1] Ministère de l'environnement du Maroc, 2012, *Rapport sur l'état de l'environnement du Maroc*, Rabat
- [2] Association des journalistes en Régions frontalières, 2012, *Médias et changement climatique: le rôle des médias dans la protection de l'environnement*, Kédougou, Burkina-Faso, pp 30
- [3] Beuille B., 2012, *comment développer une éducation relative à l'environnement qui permette de modifier le rapport à la nature des jeunes en vue de protéger les écosystèmes et la biodiversité*, Université de Sherbrooke, Mémoire de Maîtrise, Québec, pp 77.
- [4] Constitution de la RDC du 18/02/2006, journal officiel, Kinshasa, RDC
- [5] Berhin M., Bonvoisin D., Collerd Y., De Theux P., Geeoms C. et Grawez S., 2012, *Médias et Environnement : info et pub plus vert que la nature*, Bruxelles, pp 25
- [6] Mirenowicz J., 2013, *Rôle des médias dans la perspective du développement Durable*.
- [7] Bernard S., Desormeaux P., Forteza C., Marechal V., Monchaux P., Nedellec A., Despaux M., Sansonetti J. et Souchon R., 1998, *communication environnementale de votre entreprise*, Québec, pp 40
- [8] Vergnes J.A., 2012, *communication et éducation des populations relatives au développement durable: un objectif pour les institutions universitaires*, UNESCO, Paris.
- [9] www.wikipédia.com, le 17/02/2015

Volumineux lipome du colon mimant une tumeur colique

[Voluminous lipoma of the colon mimicking colon tumors]

Hanen Bouaziz¹, Tarek Damak¹, Maher Slimane¹, Riadh Chargui¹, Hatem Bouzaïene¹, Nadia Boujelbane², Jamel Ben Hassouna¹, Monia Hechiche¹, Karima Mrad², Tarek Ben Dhiab¹, and Khaled Rahal¹

¹Service de chirurgie carcinologique, Institut Salah Azaiez, Boulevard 9 Avril, 1006 Tunis, Tunisia

²Service d'anatomopathologie, Institut Salah Azaiez, Boulevard 9 Avril, 1006 Tunis, Tunisia

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: Colonic lipomas are benign tumors. Very rarely, are complicated with colocolic invaginations. We report the case of a 39 year old patient who consulted for abdominal pain and bowel dysfunction. In the abdominal examination it was a soft consistency mass measured 15 cm. The rectal touch was normal. Colonoscopy showed a rounded lobed formation preventing progression and biopsies in the right angle colic. In computed tomography it was an appearance of an intussusception extent of the epigastrium in the right iliac fossa. The patient had a right hemicolectomy. The postoperative course was simple.

KEYWORDS: Lipoma, colon, intussusception, colonoscopy, biopsy.

RÉSUMÉ: Les lipomes coliques sont des tumeurs bénignes. Ils se compliquent, très rarement, d'invaginations colocolique. Nous rapportons l'observation d'une patiente âgée de 39 ans qui consultait pour douleurs abdominales et troubles du transit. L'examen abdominal trouvait une masse sus ombilicale de 15 cm de consistance molle. Le toucher rectale était normal. La colonoscopie trouvait une formation arrondie polylobée empêchant la progression au-delà de l'angle colique droit de consistance rénitente empêchant les biopsies. La tomодensitométrie montrait une importante masse intestinale étendue de l'épigastre jusqu'à la fosse iliaque droite prenant l'aspect d'une pseudoinvagination. La patiente avait eu une hémicolectomie droite. Les suites opératoires étaient simples.

MOTS-CLEFS: Lipome, colon, invagination, coloscopie, biopsie.

1 INTRODUCTION

Les lipomes coliques sont des tumeurs bénignes, ils sont souvent asymptomatiques. Ils se compliquent très rarement d'une invagination colocolique. Nous rapportons le cas d'une pseudoinvagination dont l'origine est un lipome géant du colon droit.

2 OBSERVATION

Il s'agissait d'une patiente âgée de 39 ans sans antécédents qui consultait pour des douleurs abdominales paroxystiques spontanément résolutive associées à des troubles de transit à types de constipations et de vomissements évoluant depuis 3 mois. L'examen abdominal trouvait une masse sus ombilicale de 15 cm de consistance molle. Toucher rectale était normal. Le bilan biologique était normal. La colonoscopie trouvait une formation arrondie polylobée empêchant la progression au-

delà de l'angle colique droit de consistance rénitente empêchant les biopsies (Fig. 1). Le colon gauche est parsemé de nombreux diverticules de tailles variables. La fibroscopie était normale. La tomodensitométrie (Fig.2) montrait une importante masse intestinale étendue de l'épigastre jusqu'à la fosse iliaque droite, à paroi épaisse et irrégulière, se rehaussant d'une façon homogène après l'injection iodée. Cette lésion était centrée par des amas graisseux et présentait l'aspect d'une pseudoinvagination.

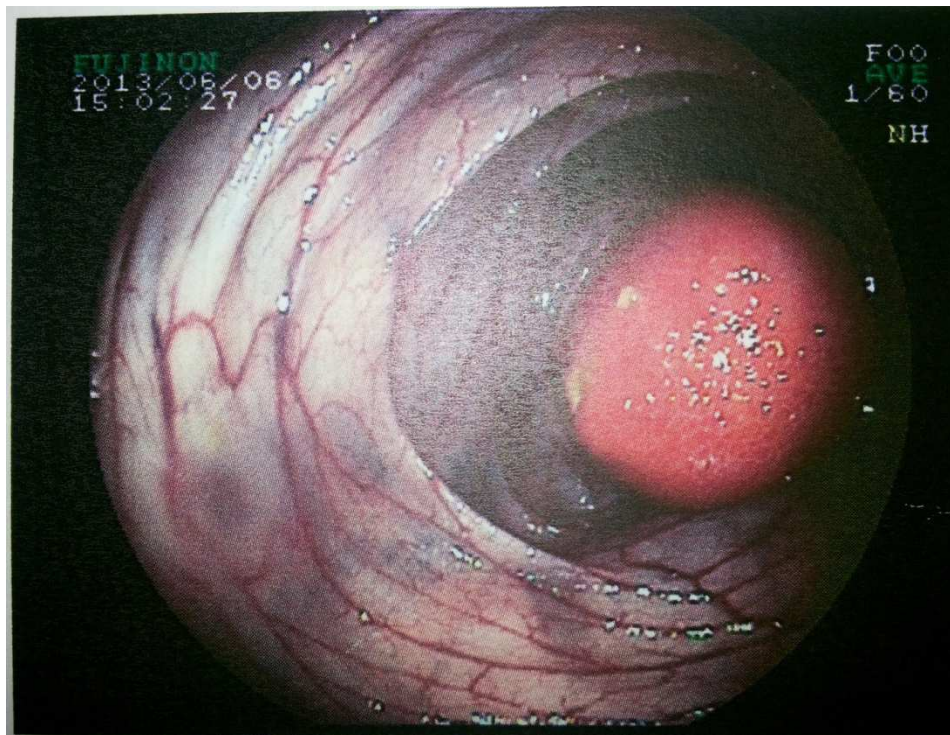


Figure 1: A la coloscopie, image arrondie sous muqueuse

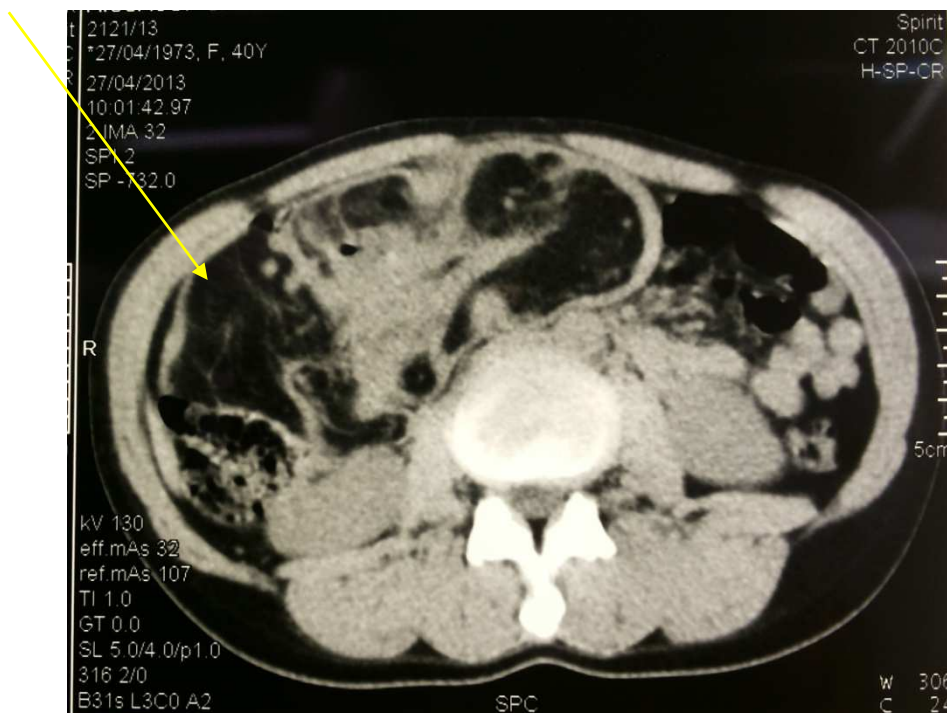


Figure 2 : A la tomodensitométrie, une importante masse intestinale étendue de l'épigastre jusqu'à la fosse iliaque droite

La patiente a eu une laparotomie. A l'exploration, pas d'ascite, pas de carcinose. Il y avait seulement une masse lipomateuse strictement intraluminaire du colon droit de 18 cm de grand axe, située à 2 cm de la valvule de Bauhin. Une hémicolectomie droite a été faite avec anastomose iléo-colique termino-latérale. L'examen extemporané a confirmé la bénignité de cette masse. L'examen macroscopique de la pièce (Fig. 3) montrait la présence d'un processus bourgeonnant de 18x15 cm polylobé au niveau du fond caecale à large base d'implantation situé à 2 cm de la valvule.

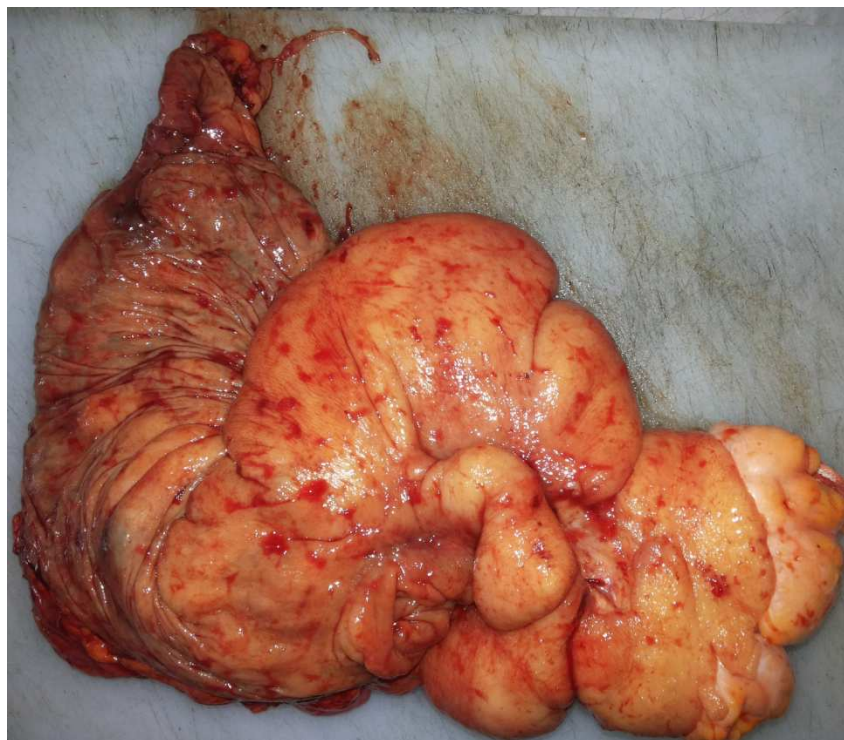


Figure 3 : processus bourgeonnant de 18x15 cm polylobé au niveau du fond caecale ayant l'aspect d'un lipome

La tumeur était de consistance molle à surface lisse de siège sous muqueux n'ulcérant pas la muqueuse. L'examen microscopique concluait à un angioliipome géant.

3 DISCUSSION

L'incidence de lipome colique varie de 0,035 à 4,4% [1]. Il se localise dans le colon droit 65% des cas. Il se complique exceptionnellement, d'invagination colocolique [2,3]. Le lipome colique représente 1,8% des lésions coliques bénignes [2, 4]. Il existe une prédominance féminine et l'âge de découverte se situe entre 50 et 65 ans [5]. Sur le plan anatomopathologique, le lipome se développe dans 90% des cas aux dépens des adipocytes de la sous-muqueuse, plus rarement se développe dans la sous-séreuse [6]. La lésion est le plus souvent isolée, mais des lésions multiples ont été rapportées dans environ 10% des cas [2,6].

La plupart du temps, la découverte du lipome est fortuite lors d'une coloscopie de dépistage, seuls 6% des lipomes sont symptomatiques [7]. Les symptômes sont corrélés à la taille du lipome quand il est supérieur à 2 cm [2,4]. La symptomatologie est aspécifique, essentiellement composée de douleurs abdominales, de constipation et de rectorragies.

Le problème dans le diagnostic du lipome est le diagnostic différentiel avec d'autres masses tumorales en particulier néoplasiques (carcinomes ou liposarcomes). Cette distinction est capitale pour permettre le traitement chirurgical adéquat. L'échographie est performante pour faire le diagnostic à la fois de l'invagination intestinale et de la lésion hyperéchogène bien limitée entourée par une paroi intestinale normale [8]. Chez notre patient l'échographie abdominale n'a pas été faite. Le lavement baryté peut apporter des arguments en faveur du diagnostic. Le lipome apparaît alors comme une image de soustraction bien délimitée, régulière [2]. De nos jours l'intérêt reste discutable vu l'apport du scanner.

La tomodensitométrie est l'examen clé, il est aussi bien spécifique que sensible. Elle peut mettre en évidence l'invagination ainsi que le lipome apparaît sous forme de masse de densité graisseuse. Il a été rapporté des images scanographiques atypiques dues à la composante nécrotique du lipome, favorisée par l'invagination de ce dernier. Il peut alors être difficile de le différencier d'une tumeur maligne [9]. L'originalité de ce cas présenté réside dans la présentation scanographique de la lésion qui mimait une tumeur de la racine du mésentère (Fig. 4). Elle apparaît comme masse étendue de l'épigastre jusqu'à la fosse iliaque droite, à paroi épaisse et irrégulière, se rehaussant d'une façon homogène après l'injection iodée.

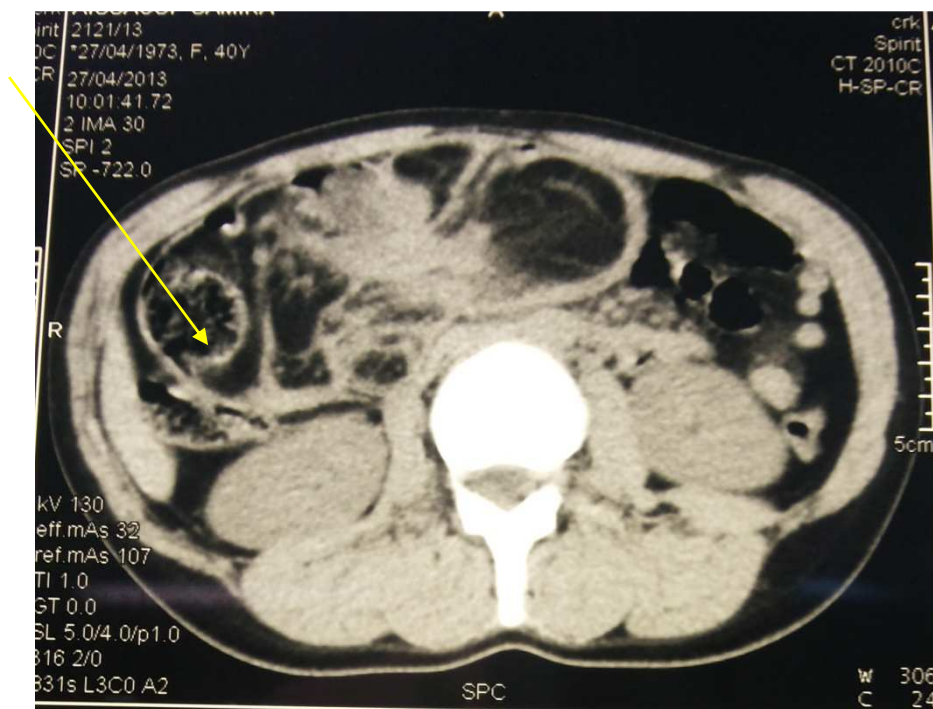


Figure 4 : lipome du colon droit qui mime une tumeur de la racine du mésentère.

Une étude a montré la performance de l'IRM dans la caractérisation des lipomes. Le signal du lipome est caractéristique avec un hypersignal sur les séquences flash et une disparition complète du signal sur les séquences saturées en graisse [10].

La coloscopie permet le plus souvent de visualiser la lésion molle sessile ou pédiculée recouverte par une muqueuse normale et permet la réalisation de biopsies. Seuls les lipomes à localisations sous séreuse ne sont pas visualisés [9]. Dans notre cas l'aspect lisse de la tumeur et la consistance molle et rénitente a empêché la biopsie mais a écarté l'existence d'un processus malin.

Deux options thérapeutiques sont possibles : l'exérèse endoscopique ou l'exérèse chirurgicale. Certains auteurs suggèrent que la taille du lipome constitue le facteur limitant à l'exérèse endoscopique de la lésion avec une limite fixée à 2,5 cm [11]. Dans le cas de lipome colique volumineux ou symptomatique le traitement est chirurgical reste le traitement de choix. Le geste réalisé dépend de la certitude diagnostique obtenue en peropératoire. La colectomie est le traitement de référence en l'absence de complication. Dans les autres cas, doute diagnostique ou invagination colique aiguë, une résection colique segmentaire doit être envisagée [12]. Des cas de lipectomies par voie celioscopique ont été rapportés [13]. Aucun cas de dégénérescence ou de récurrence n'a été rapporté après exérèse complète.

4 CONCLUSION

Les lipomes coliques sont des tumeurs bénignes rares qui se compliquent rarement d'invagination. Le problème dans le diagnostic du lipome est le diagnostic différentiel avec d'autres masses tumorales en particulier néoplasiques, d'où l'importance des examens complémentaires notamment le scanner et il faut bien poser le diagnostic de certitude en peropératoire pour pouvoir juger du geste adéquat.

REFERENCES

- [1] N.Miloudi, R. Hefaiiedh, M. T. Khalfallah. Lipome géant du colon transverse compliqué d'une invagination colocolique. *Journal de chirurgie viscérale* (2012) 149, 485-487.
- [2] Goasguen N, Cattan P. Lipome colique : cas clinique et revue de la littérature. *Gastroenterol Clin Biol* 2008 ; 32 : 521-4.
- [3] Nakagoe T, Sawai T et al. Minilaparotomy approach for removal of a large colonic lipoma: report of two cases. *Surg Today* 2004; 34: 72-5.
- [4] Rogy MA, Mirza D and al. submucous large-bowel lipomas presentation and management. An 18-year study. *Eur J Surg* 1991; 157: 51-5.
- [5] Ryan J, Martin JE, Pollock DJ. Fatty tumours of the large intestine: a clinicopathological review of 13 cases. *Br J Surg* 1989; 76:793-6.
- [6] Michowitz M, Lazebnik N, Noy S. Lipoma of the colon. A report of 22 cases. *Am Surg* 1985; 51: 449-54.
- [7] Taylor BA, Wolff BG. Colonic lipomas. Report of two unusual cases and review of the Mayo Clinic experience, 1976-1985. *Dis Colon Rectum* 1987; 30: 888-93.
- [8] Crozier F, Portier F. Diagnostic par scanner d'une invagination colocolique sur lipome du colon gauche. *Ann Chir* 2002 ; 127 : 59-61.
- [9] Buetow PC, Buck JL, Carr NJ. Intussuscepted colonic lipomas: loss of fat attenuation on CT with pathologic correlation in 10 cases. *Abdom Imaging* 1996; 21: 153-6.
- [10] Shoenuit JP, Semelka RC. Magnetic resonance imaging evaluation of the local extent of colorectal mass lesions. *J Clin Gastroenterol* 1993; 17: 248-53.
- [11] Pfeil SA, Weaver MG. Colonic lipomas: outcome of endoscopic removal. *Gastrintest Endosc* 1990; 36: 435-8.
- [12] Roger Jr SO, Lee MC and al. Giant colonic lipoma as lead point for intermittent colo-colonic intussusception. *Surgery* 2002; 131: 687-8.
- [13] Peters Jr MB, Obermeyer RJ and al. Laparoscopic management of colonic lipomas: a case report and review of the literature. *JLS* 2005; 9: 342-4.

CONTRIBUTION A LA CONNAISSANCE DES TIQUES QUI INFECTENT LES BOVINS AU NORD-KIVU, REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO

M. Alphonse BISUSA¹, M. Bernard MASUNGA¹, B. Albert WABO², N. Julienne BORA², and B. Christophe NFIZI³

¹Chercheurs au Département de biologie du CRSN-Lwiro, RD Congo

²Techniciens de recherche au Département de Biologie du CRSN-Lwiro, RD Congo

³Chercheur dans le Service Etatique de l'Environnement, en territoire de Kabare en province du 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: An investigation was conducted on ticks that infect cattle in the province of North Kivu, a province in agro-pastoral vocation. The method of sampling ticks on cattle was used. The result shows that in the North Kivu Province infestations of cattle tick are dominated by the species *Boophilus decoloratus* (59.7%; followed by *Amblyomma variegatum* (35.5%) and finally *Rhipicephalus appendiculatus* (4.8%). The source of these ticks rest from movement of cattle internally and those from outside by import.

KEYWORDS: Ticks, Infestation, cattles, North-Kivu, DR Congo.

RESUME: Une investigation a été menée sur les tiques qui parasitent les bovins dans la province du Nord-Kivu, une province à vocation agropastorale. La méthode de prélèvement des tiques sur les bovins a été utilisée. Le résultat montre que dans la province du Nord-Kivu les infestations des bovins par les tiques sont plus dominées par l'espèce *Boophilus decoloratus* (59,7% ; suivie de l'*Amblyomma variegatum* (35,5%) puis enfin de *Rhipicephalus appendiculatus* (4,8%). La source de provenance de ces tiques reste le mouvement des bovins à l'interne et ceux venant de l'extérieur par importation.

MOTS-CLEFS: Tiques, Infestation, Bovins, Nord-Kivu, RD Congo.

1 INTRODUCTION

Les tiques sont des ectoparasites qui se nourrissent du sang des vertébrés, particulièrement celui des mammifères et des oiseaux (M. Laamri et al.,2012).En général, ces ectoparasites ont un impact sévère sur la santé et la production animale et de ce fait, leur action directe sur les animaux parasités : spoliation conduisant à l'affaiblissement lié au prélèvement sanguin(une tique femelle pour qu'elle soit gorgée soutire 2 à 5 ml de sang (Bisusa et al.,2014a), les réactions locales aux points de piqures provoquant chez les animaux domestiques une hypersensibilités, une irritation ; l'inflammation et des dommages physiques(M. Laamri et al.,2012). Lorsqu'elles sont nombreuses les tiques peuvent provoquer aussi l'anémie et une réduction de la productivité.

En Afrique les tiques transmettent aux bovins plusieurs maladies, particulièrement la Théileriose, la Babésiose, l'Anaplasmose ayant comme agent vecteur principal la tique du genre *Rhipicephalus appendiculatus*. En plus de ce dernier, l'Anaplasmose est transmise aussi par *Hyalomma spp* (Ashford et al., 2004 ; Morel, 2000) et la Babésiose par le *Boophilus decoloratus*. Par contre l'*Amblyomma variegatum* transmet la Cowdriose (Walker et al., 2003 ; Uilenberg , 1983 ; Kalume K.M., 2012). En plus de leur action parasitaire, les tiques peuvent transmettre au bétail un grand nombre des maladies virales, rickettsiales et bactériennes (Walk R., 2001, Bisusa et al., 2013).

Outre les possibilités de transmission des agents pathogènes et d'être hôte- intermédiaires, les tiques constituent un impact important à la productivité des animaux d'élevage, conduisant à des pertes économiques pour les éleveurs (Norval et al., 1992 ; Wall et Shearer, 1989 ; Bisusa et al., 2014).

Le présent travail est réalisé en vue de compléter les travaux des autres chercheurs qui ont travaillé sur la tique et les maladies à tiques dans la province du Nord (Kalume et al., 2009). Cela va aussi nous permettre de connaître les espèces des tiques et leur distribution sur toute la province du Nord-Kivu.

2 MILIEU D'ÉTUDE

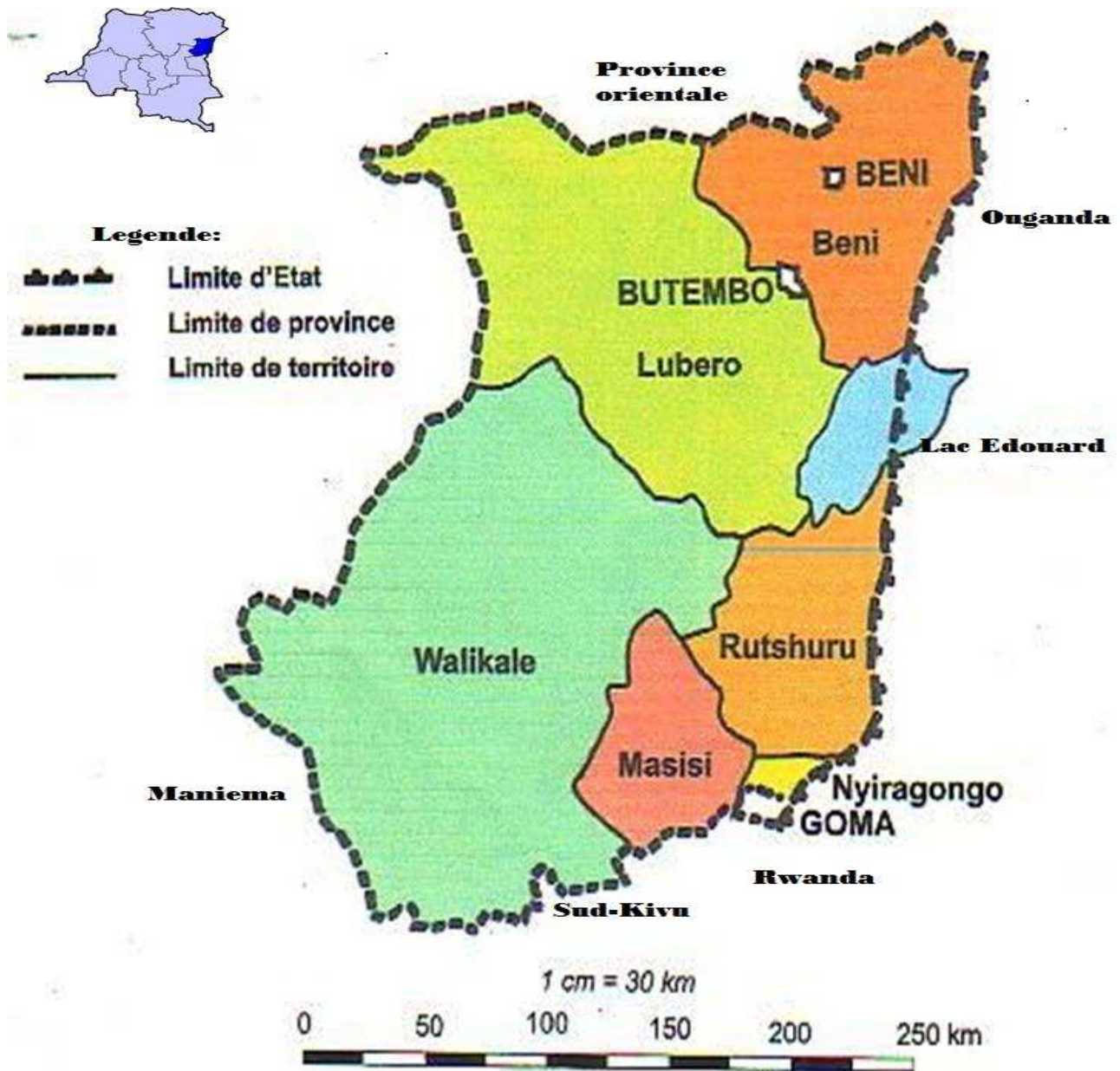


Figure 1: Carte de la Province du Nord-Kivu

2.1 SITUATIONS GÉOGRAPHIQUES ET CLIMATIQUES

Le Nord –Kivu est l'une de vingt six provinces de la république démocratique du Congo. Elle est située à l'Est du pays, à cheval sur la ligne de l'équateur, entre 0° 58' de latitude Nord et 2° 03' de latitude Sud, entre 27° 14' de longitude Ouest et 29° 58' de longitude Est. Elle est limitée à l'Est par la République de l'Ouganda, au Sud-Est par la République du Rwanda, au Nord et à l'ouest par la province orientale, au Sud- Ouest par la province du Maniema et au sud par la province du Sud-Kivu. Elle subdivisée en six territoires (Beni, Lubero, Rutshuru, Walikale, Masisi et Nyiragongo) regroupant 17 secteurs (ou Chefferies) et 97 groupements (petites entités administratives).

Sa superficie est de 59 631 km², soit environ 2,5% de l'étendue du territoire national. Une corrélation étroite entre l'altitude et la température moyenne mensuelle est observée au Nord-Kivu. En dessous de 1 000 m d'altitude, la température est voisine de 23° C ; à 1 500 m on enregistre environ 19° C et à 2 000 m, 15° C. La région est caractérisée par deux saisons : une saison sèche de 3 mois (de Juin à Aout) et une saison de pluies de 9 mois (de Septembre à Mai).

Les pluviométries moyennes varient entre 1 000 mm et 2 000 mm et les précipitations moyennes mensuelles les plus faibles sont enregistrées sur une très courte période, entre janvier et février, puis entre juillet et août [Bureau de Coordination des Affaires Humanitaires des Nations Unies, 2005]. Parmi les entités territoriales qui composent cette province, Masisi, Rutshuru, Lubero, Karisimbi, Nyiragongo et Beni Sont les territoires agropastoraux par excellence. Dans ces milieux, le climat ainsi que la qualité physico-chimique du sol offrent pour les cultures et les pâturages, les possibilités d'amélioration et de promotion (production de bétail dans la région).

2.2 GESTION DE L'ÉLEVAGE

Les modes d'exploitation des bovins sont changeants selon le type d'élevage, les facteurs humains et l'environnement. Dans les milieux ; l'élevage de bétail est généralement fermier ou familial. Les bovins sont généralement de races africaines ou exotiques d'Europe. Au point de vue de contrôle des tiques et maladies chez les bétails, il existe des structures associatives (Coopératives) de lutte dans lesquelles interviennent plusieurs projets.

Ainsi, l'application des Pyréthrinoides tels que les Fluméthrines 1% (Bayticol et le Delthamethrine (Butox) est efficacement recommandée à la suite de leur effet sur les tiques et de faible toxicité sur les animaux.

De plus ces produits sont faciles à utiliser en application (Morel, Muhimuzi et al.,2014(C) 2000 ; Euzeby et al., 2005). Par ailleurs des produits utilisés en bombe (spray) ou en bain détiqueur (dipping tank) tels que le Diazinon et le Chlorfenvinphos a été prouvé par les éleveurs comme aussi par leurs encadreurs les vétérinaires.

3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1 MATÉRIEL

Le choix de notre étude a été dicte par les considérations liées à la persistance de nombreuses tiques sur les bovins et des maladies transmises. L'étude actuelle a été réalisée pendant 13 mois (de Mars 2014 au Mai 2015) dans différents sites d'élevages (Mushake, Ngungu, Lushebere, Masisi, Bunagana, Rutshuru, Kirilirwe,Rutshongo sur les bovins venant de Ruhengeri et de l'Ouganda et au lieu de vente de bovins à Goma , au marché de Kituku- CEBOCO.

Ceux-ci ont été choisis en fonction de tranche altitudinale, de la présence des animaux et de l'accessibilité. Nous avons prélevé et déterminé au laboratoire d'entomologie Vétérinaire du Centre de Recherche en Sciences Naturelles de Lwiro, Département de Biologie ,4066 tiques provenant de 220 bovins. Les bêtes examinées ont été prises par tirage au sort dans des troupeaux confondus (males, femelles, jeunes et adultes).Par suite nous établissons des fiches comprenant : numéro d'ordre, âge, robe, race.

3.2 TECHNIQUES DE RECOLTE, CONSERVATION ET IDENTIFICATION DES TIQUES

Pour chaque animal, les tiques ont été récoltées par extraction manuelle sur les différentes régions anatomiques du corps des animaux. Elles ont été directement mises dans les flacons en verre ou en plastique contenant 80 à 90% d'éthanol,15% d'eau et 5 % de glycérol (Walker et al.,2003) portant la date de récolte, le numéro par site.

Ainsi conditionnées et signalées, les tiques ont été acheminées au laboratoire choisi pour la détermination. Celle-ci était faite en utilisant la loupe binoculaire, puis au microscope couple à l'ordinateur, compare à la clé de détermination usuelle proposée par Elbel et Anastos (1966).

4 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau 1. Résultats d'identification des tiques des bovins des sites d'élevage et marché de la province du Nord-Kivu (2014-2015).

Sites	Espèces de tiques	Males	Femelles	nymphes	Larves	Total tiques
MUSHAKE	<i>Booph. decol.</i>	44	1907	23	0	1974
	<i>Rhip. Append.</i>	27	121	2	0	150
NGUNGU	<i>Booph. decol.</i>	1	153	1	1	156
	<i>Rhip. Append.</i>	1	10	1	0	12
UGANDA	<i>Booph. decol.</i>	3	108	0	0	111
	<i>Rhip. Append.</i>	7	3	0	0	10
	<i>Ambly. Varg.</i>	115	1326	0	0	1441
LUSHEBE-RE	<i>Booph. decol.</i>	0	46	1	0	47
	<i>Rhip. Append.</i>	0	7	0	0	7
MASISI	<i>Booph. decol.</i>	0	13	0	0	13
	<i>Rhip. Append.</i>	0	6	0	0	6
BUNAGA-NA	<i>Booph. decol.</i>	0	34	0	0	34
	<i>Rhip. Append.</i>	3	8	0	0	11
RUTCHU-RU	<i>Booph. decol.</i>	0	51	0	0	51
	<i>Rhip. Append.</i>	0	0	0	0	0
KIROLIR-WE	<i>Booph. decol.</i>	0	13	0	0	13
	<i>Rhip. Append.</i>	0	0	0	0	0
RWITHSOT-ONGO	<i>Booph. decol.</i>	0	3	0	0	3
	<i>Rhip. Append.</i>	0	0	0	0	0
	<i>Booph. decol.</i>	0	21	0	0	21
	<i>Rhip. Append.</i>	0	0	0	0	0
Total	-	201	3830	28	1	4060

Légende : - *Booph. Decol.* = *Boophilus decoloratus*
 - *Rhi.append.* = *Rhipicephalus decoloratus*
 - *Ambly. Varieg.* = *Amblyomma variegatum*

Le **tableau 1** montre que dans la province du Nord-Kivu les infestations des bovins par les tiques sont plus dominées par l'espèce *Boophilus decoloratus* (59,7% ; suivie de l'*Amblyomma variegatum* (35,5%) puis enfin de *Rhipicephalus appendiculatus* (4,8%).

Tableau 2. Distribution des espèces des tiques *Boophilus decoloratus* *Amblyomma variegatum*, *Rhipicephalus appendiculatus* dans les sites de récolte (2014-2015)

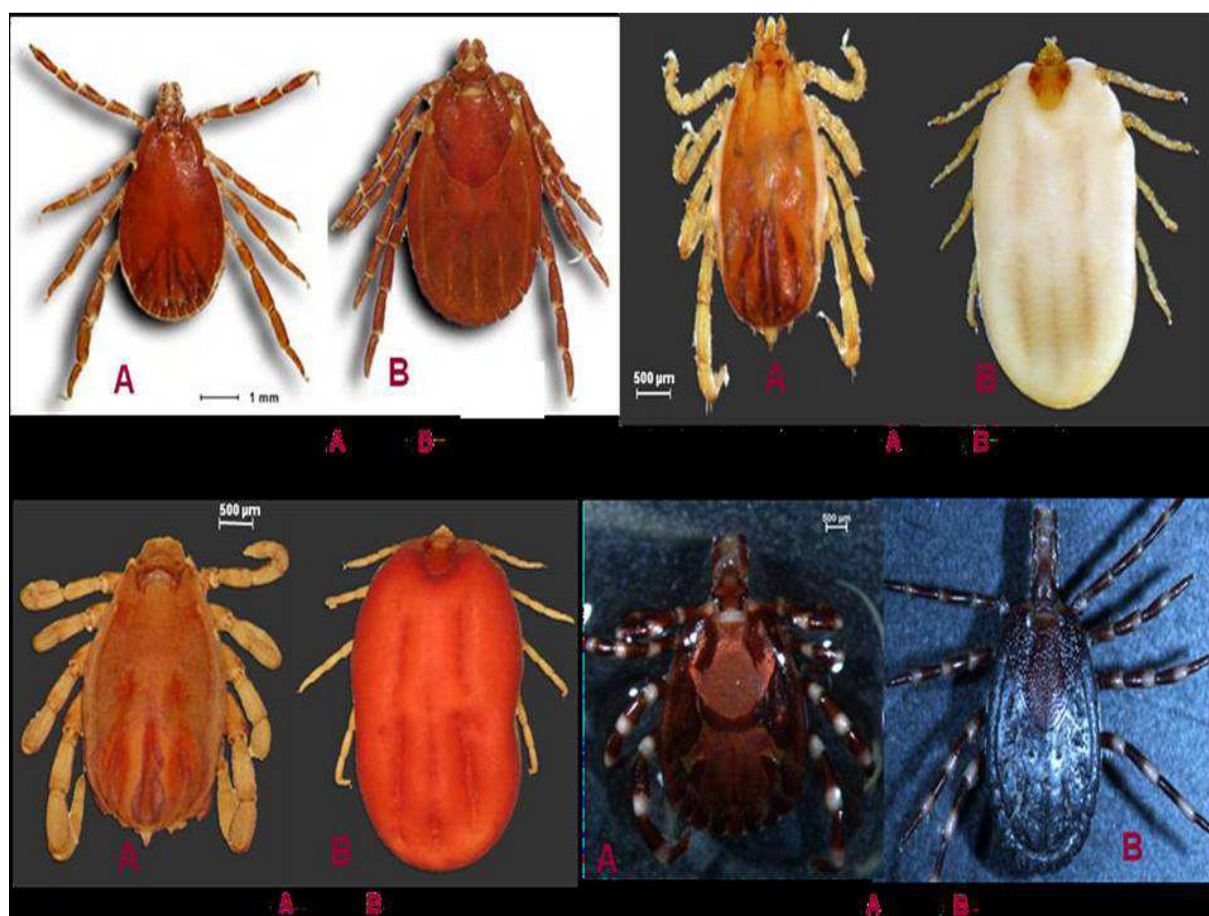
Site	MUSHAKE	NGUNGU	UGANDA	LUSHEBERE	MASISI	BUNAGANA	RUTCHURU	KIROLIRWE	RWITSHO TONO	RUSAYO	Pourcentage
Booph. Decol.	48,5 %	3,8 %	2,8 %	1,2 %	0,3 %	0,8 %	1,3 %	0,3 %	0,07 %	0,5 %	59,57%
Rhipi. Append.	3,7 %	0,3 %	0,2 %	0,2 %	0,1 %	0,3 %	0 %	0 %	0 %	0,02 %	4,82%
Ambly.variegat.	0 %	0 %	35,4%	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	35,4%
Total %	52,2 %	4,1 %	38,4 %	1,4 %	0,4 %	1,1 %	1,3 %	0,3 %	0,07 %	0,52 %	99,79%

Légende : - *Booph. decol.* = *Boophilus decoloratus*: 2428
 - *Rhipi.append.* = *Rhipicephalus appendiculatus* : 197
 - *Amblyo . varieg.* = *Amblyomma variegatum* : 1441

En égard des pourcentages de distribution de trois espèces de tiques *Boophilus decoloratus*; *Rhipicephalus appendiculatus* et *Amblyomma variegatum* mentionnées dans le tableau 2, les sites de récoltes de ces tiques sont dans l'ordre décroissant :Mushake 52,2% ,Ouganda 38,4%, Ngungu 4,1%,Lushebere 1,4%, Rutshuru 1,3% , Bunagana 1,1%,Rusayo 0,25%, Masisi 0,4% et Rwishoto 0,07%. Parmi ces sites, les bovins fournis par l'Ouganda sont seuls sur lesquels nous avons récolté la tique *Amblyomma variegatum*.

Par contre pour la tique *Boophilus decoloratus*, elle a été récoltée chez les bovins dans tous les sites choisis ; mais avec des variations de pourcentage et seulement chez les bovins de Mushake, Ngungu, Uganda, Lushebere, Masisi, Bunagana et Rusayo pour l'espèce *Rhipicephalus appendiculatus*. La présence ou non de ces tiques dans les milieux précités seraient liée aux modes d'élevage, aux facteurs humains et de l'environnement ainsi qu'aux différentes races élevées.

Figure 1. Espèces des tiques les plus fréquentes en Afrique Centrale et orientale selon Walker et al.2003



- **Légende** : = *Rhipicephalus appendiculatus* est le principal vecteur de *Theileria parva*, (a) = vecteurs de *Babesia bovis* et de *Babesia bigemina*, (b)= vecteurs de *Babesia bigemina*, (c) = *Amblyomma variegatum* est le principal vecteur de *Cowdria ruminantium* en Afrique centrale et orientale selon Kalume K.M., 2012.

Nos résultats de l'identification des tiques sont arrivés à trois espèces dont *Boophilus decoloratus* 59,57% ; *Rhipicephalus appendiculatus* 4,8% et *Amblyomma variegatum* 35,4% ; toutes ces trois espèces non équitablement réparties dans les dix sites qui ont constitués notre milieu d'étude.

Ces résultats ne sont pas loin de ceux obtenus par Kalume (2009) dans une étude transversale effectuée dans 29 troupeaux de Beni-Lubero qui avait donné comme résultats *Boophilus decoloratus* 35,4% , *Rhipicephalus appendiculatus* 64,4%, et *Amblyomma variegatum* 0,3% . Ainsi ces résultats ne diffèrent que par le pourcentage, mais pour les espèces ; ils sont les mêmes.

5 CONCLUSION

Au terme de notre travail, nous dégagons quatre conclusions à savoir:

- a) Le service de l'état chargé de l'élevage a la frontière doit être informé pour qu'il contrôle les animaux qui entrent ; venant des pays étrangers (pour notre cas ici précis le Rwanda et l'Ouganda) et de les maintenir en quarantaine; cela pour éviter l'importation des animaux et des tiques vectrices de maladies à la fois.
- b) La disponibilisation des produits acaricides dans la province du Nord-Kivu comme aussi partout ailleurs serait un atout pour rapprochement des pâturages ; les rendant plus accessibles, c'est à dire les mettant tant à la porte qu'à la bourse des éleveurs. Que les pharmacies vétérinaires soient implantées dans les sites de consommations de leurs produits.
- c) Maintenir les troupeaux d'élevage dans un environnement bien approprié.
- d) Faire une étude à l'interne pour voir comment réduire sensiblement la tique *Boophilus decoloratus* en appliquant plusieurs produits acaricides à la fois.

Les résultats de cette étude doivent aussi interpeller les autres éleveurs des autres provinces comme aussi les Organisations Non Gouvernementales partenaires dans les domaines agropastoral à pouvoir exercer les mêmes activités dans les provinces des mêmes profils; cas du Sud-Kivu.

REMERCIEMENTS

Mes remerciements s'adressent tout droit aux membres de International farmers dialogue (IFD) : Claude Bourdin, Jean Pierre et Sylvie Emerieau tous trois en (France), Jim Wigan et Wellington tous deux en (Angleterre), Haj Jamil Ssebalu en Uganda. A nos agents techniques bases à la station de Goma (Bora Manegabe, Nabintu Zihahirwa et Wabo Banywene) et à ceux de Lwiro (Masale, Rugomoka et Habitu), nous disons merci.

REFERENCES

- [1] Bisusa A., M., Chishibanji B.W., Ajabu B.D. Inventaires des tiques des chiens dans les groupements Bugorhe et Irhambi-Katana, Sud-Kivu, République Démocratique du Congo, 2014(b), Cahiers du CERUKI ,Nouvelle Série, 44 ,pp.67-77.
- [2] BISUSA M., AMZATI S., BAGALWA M.. Distribution altitudinale des tiques (*Acarina-Ixodidae*) chez les bovins de groupements de Bugorhe et Irhambi-katana en province du Sud-Kivu, République démocratique du Congo. , 2014(c), Annales de l'UEA, numéro spécial ,69-80 pp
- [3] Elbl, A. Anastos, G., 1966. Iodid ticks (*ACARINA, IXODIDAE*) of Central Africa. Annales du Musée Royal de l'Afrique Centrale, Tervuren, Belgique.
- [4] Euzeby J., Bourdoiseau G., Chauve C.M. - Dictionnaire de parasitologie médicale et vétérinaire, 492 pages, Ed. TEC et DOC, Paris, Ed. Médic. Internationale, Cachan et Lavoisier, 2005.
- [5] Kalume M.K. Abondance saisonnière des tiques (*Acari : Ixodidae*) en fonction de système d'élevage des bovins dans la ville de Butembo, Province du Nord-Kivu, République Démocratique du Congo, Ed. Parcours et initiatives, 2012, 9, 56-66.
- [6] Kalume M.K., Saegerman C., Mbahikyavolo D.K., Mukunyaviri A.M., Marcotty T., Madder M., Caron Y., Lempereur L., Losson B. Identification of hard tick (*Acari: Ixodidae*) and Seroprevalences to *Theileria parva* in cattle raised in North-Kivu Province, Democratic Republic of Congo. *Parasitol. Res.* 2013, **112**, 789-797.
- [7] M. Laamri K. El Kharrim R., Mrifag, Boukbal et D. Belghyti. Dynamique des populations des tiques parasites des bovins dans la région de Gharb au Maroc, Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 2012, **65** (3 -4): 57-62.
- [8] Morel P.C. - Maladies à tiques du bétail en Afrique. In : Précis de parasitologie vétérinaire tropicale. Chartier C., Itard J., Morel P.C., Troncy P.M. (Eds.), Editions Médicales internationales, Cachan, Editions TEC et DOC III, 2000, 452-761.
- [9] Muhimuzi A.B, B.E. Ombeni, B.W. Chishibanji, and M.B. Masunga Identification des Tiques (*Acarina-Ixodidae*) Parasites des Bovins au Sud-Kivu, République Démocratique Du Congo, International Journal of Innovation and Applied Studies ISSN 2028-9324 Vol. 8 No. 4 Oct. 2014, pp. 1496-1503
- [10] Norval R.A.I., Perry B.D., Young A.S. - The Epidemiology of Theileriosis in Africa, Academic Press, London, 1992.
- [11] Walker A.R., Bouattour A., Camicas J.L., Estrada-Panda A., Horak I.G., Latif A.A., Pergam R.G., Preston P.M. Ticks of domestic animals in Africa: a guide to identification of species. International consortium on Ticks and Ticks Borne Diseases: Edinburg, 2003, 221p.

- [12] Wall. R. Shearer D. Veterineray ectoparasites: biology, pathology and control, 2nd Edn, 2001. Oxford, UK, Blackwell science, 262 pp.
- [13] Yilma J., Adamu G., Zerbini E. - Biossay of acaricide resistance on three common cattle tick species at Holotta Central Ethiopia. *Rev. Méd. Vét.* 2001, **152**(5), 385-390.

État des lieux du système national de l'innovation technologique au Maroc

[Current situation of the national system of the technological innovation in Morocco]

Omar ELYOUSSOUFI ATTOU¹⁻² and Moha AROUCH¹⁻²

¹Laboratoire « Ingénierie, Management Industriel et Innovation (LIMII) », Faculté des Sciences et Techniques, Université Hassan 1er, Settat, Morocco

²Laboratoire « Stratégie et Management des Organisations (LASMO) », Ecole Nationale de Commerce et Gestion, Université Hassan 1er, Settat, 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: Public authorities in Morocco are aware of the key role of innovation as a driver of the Moroccan economy competitiveness. That is why they have been working for over 15 years, in coordination with several actors from the private sector and civil society, to set up a National Technology Innovation System. These efforts are coordinated through a policy focused on boosting innovation and helping bring universities, industry and research closer together. However, till today, the results remain below expectations.

In this paper, we propose to study the different strategies, programs and incentives for innovation promoted by public authorities in Morocco. The analysis is performed by distributing the innovation promotion programs and mechanisms into three components; the first component "Promoting the creation of innovative technology start-ups", the second component "Promoting the exploitation and the valorization of research results" and the third component "Promoting innovative activities within companies".

KEYWORDS: Innovation, R & D, National Innovation System, Valorization of scientific research, Morocco.

RÉSUMÉ: Conscientes de l'impératif de l'intégration dans l'économie du savoir et le rôle primordial de l'innovation comme moteur de la compétitivité des économies, Les autorités publiques au Maroc, en coordination avec plusieurs acteurs du privé et de la société civile, œuvrent depuis plus de 15 ans à mettre en place un système national de l'innovation Technologique. Ces efforts sont coordonnés à travers une politique favorisant la promotion de l'innovation, la création des entreprises innovantes et le rapprochement de l'université au monde de l'entreprise. Malheureusement les efforts consentis à ce jour et les réalisations dans ce cadre n'ont pas permis au Maroc de réaliser le maximum de son potentiel. Dans ce travail, nous proposons d'étudier les différents stratégies, programmes et incitatifs à l'innovation promus par les pouvoirs publics au Maroc. L'analyse est réalisée en répartissant les programmes et mécanismes de promotion d'innovation en trois composantes : la composante « Promotion de la création d'entreprises technologiques innovantes », la composante « promotion de la valorisation des résultats de la recherche » et la composante « activités innovantes au sein de l'entreprise ».

MOTS-CLEFS: Innovation, R&D, Système National de l'Innovation, Valorisation de la recherche scientifique, Maroc.

1 INTRODUCTION

La forte corrélation entre le niveau d'innovation et la compétitive pour une entreprise ou un pays est couramment admise de nos jours. En effet l'environnement des entreprises, de plus en plus incertain et complexe, contraint les entreprises à innover pour rester en vie.

L'innovation, selon le Manuel d'Oslo de l'Organisation de Coopération et de Développement Economiques [1], est la mise en œuvre (implémentation) d'un produit (bien ou service) ou d'un procédé (de production) nouveau ou sensiblement amélioré, d'une nouvelle méthode de commercialisation ou d'une nouvelle méthode organisationnelle dans les pratiques d'une entreprise, l'organisation du lieu de travail ou les relations extérieures. Aussi, l'OCDE concède que le champ de l'innovation englobe l'ensemble des utilisateurs, des fournisseurs et des consommateurs, que ce soit dans les administrations publiques, les entreprises ou les organismes à but non lucratif, et elle transcende les frontières entre pays, secteurs et institutions. [1]

D'un point de vue théorique la notion de l'innovation a été introduite par Joseph Schumpeter [2], qui a insisté sur le rôle majeur de l'innovation comme moteur de l'économie. Schumpeter définit l'innovation en tant que processus de destruction-créatrice, qui constitue le moteur de la dynamique du capitalisme [3], et qui est le fruit du travail d'entrepreneur individuel qui rompt le flux circulaire de l'économie [4]. Ensuite la théorie de Schumpeter a évolué en considérant que seules les grandes entreprises peuvent innover car elles seules ont les moyens financiers pour soutenir l'innovation qui devient ainsi le résultat de travaux de R&D routiniers réalisés dans de grands laboratoires de recherche industrielle. Pour Lundvall [5] l'innovation est un processus complexe pratiqué au sein d'un écosystème dynamique qui connaît un changement continu de la nature de ces composantes et des relations qui les lient. Aussi, plusieurs autres travaux ont insisté sur le rôle important des interactions entre les différents acteurs d'un écosystème de l'innovation [6],[7].

Au Maroc, et jusqu'à l'année 2000, l'innovation ne figurait pas dans les priorités des pouvoirs publics et les liens de la recherche publique avec le tissu socio-économique étaient très faibles en l'absence de structure ayant pour mission la valorisation économique des résultats de la recherche.

A partir de l'année 2000 le pays a entamé un processus qui vise la mise en place d'un écosystème national favorisant le développement de la recherche scientifique nationale en général et l'innovation et la valorisation des résultats de la recherche en particulier. [8], [9].

Dans le cadre de cet article, nous proposons d'étudier les différentes stratégies et programmes d'incitation à l'innovation promus par les pouvoirs publics. L'analyse sera établie en répartissant les dispositifs et mécanismes de promotion de l'innovation, en trois grandes composantes : la composante « Promotion de la création d'entreprises innovantes », la composante « promotion de la valorisation des résultats de la recherche » et la composante « promotion des activités innovantes au sein de l'entreprise ».

Cette analyse est basée, à la fois, sur les résultats qui apparaissent dans les différents rapports et documents officiels, en plus de plusieurs entretiens individuels avec un échantillon représentatif des acteurs du système national et des bénéficiaires des différents programmes et mécanismes d'appui à l'innovation.

2 HISTORIQUE DU PROCESSUS DE MISE EN PLACE D'UN SYSTÈME NATIONAL D'INNOVATION AU MAROC

Le processus de développement de l'innovation a débuté avec une réforme globale du système national de l'enseignement et de la recherche en 2000 [8], [9]. Il a passé par plusieurs étapes clés que nous pouvons résumer comme suit :

- 2002-2003 : Mise en place du programme « Fonds de Solidarité Prioritaire : Valorisation de la Recherche auprès de l'Industrie et Mise à Niveau de l'Entreprise Marocaine, FSP-Valorisation ». Ce programme est la résultante d'une coopération triangulaire entre le Ministère en charge de la recherche, le Ministère en charge de l'Industrie et l'Ambassade de France à Rabat [10].
- 2004 : Lancement du programme national des interfaces Université Entreprise [11].
- 2006 : Mise en place de la stratégie de la recherche scientifique à l'horizon 2025 qui tient compte des grands chantiers de développement lancés par le Maroc (Plan émergence pour l'industrie, plan azur pour le tourisme, Initiative Nationale du Développement Humain (INDH), Offshoring, etc...) [12].
- 2007-2008 : Pérennisation des programmes et réseaux du FSP-Valorisation sous forme d'un programme qui a été baptisé : Programme d'Appui à l'Innovation et au Développement Technologique (PAIDT). Le PAIDT a fait l'objet d'une

convention signée en 2008 par le Ministère en charge de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique (MESRSFC) et le Ministère en charge de l'Industrie (MCINT). [13]

- 2009-2012 : Mise en œuvre du projet N°14 dans le cadre du Programme d'Urgence 2009-2012 qui a mis l'accent, entre autres, sur les brevets d'invention d'origine universitaires et les contrats de projets R&D collaboratifs en partenariat avec des entreprises. [14]
- 2009 : Lancement de « l'Initiative Marocaine de l'innovation » entre, d'une part, les deux ministères en charge respectivement de la recherche scientifique et de l'industrie et, d'autre part la Confédération Générale des Entreprises du Maroc (CGEM). [15]

La dernière étape, qui est toujours en cours, étant la mise en place, proprement dite, d'un Système National d'Innovation initié il y a presque quatre ans par l'élaboration et l'adoption de la « Stratégie Maroc innovation » qui a été validée, lors du deuxième sommet de l'Innovation en 2011, par les deux Ministères (MCINT et MESRSFC) suite à une large concertation public-privé.

Ladite stratégie prétend, en premier lieu, définir les mesures concrètes pour favoriser un environnement d'innovation en phase avec les impératifs de la compétitivité et les besoins du marché, et en deuxième lieu elle fixe un plan d'action commun pour tous les acteurs impliqués dans le processus de la R&D et de l'innovation au Maroc. [15]

3 PROMOTION DE LA CRÉATION D'ENTREPRISES INNOVANTES AU MAROC

Pendant les dix dernières années, l'importance de la création d'entreprises innovantes ne cesse de se confirmer au Maroc. En effet, les startups garantissent des retombées en termes de nouveaux débouchés économiques et d'emplois de haute qualification et elles ont le potentiel d'assurer l'intégration de l'économie marocaine dans la compétitivité des marchés de demain.

Dans le cadre des missions qui leurs sont dévolues par la loi 01-00, les universités peuvent assurer des prestations de services, créer des incubateurs d'entreprises innovantes, créer des filiales ou prendre des participations en vue d'exploiter des brevets et licences et commercialiser les produits de leurs activités. Plusieurs initiatives de création d'entreprises par des universités ont été confrontées aux difficultés d'autorisation définitive du Ministère des Finances. [8]

Aussi, la création d'entreprises innovantes suscitent de la part des pouvoirs publics et de la société civile un intérêt grandissant illustré par :

- La multiplication des événements, des concepts, des modules de formations et plus généralement d'initiatives qui visent la sensibilisation à l'entrepreneuriat ;
- La création du Réseau Maroc Incubation et Essaimage (RMIE) qui comprend des opérateurs publics et privés pour soutenir la création d'entreprises innovantes à partir des résultats de la recherche. A partir de 2011 le RMIE a soutenu 16 projets de création d'entreprises innovantes dans 6 incubateurs. [16], [17]
- Le lancement annuel, dans le cadre du RMIE, d'un appel à propositions visant l'appui financier à la création d'entreprises technologiques innovantes ;
- La création d'incubateurs universitaires (depuis 2002) dans une perspective de mettre à la disposition des porteurs de projets innovants une plateforme d'accueil de proximité capable de répondre à leurs besoins. Aujourd'hui, 13 incubateurs universitaires sont membre du RMIE dont 6 qui sont réellement opérationnelles. [16]
- La mise en adéquation de la formation par l'introduction de modules relatifs à l'entrepreneuriat au niveau des écoles d'ingénieurs des Licences Professionnelles (LP) et des Masters Spécialisés (MS).
- La mise en place de l'instrument INTILAK, dans le cadre de la « Stratégie Maroc innovation », destiné aux startups innovantes en phase de démarrage, porteuses d'un projet d'innovation ou d'un projet de valorisation R&D. ce mécanisme finance 90 % des dépenses du projet, dans la limite d'1MDH. A ce jour sept éditions d'appels à projets ont été lancé (2011-2014) avec un total de 38 projets retenus. [18]

Malgré les efforts consentis le nombre des projets soutenus par les différents dispositifs d'appui reste très faible et le nombre des entreprises créées est plus faible encore. Cela est dû, essentiellement, à plusieurs contraintes dont on citera ci-dessous les plus importantes :

- Les incubateurs manquent d'autonomie par rapport à l'organisation des universités, ce qui rend difficile l'acquisition d'équipements ou d'expertises adéquats pour les projets ;
- Faiblesse du réseau institutionnel, industriel et financier des incubateurs ;

- Inexistence d'un centre de prototypage local, dans la région ou au niveau national ;
- La mission de l'incubateur s'arrête après l'élaboration du Business plan et il n'intervient pas au cours de la phase de la recherche de financement ;
- Faiblesse voir l'inexistence de mécanismes de financement adéquats à la création d'entreprise innovante (fonds d'amorçage, business angels, etc...)
- Manque d'un cadre juridique capable de mobiliser et d'encourager les porteurs de projets notamment les chercheurs universitaire.

4 PROMOTION DE LA VALORISATION DES RÉSULTATS DE LA RECHERCHE

La totalité des dispositifs et mécanismes que nous proposons d'intégrer dans la deuxième composante « valorisation des résultats de la recherche » concernent l'université et les centres de recherche publics. L'objectif majeur de ses dispositifs est de positionner l'université en tant qu'acteur économique avec un grand impact sur le développement local et régional du Maroc. C'est à dire, en plus des missions de formation et de recherche, concrétiser le troisième rôle de l'université en tant que pionnière de l'innovation et du transfert de technologie.

L'effort de la promotion de la valorisation des résultats de la recherche a commencé avec le programme National des Structures d'Interfaces Université-Entreprise qui sont des structures au sein de l'université destinées à l'intermédiation, au rapprochement et à l'institutionnalisation de la relation entre les universités et les entreprises. Aujourd'hui, 26 interfaces sont opérationnelles au niveau national. [11], [19]

Concernant le financement, deux appels à projets phares sont à noter :

- Financement de la R&D en TIC par l'appel à projets lancé en 2006-2007 dans le domaine des TIC au profit des opérateurs télécom, des universités et des entreprises privées. 73 projets ont été retenus pour un budget de 103 MDH. [19]
- Appel à projets (type C) dans les domaines prioritaires de la recherche scientifique et du développement technologique : la 1ère édition lancée en juillet 2013 avait pour objectifs de promouvoir et renforcer les activités de recherche développement et du développement technologique dans les domaines prioritaires. Le budget prévu est de 300 MDH. Il vise le soutien à 3 types de projets. Le type C concerne les projets fédérateurs, de 3 à 5 ans, visant le développement de produits orientés marché dans les technologies avancées et l'amélioration de la compétitivité du tissu économique du Maroc. Leur financement peut aller jusqu'à 10 MDH. Le nombre de projets soumis type C est de l'ordre de 28 sur un total de 396 projets de recherche déposés suite à l'appel à projets 2013 (7%). 8 projets Type C, seulement, ont été acceptés. [20]

Afin de soutenir le dépôt de brevets par les universitaires un programme de travail continu, depuis 2008, a été réalisé par le Ministère en charge de la recherche scientifique en collaboration avec l'Office Marocain de la Propriété Industrielle et Commerciale (OMPIC). Cet effort c'est soldé par l'accord aux déposants universitaires de brevets d'une réduction de 50% des frais correspondants. Aussi, à partir de 2009 une rubrique a été introduite, dans le budget des universités pour la prise en charge des frais de dépôt du brevet et les annuités y afférentes. Ce qui s'est traduit par l'amélioration du nombre de dépôts de brevets par les universités (138 brevet en 2013, 58 brevets en 2012, 41 brevets en 2010 et 11 en 2009). Toutefois, la majorité des dépôts de brevets au Maroc est d'origine étrangers (80% des dépôts) ce qui montre la faiblesse générale de l'effort national dans ce domaine. [19], [21]

La promotion de la valorisation des résultats de la recherche est confrontée à plusieurs obstacles :

- Les structures de valorisation des résultats de la recherche manquent d'autonomie par rapport à l'organisation administrative des universités;
- Les activités de valorisation sont fortement freinées par les procédures de gestion administrative et financière qui régit le fonctionnement des universités ;
- Le quasi absence de personnes ressources expérimentées dans les domaines du transfert de technologie et de la gestion de la propriété intellectuelle et industrielle.
- La prédominance de la recherche de base à l'université marocaine.
- La vocation principal des chercheurs c'est l'enseignement d'abord et la production de savoir ensuite, d'où la difficulté d'initier des activités de valorisation;
- La faible culture des brevets au sein de l'université marocaine et l'absence de structure capable de trouver des débouchés commerciaux aux brevets universitaires font que la majorité des chercheurs préfèrent valoriser leurs travaux par des publications ;

Les dites obstacles expliquent la très faible mobilisation des chercheurs pour l'industrie et le faible taux de participation des universités en tant que prestataire dans certains réseaux et programmes.

5 PROMOTION DES ACTIVITES INNOVANTES AU SEIN DE L'ENTREPRISE

A l'ère de l'économie du savoir, la recherche et développement (R&D) et les efforts de l'innovation sont devenus la clé de la compétitivité moderne, ce qui rend indispensable de miser sur la qualité et l'innovation, au lieu de chercher la compétitivité par la réduction des coûts, notamment, salariaux.

Une enquête menée par l'Association R&D Maroc en 2010, sur un échantillon de 300 entreprises marocaines représentatif des entreprises des secteurs industriels, montre la faiblesse des activités de la R&D et de l'innovation au sein de l'entreprise marocaine [22]. En fait:

- 29% d'entreprises déclarent avoir une activité de R&D et d'Innovation
- 0.21% de l'effectif total est affecté à la R&D, soit 1 053 personnes
- 0.13% du CA, soit 460 MDH est le Budget consacré aux travaux de R&D/Innovation.

En plus, l'implication du privé dans le financement de l'effort R&D national reste très faible par rapport à l'effort public malgré sa progression significative ces 10 dernières années. En fait, les dépenses du Maroc en R&D ne dépassent pas 0,79% du PIB en 2010 et la part du privé a passé de 7% en 1999 à presque 30% en 2010 avec un montant de 1 678,46 Millions de Dirhams et un ratio au PIB de 0,22%. Or, dans les pays où la R&D est plus développée le financement privé représente une part plus importante. [23]

Tableau 1. Dépenses intérieures de R&D (DIRD) - financement par le secteur privé - volume, ratio au PIB et ratio à la DIRD (2010) (données OCDE et Eurostat (juillet 2013), traitements et estimations OST - OST 2013)

	Allemagne	Espagne	Italie	France	Royaume-Uni	Union européenne à 27	Maroc
Volume en M€	43 587	6 700	20 579	8 442	13 404	125 402	152,59
Ratio au PIB (%)	1,84	0,60	1,20	0,56	0,79	1,02	0,22
Part de la DIRD (%)	65,6	43,0	53,5	44,7	44,0	53,3	29,93

La volonté des pouvoirs publics à encourager les activités innovantes au sein de l'entreprise s'est manifestée à travers la mise en place de deux initiatives phares (2000-2002) à savoir :

- La mise en place, en 2002, du programme « Fonds de Solidarité Prioritaire-Valorisation de la Recherche auprès de l'Industrie et Mise à Niveau de l'Entreprise Marocaine ». [10]
- La PRD (provision pour recherche-développement). Il s'agit d'une incitation fiscale destinée à encourager les entreprises à réaliser des programmes de R&D. La provision peut aller jusqu'à 20% du résultat imposable, dans la limite de 30% du montant de l'investissement. La PRD a été supprimé en 2009 mais le principe d'incitatif fiscale est retenu dans la déclaration gouvernementale (2012-2016).

Par la suite les pouvoirs publics ont mis en place plusieurs dispositifs et mécanismes de promotion des activités innovantes au sein de l'entreprise :

- Le *programme national de Promotion des Clusters industriels* (depuis 2011) qui vise l'émergence de clusters autour des secteurs industriels et technologiques et le développement de projets collaboratifs innovants. Le dispositif s'appuie sur un fonds (62 MDH sur 3 ans) visant le soutien à l'animation des clusters via une démarche de labellisation. Actuellement le Maroc compte 9 structures de clusters labélisés en plus de 6 autres structures considérées similaires aux clusters. [18]
- Dispositif de *promotion de l'investissement en transfert de la technologie et/ou R&D* permettant à l'état de prendre en charge partiellement, à travers le fonds de promotion des investissements et le Fonds Hassan II pour le Développement Économique et Social, certaines dépenses d'un programme d'investissement (PI) assurant un transfert de technologie. A ce jour 6 PI ont été soutenus d'un montant global de plus de 484 MDH et 400 emplois hautement qualifiés créés. [19]
- *Programme INNOV'ACT* (2009-2012) qui donne un soutien financier et logistique à des projets d'innovation et de R&D soumis par des petites et moyennes entreprises (PME), en partenariat avec des laboratoires de recherche

publics ou des centres techniques en vue d'améliorer leurs compétitivités. 20 projets ont été soutenus dont 15 achevés avec un montant d'appui global de 2,9 MDH. [19]

- *Réseau de Diffusion Technologique* -RDT- (2003-2011): Réseau d'intervenants publics et privés pour le soutien des PME/PMI dans les domaines de l'innovation afin d'accroître leur compétitivité. Cela se faisait à travers des diagnostics par des intervenants technologiques (DTR) et des Prestations Technologique Réseau (PTR). Les PTR sont réalisées soit par des cabinets privés soit par des interfaces Université-Entreprise ou des laboratoires de recherches publiques. (215 PTR et de 132 DTR ont été réalisés durant la période de 2009 à 2011). A partir de 2012 le réseau est devenu un instrument promu par le Centre Marocain de l'Innovation (CMI) destiné aux projets d'appui à l'innovation et au développement technologique portés par des entreprises ou groupements d'entreprises, et couvre les dépenses à hauteur de 75% et ce dans la limite de 100 000 DH. A ce jour, quatre éditions ont été lancées (2012- 2014) avec un total de 9 projets retenus. [19]
- L'instrument *TATWIR* qui est destiné à financer des projets de R&D portés par une entreprise, un cluster en phase de développement ou un consortium d'entreprise(s) et organisme(s) de recherche et finance 50 % des dépenses du projet, dans la limite de 4 MDH. A ce jour, sept éditions d'appels à projets ont été lancées (2011-2014) avec un total de 10 projets retenus. [18]

Le nombre de projets très limité bénéficiant des instruments et mécanismes cités ci-dessus ainsi que le niveau de participation financière du secteur privé dans l'effort R&D nationale montrent clairement l'insuffisance des programmes de soutiens et la nécessité de mettre en place un écosystème capable de surmonter les différents obstacles freinant l'éclosion des activités d'innovation au sein de l'entreprise marocain. Il faut agir, donc, sur plusieurs niveaux et pas seulement à travers l'appui financier. Les autres niveaux concernent la gouvernance, le cadre juridique, le développement des connexions avec les universités et les centres de recherche, etc). En fait, le tissu industriel marocain est caractérisé par:

- la prédominance des PME /PMI caractérisées par une production à base de main d'œuvre peu qualifiée;
- le manque de savoir faire et d'intérêt pour l'adoption des technologies avancées ;
- le recours systématique à des technologies clés en main et à la fabrication sous licence ;
- la recherche scientifique et technique locales ou les services d'ingénierie nationaux sont perçus peu fiables et/ou lents ;
- frilosité du secteur privé pour l'investissement dans la R&D.

Aussi, malgré le fait que la Confédération Générale des Entreprises du Maroc (CGEM) a participé à la mise en place de la Stratégie Maroc innovation on constate l'absence de la représentation des entreprises privées dans la sphère des instances de pilotage des activités de recherche et de l'innovation au niveau national (comme le Comité Permanent Interministériel de la Recherche Scientifique et du développement Technologique (CPIRSDT).

6 CONCLUSION

La conscience des autorités publiques de l'importance de la promotion de l'innovation, en vue d'intégrer le Maroc dans l'économie du savoir et d'assurer un niveau élevé de compétitivité, c'est traduite par un travail graduelle depuis 2000.

La batterie des mesures est instruments a été conçus en prenant en compte les spécificités du pays ainsi que les standards internationaux mais les résultats ou plus précisément le rythme d'évolution reste lent.

Nous avons pu, dans ce premier travail, mettre en évidence et analyser les dispositifs et les mécanismes de promotion d'innovation au Maroc à travers une répartition de ses mécanismes en trois composantes à savoir la composante « création d'entreprise innovante », la composante « valorisation des résultats de la recherche » et la composante « activité innovante au sein de l'entreprise ».

L'état de l'innovation est la résultante de plusieurs facteurs qui interagissent de manière complexe en plus des facteurs de base qui caractérisent le pays comme l'environnement économique et la culture en général. La prépondérance de chaque facteurs ou groupe de facteurs peut être étudiée en profondeur dans des travaux ultérieurs.

REFERENCES

- [1] Organisation de Coopération pour le Développement Economique (OCDE), 2005, The Measurement of Scientific and Technological Activities: Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data, Oslo Manual, Paris.
- [2] Schumpeter, J.A. (1934,1980), The Theory of Economic Development, Oxford University Press: London.
- [3] CORSANI A. [2000], Réseaux d'entreprises et territoires: la dynamique de l'innovation dans le capitalisme cognitif, 12ème Séminaire annuel « Organisations, innovation & international » de l'Université de Technologie de Compiègne, 24-27 janvier.
- [4] HERAUD J-A., [2001], « Schumpeter Joseph Alois, 1883-1950 » in JESSUA C., LABROUSSE C., VITRY D., GAUMONT D., Dictionnaire de Sciences Economiques, P.U.F., pp 844-845.
- [5] Lundvall, BA. (2000), Introduction, in Edquist, Charles and Maureen McKelvey (eds.). Systems of Innovation: Growth, Competitiveness and Employment, An Elgar Reference Collection, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK, 2000.
- [6] Freeman, C. (1987), Technology policy and economic performance. Lessons from Japan: London, Pinter.
- [7] LUNDVALL B-A. [1992], « Introduction », National systems of innovation, towards a theory of innovation and interactive learning, Pinter London and New-York, pp 1-19.
- [8] Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche Scientifique et de la Formation des Cadres, 2000. Loi n°01-00 portant organisation de l'enseignement supérieur. [en ligne] Disponible sur : http://www.enssup.gov.ma/img_doc/documents/Txt_juridiques/loi/loi_fr.pdf
- [9] Ministère marocain de l'enseignement supérieur de la recherche scientifique 2015. Charte nationale d'éducation et de formation 1999. [en ligne] Disponible sur : http://www.enssup.gov.ma/img_doc/documents/Txt_juridiques/loi/charte.pdf
- [10] Ministère de l'Enseignement Supérieur de la Formation des Cadres et de la Recherche Scientifique, 2002. Convention de financement N° 2001-20 du FSP " Valorisation de la recherche auprès de l'industrie et mise à niveau de l'entreprise marocaine ", signée le 08 janvier 2002 entre le Gouvernement de la République Française et le Gouvernement du Royaume du Maroc.
- [11] Ministère de l'Enseignement Supérieur de la Formation des Cadres et de la Recherche Scientifique, Maroc 2004. Programme nationale des interfaces Université-Entreprise au Maroc.
- [12] Ministère de l'Enseignement Supérieur de la Formation des Cadres et de la Recherche Scientifique, Maroc 2006. Rapport de la Stratégie Nationale de la Recherche Scientifique à l'horizon 2025. [en ligne] Disponible sur : http://www.enssup.gov.ma/img_doc/documents/Recherche_technologie/Strategie_nationale/Strategie_nationale_recherche2025.pdf (2006)
- [13] Ministère de l'Enseignement Supérieur de la Formation des Cadres et de la Recherche Scientifique, Ministère de l'Industrie, du Commerce et des Nouvelles Technologies, Maroc 2008. convention du Programme d'Appui à l'Innovation et au Développement Technologique » (PAIDT).
- [14] Ministère de l'Enseignement Supérieur de la Formation des Cadres et de la Recherche Scientifique, 2010. Rapport final 2010 du Programme d'Urgence 2009-2012 (Rapport 2010 du projet 14).
- [15] Ministère de l'Industrie, du Commerce, de l'Investissement et de l'Economie Numérique, Maroc (2012). stratégie de l'innovation. [en ligne] Disponible sur : <http://www.mcinet.gov.ma/TechnologiesAvancees/Pages/StrategieInnovation.aspx>
- [16] Centre National pour la Recherche Scientifique et Technique au Maroc (CNRST) 2015. Réseau Maroc Incubation & Essaimage-RMIE [en ligne]. Disponible sur : http://www.cnrst.ma/index.php?option=com_content&view=article&id=85&Itemid=92&lang=fr
- [17] Centre National pour la Recherche Scientifique et Technique au Maroc (CNRST) 2012. rapport d'activités du CNRST 2011. [en ligne]. Disponible sur : http://www.cnrst.ma/IMG/Annee2013/Rapport_annuel_2011.pdf
- [18] Ministère de l'Industrie, du Commerce, de l'Investissement et de l'Economie Numérique, Maroc. rapport d'activités 2014.
- [19] Ministère de l'Enseignement Supérieur de la Recherche Scientifique et de la Formation des Cadres, Maroc. (2013). Rapport d'activités 2013.
- [20] Centre National pour la Recherche Scientifique et Technique au Maroc (CNRST) 2015. Résultats de l'appel à projets dans les domaines prioritaires de la recherche scientifique. [en ligne] Disponible sur : <http://www.cnrst.ma/IMG/resultats-AP-domaines-prioritaires-04 juillet 2014.pdf>
- [21] Office Marocain de la Propriété Industrielle et Commerciale (OMPIC), 2013. Rapport annuel 2013.
- [22] Association R&D Maroc, (2010). Rapport: premier tableau de bord de la R&D innovation au Maroc (tdbm). Edition 2010.
- [23] Académie Hassan II des Sciences et Techniques, Maroc (2012). Développer la Recherche Scientifique et l'innovation pour gagner la bataille de la compétitivité (Rapport 2012).

Etude comparative du coût de crédit entre la finance islamique et la finance conventionnelle dans le contexte marocain

[Comparative study of credit cost between Islamic finance and conventional finance in the Moroccan context]

N. HANY¹, Y. REGRAGUI², and Y. AL MERIOUH²

¹Université Nice - Sophia Antipolis,
Groupe de Recherche en Management, IAE de Nice, France

²Université Abdelmalek Essaâdi,
Groupe de Recherche en Management et Systèmes d'information, ENCG de 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: Islamic finance has grown considerably over the past three decades. If Muslim countries formed the starting point, the rest of the world, especially Western countries, do not stay away from the development of Islamic finance. Many western countries have modified their national legislation in order to benefit from the strong growth of this segment of finance.

Islamic finance has always shown huge interest for Morocco. Since the early 1980s, several Islamic financial institutions have always been approaching the Moroccan monetary authorities in the perspective of implantation in the Kingdom. A study in 2012 by the IFAAS, 94% of Moroccans interviewed showed interest for financial products that comply with Sharia. Finally, the 103-12 law on credit institutions and similar organizations, which has just been published in the Official Journal in 2015 to be enforced, opens the floodgates of Islamic finance on Moroccan banks.

Starting with simple financing modes, the interest of this paper is to make a comparison between the cost of Islamic finance and conventional finance in the case of mortgage credit (Moroccan context) given that volume of Islamic finance business remains moderate so far, despite a sluggish start in 2007 with the launch of three Islamic products (Musharaka, Ijara and Murabaha) under the patronage of alternative products.

KEYWORDS: Mortgage, Islamic banking, alternative products, Islamic principles, funding method.

RESUME: La finance islamique a connu un essor considérable au cours des trois dernières décennies. Si les pays musulmans ont constitué son point de départ et de développement, le reste du monde, les pays occidentaux particulièrement, ne sont pas restés à l'écart de l'essor de la finance islamique. Ainsi, plusieurs pays occidentaux ont modifié leurs législations nationales afin de tirer profit de la forte croissance de ce segment de la finance

La finance islamique a toujours manifesté de l'intérêt pour le Maroc. Depuis le début des années 1980, plusieurs institutions financières islamiques ont approché les autorités monétaires marocaines dans la perspective d'une implantation dans le royaume. Selon une étude réalisée en 2012 par l'IFAAS (Islamic Finance Advisory & Assurance Services), 94 % des Marocains interrogés ont montré leur intérêt pour des produits financiers conformes à la Chariâa. Enfin, la loi 103-12 sur les établissements de crédits et organismes assimilés, qui vient d'être publiée en 2015 au Bulletin officiel et donc d'entrer en vigueur, ouvre les vannes de la finance islamique sur les établissements bancaires marocains.

Partant de modes de financement simples, l'intérêt de cet article est de procéder à une comparaison entre le coût de la finance islamique à celui de la finance classique dans le cas de crédit hypothécaire dans le contexte marocain sachant que le

volume d'affaires de la finance islamique reste modérée jusqu'à présent malgré une timide ouverture en 2007 avec le lancement de trois produits islamiques (Musharaka, Ijara et Mourabaha) sous le vocable de produits alternatifs.

MOTS-CLEFS: Crédit hypothécaire, banques islamiques, produits alternatifs, principes islamiques, mode de financement.

1 INTRODUCTION

Durant la dernière décennie, la Finance islamique a connu une évolution conceptuelle, géographique et en volume d'actifs assez significative pour se positionner en tant que composante du système monétaire et financier international¹. La Banque mondiale et d'autres organismes financiers internationaux estiment que les avoirs des banques islamiques ont été multipliés par neuf à 1800 milliards de dollars entre 2003 et 2013, soit une progression de 16% par an. Plusieurs pays ont adhéré à cette nouvelle industrie financière dont les principes remontent à 14 siècles auparavant, toutefois, cette adhésion a pris plusieurs formes et se justifie par plusieurs motivations et finalités. Dans certains pays tels que le Bangladesh et le Bahreïn, le secteur financier est dominé par des institutions islamiques à plus de 60%, dans d'autres à l'image de l'Égypte, la Turquie, l'Indonésie, la finance islamique représente entre 4 et 5%. Au niveau de cette seconde catégorie de pays, la finance islamique est assurée soit par des institutions islamiques soit par des institutions conventionnelles qui ont ouvert des guichets de produits conformes à la charia.

Malgré son apparition relativement récente, la finance islamique a réussi à capter l'intérêt de la communauté scientifique dont les travaux ont connu une évolution qualitative et quantitative remarquable, et à enclencher une véritable dynamique de vulgarisation auprès du grand public. Néanmoins, son apport à l'économie demeure controversé : certaines études la présentent, en plus d'être vertueuse, comme la réponse idoine au phénomène récurrent de crises financières dans la mesure où elle contribue à la stabilité financière, à plus d'efficacité du secteur bancaire et à un meilleur accès au financement [1].

A contrario, d'autres la considèrent comme un leurre et n'apporte rien de nouveau à la finance traditionnelle qui offre déjà une gamme de produits très étendue [2]. Dans le même ordre d'idées, le quotidien Britannique, The Times, a qualifié l'expérience de l'Islamic Bank of Britain² de « grand échec ». Qu'est ce qui justifie ces assertions ? La finance islamique offre-t-elle des produits et services plus compétitifs en termes de coût et qualité ou bien se contente-elle de satisfaire un besoin culturel ?

Ceci nous amène à nous interroger sur les secrets du développement rapide de la finance islamique et son coût pour le consommateur. Ce dernier paye un prix plus élevé que celui payé pour la finance traditionnelle ?

Le présent papier se propose d'apporter une contribution au débat, plus large, sur l'apport de la finance islamique. Nous allons commencer par présenter cette catégorie de la finance, ses enjeux et ses principaux mécanismes, ensuite nous procéderons à une étude comparative entre les deux finances (islamique et traditionnelle) dans le cas du financement de l'acquisition d'un bien immobilier par un crédit hypothécaire afin de faire une confrontation avec les articles de presse ayant déjà qualifié la FI de plus coûteuse par rapport à la FC.

2 CADRE CONCEPTUEL DE LA FINANCE ISLAMIQUE

2.1 DÉFINITIONS

La finance islamique est définie [2] comme étant : « un compartiment de la finance dite "éthique", c'est-à-dire d'une finance qui entend se mettre à la disposition de l'économie réelle et la servir, à l'aune d'un nombre limité de principes structurants ». La finance islamique est un compartiment de la finance éthique parce qu'elle se caractérise par une dimension morale et socialement responsable, et pourrait répondre à un besoin qui va au-delà du financement [3]. Ainsi, elle présente des spécificités liées au respect des principes de l'Islam dans le domaine des affaires ce qui la distingue de la finance

¹ La finance islamique a enregistré un taux de croissance très élevé au cours des trente dernières années et continue à croître à un rythme soutenu. Selon les perspectives de Standards and Poors, son taux de croissance annuel sera de 20% sur la période 2011-2015

² L'Islamic Bank Of Briton est la première banque islamique avec une autonomie de capitaux à s'installer au Royaume-Uni en 2004.

conventionnelle. Cette différence implique l'existence d'institutions financières dont le référent est religieux et suppose la supervision de leurs activités par des comités indépendants [4] afin de contrôler la conformité de leurs produits aux principes de la charia.

La finance islamique se base sur un référent religieux qui est la Chariâ, régissant à la fois la vie spirituelle et civile des musulmans, et dont le Saint Coran et la Sunna constituent les principales sources. En cas d'absence d'une référence explicite à un domaine économique ou social dans les sources principales, les juristes qui sont des spécialistes de la loi islamique s'engagent dans l'effort créatif « Ijtihad » (Jurisprudence) visant à déduire des bases de la loi une opinion concernant une règle de droit ou bien en faisant appel au raisonnement analogique avec les principes existants (Qiyas). Le but étant d'aboutir à un consensus (Ijmaâ) dans lequel l'ensemble des spécialistes reconnaissent la validité d'une opinion, celle-ci prend alors force de loi.

Dans la conception islamique de la richesse, tout appartient à Dieu. L'argent est un dépôt dont l'homme est le gérant et le responsable de son utilisation devant Dieu [5]. Cependant, l'Islam ne s'oppose pas à la propriété privée, il encourage également les relations d'affaires à condition que les secteurs soient licites, que chacune des parties respecte ses obligations contractuelles et que la rémunération qui en résulte soit le fruit d'un effort productif [6]

La justice sociale est au coeur des préoccupations de l'Islam. Ainsi, parmi les cinq piliers, le troisième concerne le fait de donner une part, généralement de 2.5% par an, de sa richesse comme aumône légale (Zakat) aux nécessiteux. Cette aumône est obligatoire pour tout musulman ayant une richesse supérieure à un minimum fixé afin de purifier son argent ou les autres richesses dont il dispose.

En termes d'investissement, la finance islamique a tiré sa légitimité des textes religieux et aussi de certains de ses aspects pratiques. Ainsi, la finance islamique vise à financer des projets viables et à se mettre au service de l'économie réelle comme le précise [2]. Certains chercheurs parlent de « système financier islamique » à part entière [5] [6] [8]. Ces auteurs montrent que l'industrie financière islamique s'est diversifiée pour toucher plusieurs segments de la finance moderne, et évoquent les différentes institutions, structures et autorités de régulation assurant le contrôle et la survie du système.

2.2 PRINCIPES FONDAMENTAUX DE LA FINANCE ISLAMIQUE

Tous les chercheurs en finance islamique s'accordent sur les principes fondamentaux régissant la pratique financière en islam et qui sont au nombre de cinq, dont deux sont des principes positifs et trois sont négatifs (interdictions).

- Le principe d'interdiction du prêt à intérêt :

Ce principe constitue la pierre angulaire sur laquelle se base l'industrie financière islamique. Il est considéré même comme étant sa principale raison d'être. En effet, si le prêt à intérêt a été prohibé c'est parce qu'il est en contradiction avec l'objectif de solidarité. Il consiste à prendre l'argent des autres sans contrepartie, il contribue à l'enrichissement du créancier qui dispose d'un excédent de liquidité et à l'appauvrissement du débiteur qui en a besoin et qui se trouve de plus en plus démuné par cette pratique qu'exerce le créancier à son égard. Cela fini d'une part par empêcher les riches d'investir dans des projets créant de la valeur ajoutée en préférant le gain facile, et par faire disparaître la bonté entre les gens en matière de prêt, d'autre part [9] [10].

La charia interdit formellement le Riba, qui signifie à la fois intérêt et usure. Tout type d'augmentation du capital se trouve ainsi condamné indépendamment du taux pratiqué, et ce contrairement à la vision occidentale qui ne parle d'usure qu'à partir d'un certain niveau de taux.

Notons que l'interdiction de l'intérêt en islam n'est pas une innovation par rapport aux autres religions [1] [10] [11] [12]. Cependant, la finance islamique ne s'oppose pas au principe de rémunération du capital prêté, elle interdit le fait qu'elle soit liée uniquement à l'écoulement du temps. Ainsi, pour éviter que le banquier prête de l'argent en se basant seulement sur le critère de solvabilité et de la capacité de remboursement du client, la finance islamique prend en considération d'autres critères, à savoir : la viabilité du projet sur le plan économique, social, éthique et moral.

- Le principe de partage des pertes et des profits :

Rejoignant les valeurs de la finance associative et du capital-risque, ce principe constitue la suite logique du premier, dans la mesure où la banque est partenaire dans le projet de son client. La rémunération du capital dépend des pertes et des profits que génère le projet.

L'avenir est par principe imprévisible, encore plus celui des affaires souvent affecté par des aléas qui le rendent particulièrement risqué, raison qui pousse le bailleur de fonds et l'investisseur lors du développement d'un projet futur à se

partager les risques. Ceci évite de léser leurs partenaires en cas de profits ou d'être lésé en cas de pertes. Dans ce cas, l'investisseur a le droit de savoir en quoi est utilisé le financement qu'il apporte.

Souvent, l'institution financière ne joue pas seulement le rôle d'un simple prêteur ou emprunteur mais opère plutôt en tant que partenaire dans les affaires. Ce système a encouragé une grande partie de la population musulmane, à intégrer les circuits économiques productifs au lieu de préférer la thésaurisation.

Il est évident qu'un tel système basé sur le partage des pertes et des profits se caractérise par l'absence d'un effet de levier important [4], mais force est de constater que ce système présente l'avantage d'être plus stable.

- Le principe d'interdiction de secteurs illicites :

Dans une optique éthique et socialement responsable, la charia interdit d'investir dans des secteurs d'activité dont les produits présentent des risques sur la santé de l'être humain, qui n'ont pas une vraie utilité ou bien qui sont contraires aux bonnes moeurs. C'est ainsi qu'elle condamne le financement ou la participation dans le financement des activités liées à l'armement, l'alcool, le tabac, la drogue et la viande porcine. Sont aussi interdits la pornographie, l'industrie cinématographique suscitant ou suggérant la débauche ou la déchéance de l'être humain, les jeux de hasard, ainsi que l'investissement dans les institutions financières conventionnelles (banques, assurances, etc.)

- Le principe d'interdiction de la spéculation et de l'incertitude :

Le domaine des affaires étant dominé par l'incertitude, cela implique l'impossibilité de maîtriser tous les risques notamment en cas de force majeure. Cependant, le « Gharar » fait référence à des ambiguïtés susceptibles d'apporter des risques supplémentaires [13]. Ces risques supplémentaires concernent les caractéristiques principales d'un bien, à savoir : sa nature, son prix, son poids, sa date et son lieu de livraison, etc. En effet, le Coran et la sunna exhortent les contractants à prendre toutes les précautions nécessaires afin d'éviter tout risque excessif. Une des recommandations consiste à l'interdiction de vendre un actif que le vendeur ne possède pas au moment de la transaction. Il en découle l'interdiction, au sens de [4], de tout pari sur l'avenir.

- Le principe d'« asset backing » :

Selon ce principe, les transactions financières doivent être adossées à un actif tangible et identifiable. Ainsi, pour qu'il soit valide, le contrat doit porter sur un actif réel dont les caractéristiques sont précisément définies afin de permettre le partage des pertes et profits générés par cet actif. Citons l'exemple des obligations qui ne peuvent être autorisées en finance islamique que lorsque l'émission est adossée à des sous-jacents tangibles [14]

L'industrie financière islamique connaît ces obligations islamiques sous l'appellation « Sukuk ». Le rachat des dettes ainsi que la vente des créances ne remplissent pas cette condition [15], ce qui explique l'absence de ces pratiques dans la finance islamique. Ce principe s'étend pour rejoindre les précédents dans la mesure où les plus-values qui peuvent être réalisées par un vendeur qui vend un bien qu'il ne possède pas sont prohibées étant donné que le motif est purement spéculatif.

Comme toute finance éthique, la finance islamique tire sa légitimité des solutions qu'elle pourrait proposer afin de faire face aux crises que traversent les marchés financiers.

Ainsi, après la crise financière des Subprimes, les banques islamiques étaient moins touchées que leurs homologues conventionnelles [16]. Le conseil général des banques et des institutions financières islamiques a fait des propositions toutes fondées sur les principes de la charia dans l'objectif de rétablir l'équilibre, instaurer la confiance et assainir le marché. Les dix propositions sont les suivantes [17](CIBAFI³) :

1. Freiner la vitesse excessive avec laquelle on crée les crédits, on les vend, les sécurise et les met à disposition ;
2. Créer un équilibre entre les modes de financement qui sont basés sur le principe de partage des pertes et profits ainsi que ceux basés sur le crédit ;
3. Établir un système monétaire avec des mécanismes de paiement justes et plus stables ;
4. Utiliser le mécanisme de participation basé sur le taux de profit à la place de celui basé sur le taux d'intérêt ;
5. Éviter de commercialiser le risque, de le transférer ou d'en faire l'objet de spéculation ;
6. Construire un système bancaire plus efficace lié à l'économie réelle ;

³ Council for Islamic Banks and Financial Institutions

7. Établir des mécanismes justes qui garantissent les droits financiers des prêteurs sans léser les débiteurs ;
8. Rectifier le rôle des marchés financiers et établir un système de contrôle pour rationaliser le comportement de tous les acteurs sur ces marchés ;
9. Favoriser la bonne gouvernance et la transparence dans la conduite des affaires des institutions financières et leurs relations avec les parties concernées ;
10. Réactiver le rôle des gouvernements dans la protection de l'ordre monétaire et financier en contrôlant les transactions et les marchés afin de réaliser une croissance équilibrée.

La figure 1 ci-dessous est une cartographie des principaux pays en fonction de la dynamique de la demande en termes de finance islamique (Level of consumer « push ») et du cadre réglementaire offert par chaque pays (Level of government « pull »). Nous remarquons que c'est l'Arabie Saoudite qui représente la demande la plus importante mais le royaume est limité par l'absence d'un cadre réglementaire dynamique. Au contraire, les trois pays ayant adapté leur cadre réglementaire à la finance islamique (Iran, Pakistan et Soudan) dès la fin des années 70 et le début des années 80, connaissent une demande peu dynamique entravant le développement des produits et services financiers islamiques.

Par ailleurs, le pays qui a profité de l'importance de la demande exprimée sur son territoire et a mis en place un cadre réglementaire favorable à la finance islamique est la Malaisie. Elle est suivie du Koweït et du Qatar.

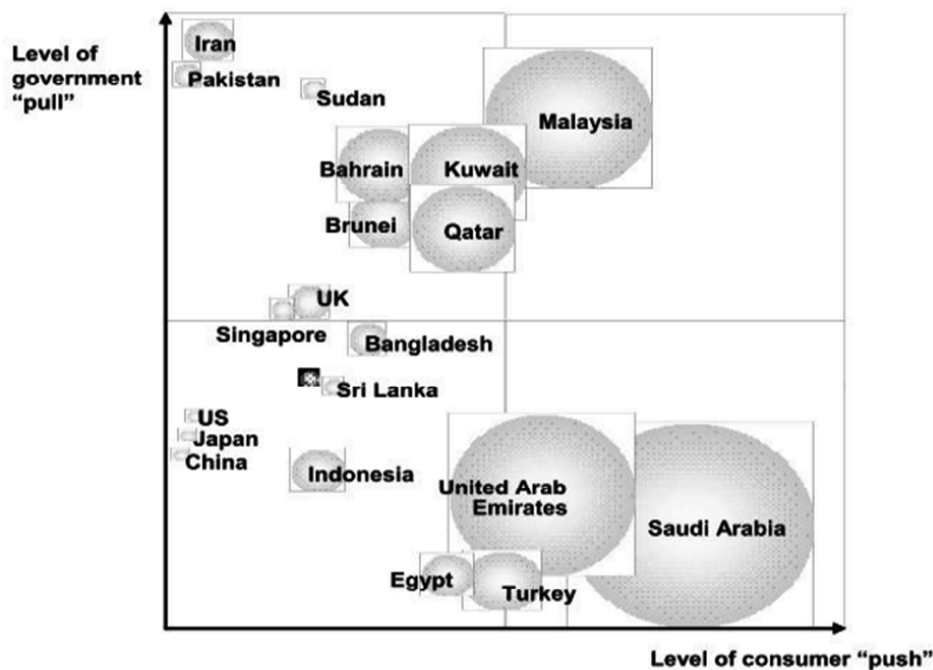


Figure 1 : Cadre réglementaire des pays et dynamique de la demande de la finance islamique

Source: Hassoune (2009)

3 LES MECANISMES DE LA FINANCE ISLAMIQUE

Il s'agit des opérations utilisées par les institutions financières islamiques afin de proposer à leur clientèle une offre compatible avec leurs principes. Ainsi, les établissements islamiques procèdent généralement à des opérations « triangulaires » [18] dans lesquelles un bailleur de fonds, un promoteur et un fournisseur se trouvent engagés.

3.1 LES TECHNIQUES DE FINANCEMENT

3.1.1 MOURABAHA (VENTE À CRÉDIT)

C'est un mode de financement selon lequel le client signe un accord avec l'institution financière islamique pour l'achat d'une marchandise. L'établissement financier agit en tant que commerçant : il achète le bien au comptant et le revend à son client à terme avec une marge bénéficiaire. Deux cas sont possibles [10] :

- Le client demande à son conseiller de lui acheter une marchandise en précisant ses caractéristiques y compris son prix, il propose une commission à l'établissement financier islamique, en contrepartie et demeure entièrement responsable de la marchandise.
- Le client désigne une marchandise et demande à l'établissement financier islamique de l'acheter, dans ce cas c'est ce dernier qui fixe le prix de vente avec une marge bénéficiaire et demeure responsable du bien jusqu'à sa livraison.

Pour que cette opération soit valide, du point de vue de la *charia*, un ensemble de conditions doivent être réunies [10] [19] :

- Le prix d'acquisition doit être connu de la part du vendeur et de l'acheteur ;
- La marge bénéficiaire doit être déterminée avec précision et librement négociée entre contractants ;
- L'institution financière islamique doit posséder réellement l'actif avant de le revendre à son client ;
- Le prix de vente ne doit subir aucune modification en cas de retard ou d'anticipation de paiement ;
- Le client garde la possibilité de refuser la marchandise en cas de défauts cachés ou apparents.

Il s'agit d'une opération peu risquée, qui concerne l'achat de matières premières, des produits semi-finis et des marchandises. Cette opération constitue la majeure partie des emplois des institutions financières islamiques et leur assure une liquidité importante. Pour les opposants à la finance islamiques [20]) cette opération présente des similitudes avec un mode de financement conventionnel. Cependant, les partisans du système bancaire islamique insistent sur les différences qui se situent au niveau des obligations contractuelles de chacune des parties concernées par le contrat [21].

3.1.2 IJARA/ IJARA WA-IQTINA (CRÉDIT-BAIL/ LEASING) :

Ce mode de financement concerne les biens sujets à dépréciation (matériel roulant, immobilier, etc.) et l'horizon de son application est le moyen terme (moins de 10 ans). Il consiste, pour l'institution financière islamique, à acheter le bien et le mettre à la disposition d'un entrepreneur (client) moyennant le paiement d'un loyer périodique.

La location peut être accompagnée d'une option d'achat, dans ce cas le transfert de propriété se fait au terme des échéances de remboursement après paiement de la différence entre le prix du bien et la somme des loyers versés. Le contrat doit expressément mentionner, comme c'est le cas en finance conventionnelle, le prix du bien, le délai de location, le montant du loyer et les garanties exigées.

Lorsqu'il s'agit d'un contrat *ijara wa-iqtina*, le client peut lever son option d'achat. Dans ce cas, il paie exactement la différence entre les loyers versés et le prix du bien figurant sur le contrat et ce afin d'éviter toute augmentation illicite.

3.1.3 ISTISNA'A (CONTRAT D'ENTREPRISE) :

Il s'agit d'une demande de fabrication d'un produit, accompagnée d'une promesse d'achat au moment de la livraison du produit fini conformément au cahier des charges. L'*istisna'a* devient un mode de financement lorsque le paiement intervient avant la livraison. Dans ce cas, la banque islamique finance le fonds de roulement de la société pour les projets qui ne sont pas éligibles au leasing (travaux d'ingénierie ou de matières premières qui interviennent dans la fabrication des biens destinés à la vente, etc.). Pour qu'il puisse bénéficier de ce financement, l'investisseur doit être en mesure de financer, par ses propres moyens, soit le coût des matières premières soit le coût de fabrication.

3.1.4 BAI'SALAM : (LIVRAISON DIFFEREE) ET BAI'MUAJJAL : (PAIEMENT DIFFERE)

Bai'salam est une transaction dans laquelle l'acheteur paie à l'avance le prix contre une promesse de livraison à une date future d'un bien dont les spécifications sont clairement déterminées au moment de la vente. Cette opération de vente à livraison différée constitue un mode de financement pour les opérations agricoles ou d'import/export. Afin de limiter son

exposition au risque, la banque n'achète à terme que les biens pour lesquels elle dispose d'une promesse préalable d'achat par son client.

A la différence de la technique précédente, le Bai'muajjal est une transaction commerciale spot dont le paiement est échelonné dans le temps sans que cela engendre des frais supplémentaires pour l'acheteur.

3.2 LES TECHNIQUES DE PARTICIPATION

3.2.1 MOCHARAKA (PARTICIPATION ACTIVE)

Il s'agit d'un partenariat actif, un mode de financement utilisé aussi bien en finance islamique que conventionnelle selon lequel deux ou plusieurs parties participent en mettant en commun le capital et le travail. Ainsi la banque devient copropriétaire et coresponsable de la gestion du projet. Ce mode rejoint la joint-venture [22] avec le principe de partage des pertes et des profits au prorata de la contribution de chaque partie.

La spécificité de la finance islamique à ce niveau concerne la participation dégressive [7] qui permet à la banque islamique de se désengager de l'affaire progressivement au profit de son client qui s'engage à verser à la banque tout ou partie du bénéfice réalisé, et ce à concurrence du montant de sa participation. Ainsi chaque année, au moment du partage des bénéfices, la banque se voit attribuer, en plus de sa part, une partie ou la totalité de la part de son partenaire qui, à l'échéance, devient le seul propriétaire et maître du projet.

3.2.2 MODARABA (COMMANDITE)

Ce mode de financement est l'équivalent de la commandite: le commanditaire fournit le capital financier nécessaire au projet (apport en numéraire), alors que le commandité fournit le capital humain et l'expertise nécessaire (apport en nature). Il s'agit d'une forme de capital risque [23] où le financier islamique peut jouer le rôle du bailleur de fonds, comme il peut apporter son expertise de gestion à un projet financé par ses clients. Les profits réalisés sont partagés entre les deux partenaires, alors que les pertes sont supportées uniquement par le commanditaire, le commandité ne perd que la valeur de son travail.

Pour ce mode de financement, la banque en tant que commandité, peut devenir commanditaire en confiant les fonds à un deuxième commandité, elle se contente de jouer un rôle d'intermédiaire entre des investisseurs et des porteurs de projets et garde tout de même son droit à une part des profits qui en résultent en contrepartie de son intermédiation.

Dans la pratique, nous distinguons deux catégories de *Modaraba* selon la nature du projet financé:

- Limitée : lorsque le contrat porte sur le financement d'un projet précis connu à l'avance ;
- Illimitée : lorsque le commandité peut investir dans un ou plusieurs projets de son choix en fonction des opportunités qui se présentent.

4 COUT LA FINANCE ISLAMIQUE ET COUT DE LA FINANCE CONVENTIONNELLE AU MAROC

Dans cette partie, nous allons lever le voile sur l'état des lieux au Maroc afin de comprendre la place qu'occupe la FI dans le paysage économique du Royaume, ensuite nous procéderons à une comparaison entre le coût de la finance islamique (FI) et celui de la finance conventionnelle (FC) en choisissant parmi les services et produits de la banque, produit le plus convoité à savoir le crédit immobilier (abstraction faite de sa qualité).

Ainsi, nous avons opté pour le crédit immobilier hypothécaire dans une banque islamique (DAR ASSAFAA), étant donnée que c'est la seule banque de la place à utiliser le label « banque islamique » et dans une banque conventionnelle de la place (BMCE Bank), l'une des banques les plus compétitives et les plus courtisées au Maroc.

4.1 CONSTAT MAROC

D'après les chiffres publiés par la Banque Centrale du Maroc, la croissance des produits alternatifs sur les dernières années est « appréciable » puisque l'encours est passé de 744 MDH en 2011, à 886 MDH en 2012 puis à 1 milliard de DH à fin 2013.

Cela marque des hausses successives de 19% et 13%, ce à quoi s'ajoute une progression de 20% depuis le début de l'année 2014.

La Banque Populaire et BMCE Bank ont suspendu la commercialisation des solutions alternatives, et ce depuis 2010, laissant Attijariwafa bank seule avec sa filiale dédiée aux produits alternatifs « Dar Assafaa » (à travers une dizaine d'agences éparpillées sur les principales villes du Maroc). Celle-ci alimente quasiment à elle seule l'actuelle croissance de l'encours, dont elle détient plus de 80% selon LVE (qui ajoute que son produit net bancaire annuel tourne actuellement autour de 27 MDH pour un résultat brut d'exploitation de 13 MDH).

Depuis l'autorisation de ces produits en 2007, la progression est de l'ordre de 20 à 30% par an, l'encours brut du produit «Mourabaha» s'élèverait à plus de 450 millions de DH en 2009.

Ce marché semble reprendre de la vigueur en 2010 avec une estimation de ses actifs à plus de 550 millions de DH. Mais l'encours net reste dérisoire dans le marché bancaire national. Et difficilement mesurable.

En effet, concernant les montants des encours des produits «Mourabaha», «Ijara» et «Moucharaka», seules les données des sociétés de financement sont disponibles. Et uniquement pour le produit «Mourabaha». Les données relatives au produit «Ijara» sont en général agrégées avec la LOA (location avec option d'achat) classique.

4.2 CHERTÉ DES PRODUITS ISLAMIQUES

Faute de trouver un interlocuteur d'une banque islamique établie au Maroc, nous avons dû recourir à des articles de la presse spécialisée et au site institutionnel de la banque DAR ASSAFAA.

D'après un article publié à La Vie Eco⁴, le dernier facteur qui a enfoncé les produits alternatifs est leur cherté. Cela a de fait enterré Ijara, contenue aujourd'hui à moins de 5% de l'encours des financements alternatifs, celle-ci est désavantagée par une TVA de 20%, au lieu de 10% profitant aux solutions conventionnelles.

Mourabaha partait elle aussi perdante mais elle a pu progressivement réduire l'écart avec les solutions conventionnelles. Grâce à des ajustements successifs, la solution parvient aujourd'hui presque à la neutralité fiscale grâce à une TVA de 10% et à l'annulation du coût de double enregistrement. Cependant, la solution demeure plus chère avec un coût actuel autour de 6% pratiqué pour les fonctionnaires, selon les tarifs constatés auprès de Dar Assafaa, contre 5% pour les solutions conventionnelles.

Si l'on prend l'exemple d'un financement de 500 000 DH sur 15 ans, cela donne une mensualité de plus de 4 380 DH pour Mourabaha, soit près de 300 DH de plus que le crédit classique.

Cet écart se justifie par la persistance de la double perception des frais de conservation foncière auprès des contractants de Mourabaha.

Ces derniers paient en effet pour près de 2,5% de frais de conservation contre 1% dans le cas classique.

Il faut aussi dire que les banques ont la main plus lourde sur les taux de profits des solutions alternatives en comparaison avec les produits classiques. «Cela s'explique par le fait que l'activité islamique n'offre pas encore de possibilités d'économie d'échelle en raison de son faible volume», argumentent les professionnels.

S'ajoute à cela le fait que la finance islamique interdit la perception de certains produits qui dopent habituellement le PNB des banques classiques.

Il s'agit d'abord des pénalités de retard sur le remboursement de crédits qui sont bien encaissées à titre dissuasif auprès des clients récalcitrants, mais qui sont reversées à des organismes caritatifs pour se conformer à la charia. Les banques islamiques sont également privées des frais de rééchelonnement appliqués aux clients en difficulté.

Tel que c'est parti, le virage des banques participatives devrait lever une à une toutes ces limites, selon les anticipations des spécialistes, pour un vrai décollage de la finance islamique au Maroc.

⁴ Article « Finance islamique : à peine 1,2 milliard de DH de crédits accordés depuis 2008, La Vie Eco : 25-07-2014

4.3 CADRE FISCAL

La fiscalité n'est pas un constat actuel, bien au contraire ça remonte à des années : le journal L'Economiste, avait noté la cherté encore trop importante des produits et services bancaires halal avait expliqué en 2009 dans un article⁵ cela par le principe selon lequel la banque n'applique pas d'intérêt à un prêt, mais elle se rémunère par le biais de commissions définies au préalable avec le client.

Ainsi par exemple, pour financer l'achat d'immeubles ou d'ordinateurs, la banque achètera ces produits pour les revendre à terme, moyennant un bénéfice qui, en l'absence d'une réglementation fiscale adéquate, reste le plus souvent assorti d'une double taxation. C'est ainsi qu'au Maroc les produits islamiques sont deux à trois fois plus coûteux que les produits plus classiques.

En effet, pour l'administration fiscale, le produit «Mourabaha» est un crédit comme un autre, soumis à une TVA à 10%. Le problème intervient toutefois une fois le bien cédé à l'emprunteur. La société de financement retombe de fait dans une situation classique de crédit de TVA. En effet, celle-ci ayant acquis le bien assorti d'une TVA à 20%, le vend par la suite sur la base d'un taux de 10%. Elle devra donc se faire rembourser le différentiel, et c'est là où le bât blesse. Cela entraîne assurément des difficultés de remboursement des crédits de TVA comme ce fut le cas pour la LOA.

D'autre part, dans l'Ijara et la Mourabaha, les transferts successifs de propriété entraînent l'exigibilité à répétition de droits d'enregistrement. Ces derniers s'avèrent souvent très importants, ce qui de fait génère des frottements fiscaux considérables.

Le journal relève la nécessité de mettre en place une fiscalité adaptée, à l'instar de l'Angleterre qui n'est pourtant pas un pays musulman a déjà adapté sa fiscalité pour résoudre ce problème et éviter le double paiement des droits d'enregistrements, mais cela nécessiterai beaucoup de temps d'après les spécialistes de la finance islamique.

Selon une étude publiée dans un article au journal L'Economiste l'année suivante⁶ qui avait relevé le fait que le positionnement des nouveaux produits par rapport à leur offre conventionnelle s'avèrerait délicat, car le problème de fonds est incontestablement le cadre fiscal inadapté : Problèmes de droits d'enregistrement, de TVA avec double imposition. Avec une conséquence fâcheuse. Des produits sensiblement plus chers, le surcoût constaté est de l'ordre de 20 à 30%. Ces problèmes ont été partiellement résolus avec les lois de Finances de 2009 et 2010.

Dans ce contexte, le manque d'explication et de sensibilisation de la clientèle a pénalisé la commercialisation de ces produits. Reste le problème de la double immatriculation.

L'étude avait mis le point sur l'absence d'une loi sur la protection des consommateurs, rendant la mise en place des Sharia board plus que nécessaire pour prévenir les litiges, car au Maroc, il n'y a pas encore d'organe de supervision car les produits ne sont pas suffisamment diversifiés (Certains pensent que le Conseil des oulémas pourrait jouer ce rôle).

Certes, la loi de Finances 2009 a permis que les droits d'enregistrement ne se paient désormais qu'une seule fois. La TVA a été réduite de 20 à 10% depuis la loi de Finances 2010, mais ces traitements bénéficient globalement au secteur bancaire et n'apporte pas d'aide spécifique aux solutions islamiques.

Par ailleurs, la taxation est appliquée sur la marge bénéficiaire de la banque sans toucher le montant «principal» de l'emprunt comme dans le cas d'un emprunt avec intérêts. La loi de Finances 2010 a voulu donner un nouveau souffle au produit «Mourabaha». Ainsi, depuis le 1er janvier 2010, le contribuable ayant conclu un contrat de «Mourabaha» pour l'acquisition d'un logement destiné à son habitation principale, peut bénéficier de la déduction de la rémunération convenue d'avance avec sa banque, dans la limite de 10%, de son revenu global imposable.

4.4 L'OFFRE FINANCIÈRE EN ELLE-MÊME

Outre le cadre fiscal, l'offre actuelle peut aussi contenir des paramètres rendant le coût plus cher.

⁵ Article « Le financement islamique toujours trop cher », L'Economiste - Édition N° 3104 du 09/09/2009

⁶ Article « Finance Islamique : Le malaise persiste » Édition N° 3406 du 16/11/2010

Dar ASSAFAA, seule banque actuellement en place à proposer des produits alternatifs, indique sur son site⁷ que le financement de l'acquisition d'une maison ne peut dépasser 15 ans. Ce qui revient à dire que la traite pèsera lourd sur le revenu du contractant ... et c'est un point majeure que prend en considération un client pour son choix de l'établissement de crédit, et à ce niveau, avec des durées pouvant aller jusqu'à 25 ans, les banques conventionnelles jaillissent comme recours privilégié.

Aussi, l'ambiguïté des éléments composant la marge bénéficière de cette banque laisse le client perplexe, la banque indique brièvement que sa marge correspond à des frais de gestion du dossier (arbitraires), impôts et charges diverses sans pour autant détailler ces derniers.

Cependant, l'administration fiscale a fait en sorte de rectifier le tir. D'abord, l'anomalie des droits d'enregistrement qui, depuis la LF 2009, ne sont payés qu'une seule fois. Ensuite, celle concernant la TVA avec la réduction, depuis la LF 2010, du taux d'imposition de 20% à 10% mais aussi et surtout l'application de ce taux à la marge, uniquement. La LF 2010 a également instauré la déductibilité de la marge payée par le client de son impôt sur le revenu, en alignant la limite de la déductibilité de la marge sur celle appliquée dans le cadre des crédits bancaires, à savoir 10% du revenu global imposable.

Pour leur part, les banques n'ont pas été oubliées dans le dispositif de neutralisation fiscale.

En effet, le fisc leur a permis, à partir de 2010, la possibilité d'étaler l'imposition de leur marge bénéficiaire sur toute la durée du crédit. *"Dans l'ancien régime, elles étaient contraintes de payer intégralement l'impôt au début du contrat, avant même de percevoir le bénéfice sur lequel il est prélevé"*.

Toutefois, subsiste un problème, et non des moindres, non encore résolu pour les banques en matière de fiscalité des produits alternatifs. Il s'agit du problème du crédit de TVA. En fait, quand la banque achète un bien qu'elle revendra à son client dans le cadre d'un contrat de *Murabaha*, elle l'achète au taux de TVA de 20% (opération commerciale) et quand elle le revend à son client, elle le lui revend au taux de TVA de 10% (opération bancaire). Et, ce différentiel constituera, pour elle, un crédit d'impôt qu'elle réclamera au fisc. sauf que comme on a l'habitude de le dire, l'État est un mauvais payeur, on imagine donc bien les difficultés pour les banques.

Afin d'élucider la situation, et pour nous permettre d'avoir une approche plus claire sur ces mesures gouvernementales, nous proposons une comparaison empirique entre une banque islamique et une autre conventionnelle de la place.

4.5 COMPARAISON DU COUT DE CREDIT

Sachant bien que le client doit :

- Payer le double des droits d'enregistrement ;
- Être taxé au double de la TVA ;
- S'acquitter de ce double de la TVA et sur le capital et sur la marge ;
- Et, enfin, accepter la non déduction de la marge de l'impôt sur le revenu.

Et afin de confirmer la véracité des articles de la presse spécialisée insistant sur la cherté de la FI au Maroc, nous procéderons à la comparaison suivante (en prenant en considération les informations les plus fiables que possible).

L'hypothèse que nous avons choisie, est celle d'un client qui aura à acquérir un bien immobilier au prix de 1 000 000 DH, il se trouve devant 2 options :

- soit le recours à la banque islamique (avec un crédit qui ne peut s'étaler au-delà de 20 ans) ;
- soit le recours à une banque conventionnelle (avec un crédit au taux fixe ou variable, sur une durée qui peut s'étaler entre 20 ou 25 ans).

▪ COUT D'UN FINANCEMENT TRADITIONNEL

Prix de l'acquisition : MAD 1.000.000

Frais annexes (7.5%) : MAD 75.000 (Frais d'étude, droit d'enregistrement et de timbres ...)

⁷ <http://www.darassafaa.com/SafaimmoFLC.aspx>.

Assurance habitation (3.62%) sur 25 ans : MAD 36 200 ou bien 3.09% sur 15 à 20 ans : MAD 30 900. (En supposant qu'elle sera financée par la banque et intégrée dans la traite mensuelle)

Assurance vie 800 Dh annuellement (soit MAD 192.000 sur 240 mois, 144.000 sur 15ans ou 240.000 sur 300 mois)

Taux d'intérêt Fixe : 6.45 % sur 25 ans ; 6.25 % sur 20 ans ; 6.15% sur 15 ans

Taux d'intérêt variable : 5.67 %.

Soit les montants de crédit globaux et les traites suivantes :

	Sur 25 ans		Sur 20 ans		Sur 15 ans	
Prix d'acquisition	1 000 000 DH					
Frais annexes (7.5%)	75 000 DH					
Assurance Habitation	3.62%	36 200	3.09%	30 900	3.09%	30 900
Assurance Décès-Invalidité (Montant annuel * nombre d'années)	800 Dh * 25	240 000	800 Dh * 20	192 000	800 Dh * 15	144 000
Montant total du crédit	1 351 200		1 297 900		1 249 900	
Traite Taux Fixe	6.45%	9 632.04	6.25%	9 965.45	6.15%	11 070.88
Traite Taux Variable	5.67%	8 902.60	5.67%	9 476.89	5.67%	10 708.87

La traite à laquelle nous nous intéresserons est celle du crédit étalé sur 15 ans, et en premier lieu celle en rapport avec un taux fixe (traite inchangée). 15 ans est la durée maximale de crédit qu'offre DAR ASSAFAA. Mais nous avons jugé utile de faire la simulation également sur 20 et 25 ans, car le client au final prend en considération l'étalement de la durée comme option qui l'aide à diminuer le poids de la dette.

▪ **COUT D'UN FINANCEMENT ISLAMIQUE (DAR ASSAFAA)**

Le produit bancaire dont il s'agit est Mourabaha. La banque islamique aura à définir une marge commerciale en fonction de plusieurs paramètres, le coût de revient, les frais, les impôts, mais aussi le profil de risque du client, nous avons opté pour 4 scénarios : des marges commerciales de 10%, 15%, 30% et 50 %.

NB : Pour l'assurance Décès-invalidité, nous nous sommes alignées sur l'assurance de la banque conventionnelle (étant donné le manque d'information chez la banque islamique de la place).

	marge de 10%	marge de 15%	marge de 30%	Marge de 50%
Prix d'acquisition	1 000 000			
Frais annexe 1 (7.5%)	75 000			
Sous total 1	1 075 000			
TPI 20%	215 000			
Sous total 2 (prix de revient)	1 290 000			
Frais annexe 2 (7.5%)	96 750			
Marge commerciale (% du prix de revient)	129 000	193 500	387 000	645 000
TVA 20% (sur marge commerciale)	25 800	38 700	77 400	129 000
Prix de vente	1 541 550	1 618 950	1 851 150	2 160 750
Assurance-vie (15 ans)	144 000			
Montant global du crédit	1 685 550	1 762 950	1 995 150	2 304 750
Montant de la traite	9 364.16	9 794.16	11 084.16	12 804.16

En terme de cette comparaison, il nous apparaît claire, que la traite qui sera prélevée par la banque islamique est proche du niveau de celle de la banque conventionnelle (avec des caractères même semblables à savoir : montant de traite fixe sur 15 ans) dans le cas où la marge commerciale est de 30%.

Il est évident, qu'en diminuant la marge commerciale au-dessous de 30%, la traite de la banque islamique aura à diminuer, et vice versa.

En somme, nous pouvons avancer l'hypothèse selon laquelle la marge commerciale est le paramètre qui influence le caractère de surcoût de la FI. Dans notre cas, 30% est le seuil au-dessus duquel la FI > FC, et au-dessous duquel la FI < FC.

Toutefois, il y a lieu de signaler que la banque conventionnelle octroie un avantage compétitif à savoir l'étalement de la durée. Il y a de fortes chances que notre client ait opté pour une durée supérieure à 15 ans, à moins que la banque islamique révise sa marge (à 10% par exemple, comme le montre le tableau en haut).

5 CONCLUSION

Certes, le marché marocain de la finance islamique est encore jeune si ce n'est novice (les solutions islamiques ayant été lancées depuis 2007), mais il est très prometteur présentant un réel éventail de potentialité (volumes d'affaires, taux de croissance, dynamisme économique ...). Notant l'engouement de la population marocaine à ce type de finance, et constatons les obstacles que confronte le gouvernement pour l'entrée en vigueur des lois donnant accès à ce marché, en raison du lobbying exercé par les banques conventionnelles.

La FI représente un marché à haut potentiel pour les investisseurs, et également une issue favorable pour les consommateurs, à condition que le régime fiscal soit encore plus tolérant. Une refonte fiscale s'impose toujours afin de dynamiser ce nouveau marché vers lequel le Maroc s'ouvre.

Suite à notre comparaison, il nous a été donné de constater que la Finance Islamique se positionne comme un véritable concurrent face à la finance conventionnelle. Notamment sur le plan de Mourabaha, surtout quand l'on sait que les 2 paramètres de compétitivités chez la banque islamique sont : la marge commerciale et la durée.

In fine, nous manifestons notre réserve quant aux articles de presse qui qualifient la FI comme étant plus couteuse que la FC au niveau des crédits immobiliers. En effet, notre exemple montre bien que la traite est variable en fonction de la marge et la durée. D'où l'interrogation : Pouvons-nous calculer des seuils (%) de marge commerciale, pour chaque durée, qui retracent le surcoût de la FI par rapport à la FC ?

RÉFÉRENCES

- [1] Weill L., (2013), Les banques islamiques favorisent-elles le développement économique ? Une analyse de la littérature empirique, Les Cahiers de la Finance Islamique, n°4, pp. 21-32.
- [2] Hassoune, A. 2008. « La finance islamique connaît une croissance vertigineuse mais fragmentée ». In La finance islamique à la française, 87-126. éditions Bruno Leprince.
- [3] Guéranger, F. 2009. Finance islamique: une illustration de la finance éthique, Dunod, Paris Chaar, A.M. 2008. « Chari'a: principes directeurs et stratégie ». In La finance islamique à la française, 33-85. éditions Bruno Leprince.
- [4] Quiry, P., et Y. Le Fur. 2006. « Actualité: La finance islamique ». La lettre Vernimmen.net (51): 1-6
- [5] Siagh, L. 2007. L'islam et le monde des affaires. Alpha éditions. Alger.
- [6] Toussi, A. 2002. Qu'est-ce qu'une économie islamique? Al bouraq éd. Liban
- [7] Saadallah, R. 1992. « Le financement islamique : concept et principes généraux ». In Introduction aux techniques islamiques de financement, pages 14-30. Publications de l'IIRF
- [8] Iqbal, M.. 2002. Islamic Banking and Finance: Current Developments in Theory and Practice. Islamic Foundation. Leicester, UK.
- [9] Al Qardawi, Y. 2002. Le licite et l'illicite en islam. Al Qalam éditions. Paris. 2012. Les règles éthiques des transactions en islam. Bayane éditions. Paris
- [10] Benmansour, H. 1997. Politique économique en islam. Al Qalam Editions. Paris. 1997. L'islam et le Riba. Pour une nouvelle approche du taux d'intérêt. Dialogues Editions, Paris.
- [11] Coste, F. 2008. « L'émergence de la finance islamique aux États-Unis et en Angleterre ». In La finance islamique à la française, 127-144. Editions Bruno Leprince
- [12] Martens, A. 2001. « La finance islamique: fondements, théorie et réalité ». L'actualité économique 77 (4): 475-498
- [13] Tag el-Din, S.e-D, et M. K. Hassan. 2005. Islamic Interpretation of Speculation in the Stock Exchange: Conceptual and Empirical Examination. In Handbook of Islamic Banking. Edward Elgar, Northampton
- [14] Hassoune, A 2009. « cartographie de la finance islamique ». La finance islamique : une opportunité pour les entreprises françaises, 3 novembre, Ministère des finances et de l'industrie, Paris Bercy

- [15] Lahlou, A. 1998. « Les règles islamiques des marchés financiers ». La science de la charia pour l'économiste, actes du séminaire n°44, Banque Islamique de développement: 495-511.
- [16] Osman, M.M. 2010. « Immunity of Islamic Banks Amid Credit Crunch is Another Testimony of Islamic Banking Success». Aliqtissad Alislami. 348: 2-7.
- [17] CIBAFI 2009. « Les principes de juste milieu au secours de la finance mondiale », Documentation CIBAFI.
- [18] Ruimy, M. 2008. La finance islamique. Arnaud Franel éditions, Paris.
- [19] Kettani, M. 2005. Une banque originale la banque islamique. DKI, Liban
- [20] Khan, F. 2010. « How 'Islamic' is Islamic banking? ». Journal of Economic Behavior & Organization 76: 805-820
- [21] Saïdane, D. 2009. La finance islamique à l'heure de la mondialisation. La Revue Banque éditions, Paris.
- [22] Bendjilali, B. 1996. Assesnt of the practice of Islamic financial instruments. Islamic devlopment Bank.
- [23] Wampfler, B. 2002. « Les principes de la finance islamique ». BIM n°30.

Income and expenditure strictures in rural area of Katanga: case study of Mimbulu and Kamarenge in territory of Kipushi

*Mushagalusa Balasha Arsene¹, Tshomba Kulumbu John¹, Kadiata Mwamba Emmanuel³, Francis Onakudu Lunula⁴,
Z. Mushobekwa Faustin², and Nkulu Mwine Fyama Jules¹*

¹Department of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Sciences, University of Lubumbashi, B.P 1825, Lubumbashi, Katanga, RD Congo

²Faculty of Economics, University of Lubumbashi, B.P 1825, Lubumbashi, Katanga, RD Congo

³INERA, Antenna of Research and development, Katanga, RD Congo

⁴University of Kindu, Kindu, Maniema, 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: The poverty which shakes the DR Congo and the province of Katanga in particular is the basis of social problems. It is known that poverty is accentuated in rural areas where the labour market in industry and services remain almost non-existent. To provide for household needs, household heads cope by seizing opportunities available in their areas. The present paper focused on rural income and household expenditures in order to apprehend rural poverty in two villages of Kipushi territory. This paper followed three objectives, especially the determination of the sources of incomes, the comparison between female and male headed household's income and the identification of the main household expenditures. To arrive there, an investigation aimed 80 household heads taken in a random way in 2 villages namely Mimbulu and Kamarenge. The results reveal that the majority of household heads are males. The main sources of income identified are agriculture, petty trade of agricultural products, charcoal production and artisanal mining. Artisanal mining provides the highest monthly income (US\$ 150-158.3). No significant difference was observed between the two villages compared but a deep gap has been noted between the male and female headed households ($P=0.016$). The main posts of expenditures are food (72%), children's education (21%) and health (7%). The relevance of these results is that looking at income level and its different sources provides rich insights to help improve the understanding of poverty in rural areas.

KEYWORDS: Poverty, household, income, head household, diversification.

1 INTRODUCTION

Poverty is conventionally defined in terms of income poverty. It is measured in different ways, predominantly in terms of inadequacy of income to procure a minimum food consumption basket, which is judged to offer the required minimum level of calories [1],[2]. The Democratic Republic of Congo (DRC) belongs to the category of low-income countries [3], and 71.3% of the population continue to live below the poverty line [4]. The rate of poverty is very high in Katanga (69.1%)[5] while the province abounds in enormous natural resources (copper and cobalt), but this wealth has never been used for the benefit of the Congolese population[6]. Katanga is not exceptional, for almost 70% of the population of the DRC lives in rural areas, and agriculture is often the main source of income for these families.[7],[8]. However that agriculture of a family type is currently characterized by low productivity due to the lack of capital (equipment, supplies, knowledge) of farmers, soil infertility, and redirection of family labour towards the industrial sector and rural migration which becomes more and more expressed among the young people). In the face of these changes, both rural and urban people manage by developing survival strategies. In Kinshasa city, for example, in light of the deteriorating economic situation, [9] notes that people today have

better coping strategies and manage their food security more adequately than before. In Katanga, [10] highlights the development of an informal economy. This informal economy allows urban and rural households to increase their income and fight against poverty. The way rural people form and diversify their incomes should receive increasing attention so that we apprehend their dynamics and the improvement well-being. It is asserted today that the rural sector largely exceeds the strictly agricultural sector but that the nonagricultural component remains still badly known, whereas this pluriactivity is at the base of the economic organization of rural households [11]. This pluriactivity leads to income diversification to confront poverty and food insecurity, two correlated calamities in rural areas. According to [12], rural income diversification can be defined as an expansion of rural dwellers' income sources away from their own farm labour. For the author, such movement has various dimensions: (1) a change in labour form from household labour to wage labour, (2) individual self-employment, rent or other income transfers, and 3) increasing replacement of agricultural work with non-agricultural activities. At Kipushi, the main activities led by households to form their income are agriculture, commercialization of agricultural products, and artisanal activities. The agriculture sector which gathers more people is reduced to the subsistence level. The artisanal activities relate mainly to artisanal mining, but since the new Mining Code has been applied, the real losers until today are artisanal miners deprived of any alternative sources of employment [6] while their activities are well known to play a crucial role in the socio-economic landscape of Katanga Province by providing income to a significant share of the population and alleviating poverty [13].

In consideration of what is previously said, three questions attract our attention: 1) which is the share of each source in the formation of income? 2) Is income equal for both male and female household heads? 3) Which are the main household expenditures? In the context of poverty and low monetization of the rural economy [14], the present paper aims to study rural income and household expenditures in order to understand rural poverty. This paper followed three objectives, in particular the determination of the sources of incomes, the comparison between female and male headed households' income and the identification of the main household expenditures.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 STUDY AREA

Located in the province of Katanga, Kipushi territory is localized near 11° 46' South and 27 23' East in the DRC and covers a surface of some 12059 km² with a Congolese and foreign population (table 1). Kipushi Territory was created by Order n° 211213 of 17 July 1956 [15]. It was among the 22 territories which counted the old province of Katanga before the recent reorganization in four smaller provinces. According to [16], it occupies a strategic position since the town of Lubumbashi (capital of the former Katanga province) is entirely located within it. Beyond the city of Kipushi, which is essentially a mining town of Gécamines, the former government-owned mining monopoly, the territory includes two *chefferies* and one *sector* (larger centralized chieftaincies and artificially-regrouped small units respectively) : Kaponda and Kinama chiefdoms and the sector of Bukanda. The territory is limited on the north by the territory of Kasenga, on the South by the Territory of Sakanya and the Republic of Zambia, on the East by the Republic of Zambia, and on the West by the Territory of Kambove.[15]. Mimbulu and Kamarengé and are two among the villages which count the territory. The first village is situated at ± 18 km from Lubumbashi between 11°31'48.81''South and 27°36'36.84''East[16] while Kamarengé is entirely located in the city of Kipushi (30 km from Lubumbashi city). There is no official demographic data for Kipushi except the territory official report, but they must be taken with much vigilance because the last major agricultural census in rural areas dates from 1970[17].

Table 1. Demographic state of the territory of Kipushi in 2010.

Entities	Surface(km ²)	Congolese population	Foreign population	Agricultural households
City of Kipushi		107280	4013	7007
Kaponda	12059	73916	11613	15364
Cheffery Kinama		23564	-	4233
Bukanda		52343	159	9431
Total		257103	15785	36035

Source: Report of agricultural inspection of Kipushi Territory 2010-2011.

2.2 SOCIOECONOMIC CHARACTERISTIC OF KIPUSHI

The territory of Kipushi is well known for its past glory in mining activity. The territory is usually called “*Kipushi ya maboke*” by local people to allude to marrow production in this area. The leaves are consumed as valued leafy vegetable, as well as the fruit (**fig1**). The main activity today in the villages surveyed is agriculture, but this has become weakened by the fact that farmers do not get the necessary inputs (fertilizer, seed, ...) further to their high cost. Also, family becomes more and more scarce because of rural migration.[18]. The fact that Kipushi shares the border with the Republic of Zambia constitutes an important opportunity for regional trading.



Fig1. Marrow cultivation in Kipushi

2.3 MATERIALS AND METHODS

A survey was conducted between February and May 2014 in two villages of Kipushi (Mimbulu and Kamarenge) by a graduate student. A random sampling of 80 rural households was interviewed to learn their sources of income, the contribution of each source in forming household income (income earned), the main expenditures of the households. The materials used in this research were a questionnaire and a camera to take pictures. The choice of study sites was on the basis that beyond agricultural activities, there are other sources of income like artisanal mining; also previous research [19] presents the area as very poor and food insecure. As for income, this study adopts it first as a welfare measure for poverty analysis. Secondly, income and its sources have been a main focus for evaluating economic welfare and poverty analysis for many studies; it is also argued that looking at income and its different sources provides rich insights to help improve our understanding of poverty dynamics and the livelihoods of poor people. [20] Income is calculated as the sum of net earnings from agriculture and nonfarm activities or employment.[21]. Data collected were subjected to descriptive statistics (means \pm standard deviation and simple percentage. The comparison of averages by the Student *t*-test made it possible to apprehend the income gap between gender (man and woman) within the area of study. It is very important to mention here the fact that some economic activities do not always generate incomes per month ((for example agriculture because it takes long), we have decided to divide annual income by twelve to find results on table 3. The obstacles met during this survey relate to the resistance and reserved position of people investigated to declare exactly their whole income, more especially as we are in a situation where currently people have less confidence in one another.

3 RESULTATS AND DISCUSSION

3.1 CHARACTERISTIC OF HEAD HOUSEHOLDS

These results on household characteristics are similar to other findings in the DRC and elsewhere in Africa. In Cameroon, [22] shows that greater proportions of male than female household heads are educated and Male household heads are by far a higher proportion than female heads of households, especially in rural areas. The characteristics of household heads surveyed hide disparities which can firstly explain the wide difference between incomes in the two areas of the study. Indeed, it is just in Kamarenge where educated people are many. The majority (60%) of heads of household attended secondary school, whereas at Mimbulu they are only 15%. The illiterate household heads represent just 50% in Mimbulu and

15% at Kamareng. This situation should be among factors of large families in this territory [23]. For [24], the rural households appear to be of bigger size than those of the cities. In 75% of households their size varies between 5-7 persons, and those directed mainly by males is near 75% at Mimbulu and 85% at Kamareng. In Kinshasa city, [9] found that household size is on average of 6-7 persons. Recently, in the same territory [18] found on average a household of 7 persons directed by men. Moreover, the same author mentions that 70.2% heads of family farms are also household heads. The similar situation has been observed in Cameroon where 82% households are headed by males and only 18 % by females [25]). In the villages studied, most women heads (82.7%) are widowers, 12.3% never married and 5.3% are divorced.

SOURCE OF INCOME IN STUDY AREA

Many analysts see income diversification as a vital coping strategy for the rural poor [12]. The income diversification is associated with higher incomes and food consumption in rural areas [26]. Since poverty and instability have increased in Katanga province in recent years, food insecurity increased too. For lack of employment, people continue to cope to gain what to eat for themselves and their families at the risk of their lives. For example, Global Witness noted that artisanal mining has been and is still carried out in dangerous and uncontrolled conditions, with thousands of miners risking their lives to earn around US\$ 1 a day [6]. The table below presents the main sources of income for heads of households surveyed.

Table 2. Sources of income of households

Villages	Distribution of Sources of income %				
	Agriculture	Making charcoal & bricks	Petty trade	Artisanal mining	Other
Kamareng	35	20	30	10.8	4,2
Mimbulu	52	20	19	7.0	2.0
Average	43.5	20	24.5	8.9	3.1

Table 1 presents the main sources of income in rural areas. The income from agriculture counts for 43.5 % while making charcoal and bricks are 20% of income. It is noteworthy that petty trade of agricultural products, artisanal mining (handcrafts) and other employment count respectively for 24.5%, 8.9% and 3.1%. However, the people in artisanal mining have seriously decreased since the new Mining Code has been set up. At the sight of these results, one can understand and support the role of agriculture in rural areas: not only it is the first source of income for the majority of rural households [8],[10] but also [27] report that the significance of subsistence agriculture as a means of supplementing household food supplies seems to heavily outweigh other reasons for engaging in agriculture. Charcoal production provides weekly income to households who depend on it, but this activity constitutes a pressure on the environment. In spite of all, in Senegal for exemple, the charcoal trade allows more than 70 inhabitants of the Sambandé zone to find employment and to generate income which support many families’ lives [28]. Around Lubumbashi and Kinshasa, [29] show that charcoal production allows producers and sellers to earn money quickly. Moreover, a few charcoal makers manufacture bricks too. The demographic growth of Lubumbashi and the city of Kipushi produce high demand for building materials, mainly bricks. Petty trade, as said above, gathers mainly women who take vegetables, sweet potatoes, maize, tomatoes , and charcoal from their farms or from the mixed market Zambia/Kipushi to supply first the city of Kipushi and then Lubumbashi. Given that current agriculture in rural areas is to supply growers own food (auto consumption) [10],[11], 63% of products commercialized (potatoes, tomatoes, rice, maize flour, onions, head cabbage, goats) come from Zambia. This situation leads to food dependence on neighboring countries for the East of D R Congo [30] and contributes in a way to the weakening of Congolese agriculture.

HOW MUCH DOES EACH SOURCE BRING PER MONTH?

It is admittedly known that agricultural income per capita in rural areas always remains on a very low level [31], and this constitutes the fundamental cause of food insecurity [32]. Statistically, no significant difference has been noted between the two villages according to the monthly income earned by the heads of households (p=0.081) as shown by Student’s t-test, but a higher income has been observed at Kamareng with US\$ 132.8±74.6 superior to US\$ 95.8±60 recorded at Mimbulu village. This is explained mainly by the factor of geographical location. First, Kamareng is first located near the city of Kipushi and not far from the border with Zambia. This factor implies various economic activities generally relating to food commercialization and services like goods transport. However, Mimbulu seems to be in the middle between Lubumbashi and Kipushi. This village is located at ± 18Km from Lubumbashi [16] and nearly 12km from Kipushi. The main activity of this area relates to agriculture production. Nevertheless, it is not easy to determine agricultural household’s income in rural areas. It is

due firstly to the fluctuating character of agricultural product prices which depend on the nature of crops, the cycle and the period of cultivation. For example, vegetables produced in rain season are less expensive than dry season products. Secondly, production is not sold at one same moment and household heads seldom record information relating to cultivation output and selling price. Thirdly, the part taken from the field and consumed by the household is neither recorded nor known. Finally, the man and woman in same family can manage each one his income. In spite of all those difficulties, this paper tries to present in the following table the income declared from each source of income.

Table 3. Share of each source on income formation per month

Villages	Monthly average income earned from each source in US\$				
	Agriculture	Charcoal production	Petty trade	artisanal mining	Other
Kamarenge	115	100	133.3	158.3	110
Mimbulu	94.3	82.5	96.0	150	83.3
Average total	104.6	91.2	114.6	154.1	96.6

Table 2 reveals first that manual labor (artisanal mining) provides generally high income (US\$154.1) in both villages of this study. People involved in artisanal mining always say « *our job requires much energy, during one day it can provide more money than agriculture does.* » yet agriculture is the main source of income in rural areas [8], but agricultural incomes are low and these incomes are at small percentage of total income [33]. Agriculture (crop sales) and petty trade provide respectively US\$ 104.6 and US\$ 114.6 but these incomes are at high level at Kamarenge.. This can be explained by the fact that the high demand of food in the city of Kipushi implies profitable prices for agricultural products. Secondly, there are fewer intermediaries in the commercialization chain. Those incomes in table 2 approach the range of incomes (US\$ 115-205) found recently by [19] in the same zone. They are nearly the same as the US\$ 113-145 recorded by [29] around Lubumbashi among charcoal makers. The investigations carried out by [5] showed that the categories of households which are very poor are those whose heads work in informal agricultural (74.6%).

ARE INCOMES EQUAL FOR MALE AND FEMALE HOUSEHOLD HEADS?

In Africa, women are much involved in rural activities, mainly agricultural production [18],[34],[35], but they often earn less than men. Further to this situation, it seems that having a male head of household positively influences income growth for poor households [36]). In rural areas, the gap between men and women is apprehended under various forms. Women have less access than men to agricultural assets, inputs and services and to rural employment opportunities. This gender gap imposes real costs on society in terms of lost agricultural output, food security and economic growth.[37]. The findings of this research reveal that statistically the incomes were not equal. A significant difference ($P=0,016$) has been observed between male and female household heads' incomes after the Student *t*-test. Indeed, men earn income widely superior (US\$ 114 ±72 to women's US\$ 67±36). These results share Diana Pearce's issues showing that poverty is rapidly becoming a female problem [38]. For the case of the studied villages, this can be apprehended by the fact that men have more possibilities to combine activities and even be hired in rural services because they are better educated than women. In addition, they can independently manage their off farm business and service. For example, making charcoal and artisanal mining are jobs mainly reserved to men. As for women, they often spend much time in fields growing crops and taking care of children and family. For example, in the cotton zone of Central African Republic, 60% of women's time is consecrated to food-production [39]. The FAO estimates that in spite of a greater overall workload, women receive lower wages and have less education and less access to extension services. As said above, 82.2% of women household heads are widowers with advanced age. This vulnerable state reduces their ability to face jobs demanding more energy such as cultivating large surface areas or artisanal mining.

WHAT ARE THE MAIN EXPENDITURES OF THE HOUSEHOLDS?

Good health depends on income. If the latter is higher, it gives access to the best living conditions such as more secure housing and improves purchasing power and the capacity to acquire sufficient foodstuffs [40]. Poor households access their food from the market, subsistence production and transfers from public program or from other households [41] however, in Kamarenge and Mimbulu there is no exact program to facilitate people access to food. Nevertheless, in former time,

Gécamines used to help farmers in Katanga through many community projects (health, water, agriculture and school), but today the only words one can hear from the old farmers in Kipushi are « *since Gécamines has been bankrupt, our farms have also died. From that time, poverty and hunger increased much in our society!* »

At Kipushi as elsewhere in sub-Saharan Africa in the past rural households produced most of their own food, but recent studies have shown an increase in dependence on market purchases by both urban and rural households, in some cases reaching 90% of food supplies [41] whereas their purchasing power is still low. The following table presents the main expenditures of household per month.

Table 4. Monthly expenditures of households

Items	Cost per month (US\$)	% equivalent
Food	51.8	72
Schooling	15	21
Health	5.1	7

Poor households consecrate an important part of their incomes to food. In the case of the village surveyed, on average, the total monthly income for a household is evaluated to US\$ 109.3±72 for both man and woman household heads on the whole. However, separately, male-headed household income is largely higher than those with women head, as said above. It is shown from table 4 that food supply is the most privileged expenditure with US\$ 51.8 which corresponds to 72% of total habitual expenditures. Then follow children’s school fees and health respectively to 21% and 7%. According to [41], food expenditures can account for as much as 60-80% of total household income for low-income households in some parts of sub-Saharan Africa. In Kinshasa, these expenditures well exceeded 50% of income in poor families, followed by 8 % on education and 6 % on health [9]. As for children’s education, poverty is among the main causes of illiteracy in DR Congo and especially in rural areas. The recent findings of [23]) in Kipushi reveal that 54% of household heads spend 34% and 12% of their income for food and education. In India, household expenditure on education forms 2.6 % of total household expenditure on all items of consumption, but elasticity has been observed within households. The increase of one percentage in total household income would result in 1.5% increase in household expenditures on education [1]. As for health, households allocate less of their income there not because they are secure but because 82.3% people surveyed affirmed to be unable to support increasing health costs. In Mimbulu and Kamarenge 55.7% of heads recorded a case of malaria. The lack of health fees has led more than 25.1% to resort to traditional medicine on the basis of roots and leaves of plants with therapeutic values, well known and identified by rural people. The research of [42] in Kinshasa revealed that low income (less than US\$ 100) in DRC explains the weak utilization of and access to health services throughout the country. In addition to poverty, the state’s disengagement from education and health in rural areas must affect farmers’ production capacities [7] and reduce their life expectancy.

4 CONCLUSION

Income and its sources have been a main focus for evaluating economic welfare and poverty analysis for many studies. It measures the welfare of the household because it determines the purchasing power and the consumption of the household. Agriculture is the main source of income (43.5%), but currently it is characterized by low productivity due to the poverty of farmers, soil infertility and rural out migration. Based on income and household size as found in Kamarenge and Mimbulu, these incomes are too low to take care of people living in the household. To eliminate the flagrant gap between men and women recorded, it is necessary to integrate a gender approach in all development planning. Given that agriculture gathers the majority of head households surveyed, these results constitute a message to the government and its partners to promote agricultural development in rural areas.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors thank Professor Jeff Hoover of UNILU for having read the manuscript for clarity in English and Kitenge Fidèle for having taken part on conducting the surveys.

REFERENCES

- [1] B. G. Jandhyala Tilak, Household expenditure on education and implications for redefining the poverty line in India, *Education and Poverty Line*, pp 39, 2009,
- [2] F. Mujawase, Assessment of policy implementation of Ubudehe Program and its impact on the lives of VUP beneficiaries in Ngororero District, Rwanda , pp. 6.
- [3] L. D’Haese, J.-P. Banea-Mayambu, A. Remaut De Winter, Food security in the Democratic Republic of Congo , pp. 19, 2013.
- [4] PNUD, Rapport sur le développement humain 2013, L’Essor du Sud : Le progrès humain dans un monde diversifié, p. 172, 201.
- [5] PNUD, Pauvreté et conditions de vies de ménages, province du Katanga, RDC, pp 20, 2009.
- [6] Global Witness., Rush and ruin : the devastating mineral trade in Southern Katanga, DRC, Washington DC , pp. 30, September 2004 .
- [7] P. Lebailly and Damien Muteba, “Characteristics of urban food insecurity: The case of Kinshasa”, *African Review of Economics and Finance*, Vol. 3, No.1, pp. 58-68 ,
- [8] P. Lebailly, Cinquante années de dépendance alimentaire en RDC : situation et perspectives. par Unité d’économie et développement rural GxABT-ULG, Contributions de la formation et de la recherche agronomiques au développement durable du Congo, Gembloux, pp. 9, le 19 octobre 2010.
- [9] E.Tollens, "Food Security in Kinshasa, Coping with Adversity." Working Paper, n° 66, Department of Agricultural and Environmental Economics, Katholieke Universiteit Leuven, pp. 42, 2002.
- [10] M. J. Nkulu, Dynamiques agraires et trajectoire technique d’un groupe de 240 exploitations agricoles familiales de l’hinterland minier du Katanga et perspectives pour une politique d’appui, Thèse de doctorat. Lubumbashi, Université de Lubumbashi, Faculté des Sciences agronomiques, pp. 207, 2010.
- [11] G. Furaha, M. Leki et Ph. Lebailly, “l’impact des activités non-agricoles sur la pauvreté et l’inégalité rurales: cas des groupements Katana et Kavumu (province du Sud-Kivu”, Gembloux, 2013.
- [12] D. F. Bryceson, “African rural labour, income diversification & livelihood approaches: a long-term development perspective”, *Review of African Political Economy*, No.80, pp. 171-189, 1999.
- [13] N. Tsurukaw, S. Prakash, Andreas Manhart, “Social impacts of artisanal cobalt mining in Katanga, Democratic Republic of Congo”, *Öko-Institute, V.*, pp. 65,2011.
- [14] F. Ellis, H. Ade Freeman, “Rural livelihoods and poverty reduction strategies in four African countries”, *Journal of Development Studies Vol. 40*, Iss. 4, 2004.
- [15] Inspection de l’agriculture du territoire de Kipushi, Rapport interne des activités agricoles non publié, pp. 26, 2012.
- [16] J. T. Kalumbu, J. M. F. Nkulu, F. Berti, P. Lebailly, Typologie des exploitations agricoles familiales du territoire de Kipushi/RDC, Territoires périurbains : développement, enjeux et perspectives dans les pays du Sud, Colloque international, ULG-Gembloux, 2013.
- [17] E. Tollens, L’Agriculture, la sécurité alimentaire et le développement économique de la RDC – défis et enjeux, K. U. Leuven, Leuven E-CA-CRE-AC, pp. 22, 2008.
- [18] Mushagalusa Arsène, Momba, Kasanda, and Nkulu Mwine, “Characteristics of family farm in some villages of Kipushi: Stakes and prospects for food safety,” *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 10, No. 4, pp. 1134-1143, 2015.
- [19] A. Mushagalusa , Tshomba , Assani , and Nkulu, “Insécurité alimentaire dans les ménages agricoles de Kipushi (R.D. Congo): Une appréhension en termes de dépenses monétaires”, *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 10, No. 4, 2015, pp. 1144-1149, 2015.
- [20] Hari Ram, Poverty dynamics in rural Sindh, Pakistan, Working Paper No. 157, pp. 60, 2009.
- [21] Reno Dewina and Futoshi Yamauchi, Human capital, mobility, and income dynamics: Evidence from Indonesia, jica-ri working paper, pp. 24, 2010.
- [22] J. Teke Takwa, Differences between the socio-economic characteristics of male and female household heads and their households in Cameroon.
- [23] A. Mushagalusa, Kasanda J. Nkulu and P. Lebailly, “Niveau d’instruction et structures socioéconomiques des ménages ruraux de Kipushi : analyse de dynamisme et perspectives,” *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 11 No. 2 pp. 355-366, 2015
- [24] M. Pilon et Vignikin Kokou, Stratégies face à la crise et changements dans les structures familiales, 1996.
- [25] S. Lynch, Income distribution, poverty, and consumer preferences in Cameroon, Cornell food and nutrition policy program, working paper series, pp. 120, 1991.

- [26] T. Reardon, C. Delgado and P. Matlon, "Determinants and effects of income diversification amongst farm households in Burkina Faso", *Journal of Development Studies*, Vol. 28, pp. 264-296, 1992
- [27] M. Aliber, T. G. B Hart, "Should subsistence agriculture be supported as a strategy to address rural food insecurity?", *Agrekon*, vol. 48, 4, pp. 434-458, 2009.
- [28] PERACOD, La filière charbon de bois de la forêt communautaire de Sambandé, projet conjoint Senegal-Allemagne.
- [29] T. Hendriks, Noël Kabuyaya, Balthazar Ngoy, L'économie politique de la filière du charbon de bois à Kinshasa et à Lubumbashi : résultats de la recherche faite dans le cadre du projet RDC – Appui stratégique à la politique de reconstruction post-conflit en RDC – Volet gouvernance environnementale, Tervuren, pp. 184, 2009.
- [30] S. Vwima, J. L. Mastaki et P. Lebailly, "Le rôle du commerce frontalier des produits alimentaires avec le Rwanda dans l'approvisionnement des ménages de la ville de Bukavu (provinces du Sud Kivu)", *Les cahiers des associations du tiers monde*, no 28, pp. 27-40, 2013.
- [31] N.Zhu, Impact de la participation aux activités non-agricoles rurales sur l'inégalité: une analyse des zones rurales en Chine, pp. 26, 2005.
- [32] P. Janin, Gestion du risque de l'insécurité alimentaire en milieu rural Baoulé, Rapport Baoulé, ORSTOM, pp. 75, 1997
- [33] P. Delius and Stefan Schirmer, Towards a workable rural development strategy, TIPS Working Paper 3, University of the Witwatersrand, pp. 28, 2001.
- [34] C. S. Nwosu, Onyeneke R. U and V. B. N. Okoli, "Socioeconomic determinants of fluted pumpkin leaf (*telferia occidentalis*) production in Ezinihitte Mbaise local government area of Imo state, Nigeria", *Agricultural Science Research Journal*, Vol. 2 (6), pp. 355-361, 2012.
- [35] Adélaïde Niyonkuru, "Femme-agronomie-développement: le cas du Burundi", *Tropicultura*, 27, 4, pp. 253-256, 2009.
- [36] M K. Mathenge and David L. Tschirley, Income growth and mobility of rural households in Kenya: role of education and historical patterns in poverty reduction, Version: March, pp. 35, 2008.
- [37] FOA, The state of food and agriculture: women in agriculture: closing the gender gap for development, Report 2010-2011.
- [38] P. Diana, The feminization of poverty: women, work and welfare: Special issue of *Women and Work*, Vol. 11, No 1, pp. 28-36, 1978.
- [39] E. Mbétid-Bessane, "Faiblesse de la main-d'œuvre familiale et diversification des activités dans les exploitations agricoles de la zone cotonnière en Centrafrique", *Tropicultura*, 22, 2, pp. 88-92, 2004.
- [40] Mekdem Majdi, "Relation entre inégalité de revenu et état de santé: Validation empirique: Cas des Pays des rives nord & sud de la Méditerranée", *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 8, No. 2, pp. 127-135, 2014,
- [41] M. N., P. T Jacobs, "The contribution of subsistence farming to food security in South Africa", *Agrekon*, pp. 459-482, Vol. 48, Issue 4, 2009.
- [42] Manzambi Kuwekita J., Guillaume M., Balula Tshemutshari M.-P., Tshiama Kabongo E., Mayamba Kilela J., Bruyère O., Reginster J.-Y., "Étude des conditions de vie et d'accessibilité aux soins de santé de qualité des populations en situation de précarité, dans la zone de santé de Bandalungwa à Kinshasa (Congo) grâce à la micro-assurance santé en 2008", *Journal d'Epidémiologie et de Santé Publique*, N°12, pp. 47-61, 2013.

URBANISM, SOLID WASTE AND URBAN METAMORPHOSIS IN AFRICA

ADIUKWU FIDELIS ONYEKACHI¹ and ADIUKWU FAYOKEMI FUNMILOLA²

¹Department of Architecture, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria

²Ekiti State Ministry of Women Affairs, Gender Empowerment & Social Development Ado-Ekiti, Nigeria

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 paper reviews the challenges of solid waste generation in major cities of Africa; their effect on urbanism, and the socio cultural and economic impact on urban metamorphosis. Paper studies urbanism as a dynamic index of urban metamorphosis, with focus on solid waste management. The need for governance policy, legislation, and an environmentally motivated and enlightened urban residents is a factor mitigating a clean environment. Public education and programs where they exist lacks required exposure, intensity, and connection to correct the apathetic outlook of most urban residents to waste disposal. Paper strongly affirm the need for adequate funding, equipment, human resources, technology and energy use required in dealing with urban metamorphic forces sustaining waste generation. And in conclusion suggests for success to be achieved, a holistic program that integrates technology, socio-cultural, economic, and psychological factors needed in managing urbanization and wastes, in order to boost the positive impact of urban metamorphosis on the continent's cities' sanitation and development.

KEYWORDS: Africa, Solid Waste, Urbanism, Urbanization, Urban Metamorphosis, Waste Management.

1 INTRODUCTION

The first decade of the 21st century witnessed a large population increase in major cities around the world, changing urban lifestyle and urban metamorphosis. Currently, there are more than 20 mega cities around the world, each with more than 10 million people. It is projected that in the year 2015, there will be about 60 megacities with an estimated total demographic strength of more than 600 million people (Habitat 1996). Africa is the world's second largest continent, and accounts for about 14.72% of the world's human population, and currently, an estimated total population of over 1.0 billion people. Although, it has huge promising energy resources, Africa remains the world's poorest and most underdeveloped continent. Recent studies estimates that over a third of Africa's 1 billion inhabitants currently live in urban areas, but by 2030 that proportion will have risen to a half. According to a recent report from UN-HABITAT, the United Nations agency for human settlements, the population of some cities is set to swell by up to 85% in the next 15 years. The most populous city in 2010, Cairo, will grow by 23% to 13.5m people. By 2025, however, it will have been overtaken by both Lagos (15.8m) and Kinshasa (15m). Food and water shortages, poor infrastructure and a lack of housing are among the problems faced by governments during such rapid urbanization. Rapid urbanization in African reflects significantly migration from rural areas to urban areas. The process of urbanization in Africa as concur by many scholars and researchers dates back many centuries. 18th century, most African cities grew modestly in demography and spatial size. This paper, presented, in interrelated parts discusses urbanization in Africa, nature of city growth and solid waste treatment and disposal. A particular significance in this context is the effects of city growth and development on solid waste management. The paper then discusses potential innovative strategies to cope with the dynamics of urbanism as a necessary process of social change, with a prospect of having cities that are clean, livable, ecofriendly and economically sustainable.

2 LITERATURE REVIEW AND CONCEPTUAL FRAMEWORK

2.1 URBANISM OF AFRICA

Merriam-Webster's Dictionary defined Urbanism as the characteristic way of life of city dwellers and in likewise the study of the physical needs of urban societies. Urbanism of Africa, viewed in the socio-cultural context of urbanization, identifies various features associated with its patterns, processes, and impacts in development. Cities in the region are, observed to have changed in demographic size, spatial organization, and urban quality. Urbanization in Africa, though positive is accompanied by diverse defective developmental factors, which arose because of the inability of the cities' urban administrators to deal effectively with the issues accompanying urbanism. They include amongst others, low entrepreneurship, low technology, poor management strategies, non-independence, and inadequate finance. The resultant effect is a decline in the strength of formal employment in the urban economy and deterioration in the quality and distribution of basic infrastructure with a subsequent defect in the quality of life and the urban environment.

2.1.1 PATTERN AND PROCESS OF URBANISM

Human and financial resource is, invested in cities; their development and redevelopment signifies a continuing process. Although urbanism is manifest in the urbanization process of cities in Africa, Andah (1995), Habitat (1996) opined, that it, precede colonization. Colonial policy in Africa was, aimed at promoting rural- urban migration, because of the need for workforce in development. According to Adiukwu & Akinsola (2011), "the constant rural urban streams are motivated by relations of production with demographic force". Urbanism of Africa, as a socio-cultural dynamic reflects, and encompasses the everyday livelihood of the urban African resident with consequential impacts on the city's built environment, sanitation, economic, health, security, psychosocial integrity as well as the overall growth and development of the city. Urbanization is a process of spatial concentration of urban demography, anchored on some basic factors seen as urban metamorphic forces, which amongst others depends on urban migration, demographic dynamic and city annexation.

These processes explain urban demographic growth and development. The proportional increase in the demography of urban residents is largely due to metamorphic forces of rural- urban migration and regional expansion.

2.1.2 THE NATURE OF URBAN METAMORPHOSIS IN AFRICA

Historically, the World civilization may have begun in what became at present, "developing nations" principal cities and it is from these early centers of human civilization that urbanism, as a social concept and process, broaden. The next subsection provides an analysis of the types of cities prevalent in the region and their emergence.

2.1.3 EMERGENCE AND TYPOLOGY OF CITIES IN AFRICA

Udo (1987); Afolayan (1992), and Agbola (1998) Opined that three distinctive phases characterized the historical course of development of cities in Africa. They are the pre-colonial city, the colonial city, and the postcolonial city. Authors categories them as thus:

- **Pre-colonial Urban built environment:** All the pre-colonial urban centers in Africa were mainly pre-industrial cities, and they owe their importance to commerce, defense, administration, and religion. The most prominent of the surviving pre-colonial urban centers includes amongst other Timbuktu, Bamako, Maputo, Ouagadougou, Kinshasa, Kampala, Nairobi, Lagos, Accra, and Libreville.
- **Colonial Urban built environment:** During the colonial era, a great number of new towns were, established to provide the colonial administration base for operations. These establishments positioned their development on an advanced platform than previous (Afolayan 1992).The colonial administration constructed railways, roads, and improved agriculture in some urban centers. Such centers served many roles: administrative, commercial, industrial, and as transport nodes (railway terminus and seaports) for collecting and exporting products from the hinterland, and they enjoyed a high concentration of social services provided by the colonialist.
- **Post-Colonial Urban built environment:** Urban metamorphosis since independence of many African nations has marked the establishment of new towns and urban centers, attributed to government policies aimed at fostering national integration and development by upgrading the status of many small urban centers.

2.2 THE URBAN METAMORPHOSIS OF CITIES IN AFRICA

The universally accepted ranking of cities is usually through demographic concentration of people. A designated urban area requires a much larger settlement size than the rural areas, especially when we consider the number of people residing there. However, this determinant varies widely from nation to nation. In Africa, using demographic strength, an urban center has 5,000 inhabitants. Urban metamorphosis does not automatically bring affluence and prosperity; as affirmed by many scholars. Urban Metamorphosis in Africa represents a different situation from most Americans or Europeans cities. According to Hartshorne (1992), the problems associated with urbanization in most developing Nations are “false urbanization” in the sense that the process is mostly driven by demographic forces, particularly rural urban migration, rather than by dynamic technological and economic forces. Adiukwu (2014) affirm that rapid urbanization and inadequate capacity to cope with the needs of people in urban areas have contributed to the increase of issues that poses major health risks. Sanitation and drinking water quality are often poor, with the result that residents are, exposed to a wide range of unhealthy living conditions.

3 SOLID WASTE

Solid waste has become one of the leading environmental issue facing major cities in Africa. There is in recent time, rapid increase in the volume of waste generated in domestic houses, offices, commercial outlets, and local factories. These wastes of different shapes and sizes of material compositions are, heaped together, on overfilled and overflowing open dumps. Every so often, the major purpose seems to be to move the waste out of sight. This is one aspect of environmental degradation. Thomas-Hope (1998), Bartone (2000), opined that developing nations spend between 20% and 40% of their urban revenues on waste management but this is hardly adequate to deal with the capacity of the problem. when the governments of African nations were asked by the World Health Organization to prioritize their environmental health concerns, the results revealed that while solid waste was identified as the second most important problem (behind good quality water), less than 30% of urban residents have access to appropriate and regular waste disposal (Senkoro 2003). Though urbanism as a socioeconomic index provides an avenue for potential increase in GDP (Gross Domestic Product) and economic expansion, it also brings along wastes with hazardous effects, which if not managed can constitute health risks. Solid waste in the context of this article, is viewed as, a material that has no value to the person who is responsible for it, and not intended for discharge through a pipe; and usually generated by domestic, commercial, industrial, healthcare, agricultural, and mineral extraction activities and routinely accumulates in public places. Solid waste, generated by agriculture and mining activities, will not be, considered in this paper. Wastes from domestic houses, streets, shops, offices, factories and hospitals are usually the responsibility of urban authorities; this is the wastes of subject in this article.

3.1 SOLID WASTE MANAGEMENT

Less attention has been paid to the management of urban solid wastes. Since 1991, UNCHS (Habitat), UNEP, and UNECA have been developing a mutual position towards building a sustainable waste management policy and strategy in Africa. The Habitat Agenda clearly identifies the need for improving the living environment, particularly of the urban poor, to stimulate city development. The situation with respect to waste management in Africa is particularly severe. The public sector in many countries is unable to deliver services effectively, regulation of the private sector is limited and illegal dumping of domestic and industrial waste is a common practice. There is much evidence to show that solid waste management is much more than a technological issue –because it also involves managing a large personnel and a synergy with the public. Problems with maintenance and financial constraints are common in Africa. In Nigeria, for example in spite of the formulation of FEPA (Federal Environmental Protection Agency) and a national environmental policy, the environment has, not been, adequately protected; this same is evident in many of Africa’s nations. The preparation and management of an efficient solid waste management scheme needs inputs from a range of professionals, and careful consideration of local conditions. An efficient and appropriate urban waste management is a clear indicator of the effectiveness of an urban administration. Issues affecting waste management include-

- Waste collection workers face exceptional occupational hazards, including strains from lifting, injuries from sharp objects and traffic accidents during their job disposition.
- Dumps of waste and abandoned vehicles block streets and access ways as evident in some cities.
- Dangerous items (as broken glass, razor blades, hypodermic needles and other healthcare wastes, aerosol cans and potentially explosive containers and chemicals from factories) may pose risks of injury or poisoning, particularly to children and people who sort through the waste for livelihood.

- Waste items that are recycled without being, cleaned, or sterilized can transmit infection to later users. (Examples are bottles and medical supplies.)
- Polluted water from waste dumps and disposal sites can cause serious pollution of water supplies.
- Waste that is treated or disposed of in unsatisfactory ways can cause a severe aesthetic irritation in terms of smell and appearance.
- Liquids and fumes, escaping from deposits of chemical wastes generated in factories can have fatal or other serious effects.

3.2 HAZARDS ASSOCIATED WITH SOLID WASTE

Improperly, sited open dumps, deface and pollute our urban environment, it endanger public health and sanitation because of exposure. In addition, it encourages the spread of diseases and bad odor. The poor state of waste management is attributable to an inadequately formulated and poorly implemented environmental policy, among other factors. Solid wastes, is, poorly managed in most Africa's cities, and they constitutes various negative impacts on the environment. Their relative impact depends very much on local conditions and includes-

- Uncollected wastes often end up in drains, causing blockages that result in flooding and poor sanitary conditions.
- Flies breed in some constituents of solid wastes, and flies are very effective vectors that spread disease like dysentery.
- Mosquitoes breed in blocked drains and in rainwater that is, retained in disposed cans and spread malaria a leading cause of mortality.
- Rodents like Rats find shelter and food in waste dumps and spread diseases.
- The open burning of waste causes air pollution; the products of combustion include dioxins, which are particularly hazardous to public health.
- Aerosols and dusts can spread fungi and pathogens from uncollected and decomposing wastes.
- Uncollected waste degrades the urban environment, discouraging efforts to keep streets and open spaces in a clean and attractive condition.

4 EFFECT OF LOCAL CONDITIONS ON WASTE MANAGEMENT SCHEME

There are many factors affecting solid waste management in Africa, and this varies considerably from cities. The design of an appropriate management scheme depends on local conditions. Amongst them are:

4.1 THE WASTE ITSELF

A typical domestic waste from an urban built environment has a high content of packaging made of paper, plastic, glass, and metal. The large amount of paper and the use of pre-processed food results in low proportions of moisture in the waste, some considerable high proportion of sand (materials used for paving and construction), and climatic factors which makes the waste very dense. In addition, the waste may contain large amounts of moisture because of the high usage of fresh fruit and vegetables. There are quite a few important effects of this density factor. Perhaps the major one is that containers, vehicles and schemes that operate well with low-density wastes in Nations like the USA, France, UK, and some other European nations are not suitable or reliable when the wastes are heavy. The combination of the extra weight, the abrasiveness of the sand and the corrosiveness caused by the water content, can cause very rapid deterioration of equipment. Another important consideration is the possibility of incinerating the waste. If the waste contains a high proportion of moisture, or is mostly inert material, it is not suitable for incineration, and so this treatment option is, ruled out. Recycling operations often reduce the proportion of combustible paper and plastic in waste before it reaches the treatment stage.

4.1.1 ACCESS TO WASTE COLLECTION POINTS

Many sources of waste can only be, reached by roads and areas, which may be inaccessible to certain methods of transport because of their width, slope, congestion, or surface hampers collections.

5 EFFECTS OF URBANISM ON SOLID WASTE MANAGEMENT

Urbanism as a socio-cultural dimension reflects a continual dynamic change in the built environment and urban lifestyle and it affects the economic mechanism of the society. This has huge impacts on the psychosocial life style of the people.

Many effects of urbanization are positive, such as new places for people to live, work and recreate, and economic growth. However, some of the impacts might be negative if not handled with foresight. Development of a city means more buildings, offices, commercial centers, and factories will have to be built and all these will lead to an increase in waste generated. Sediment from construction sites can end up in streams and rivers, choking plant and animal life. Oil and gas from vehicles can leak onto roads and parking lots. Fertilizers and pesticides, if not applied properly, can wash off lawns. All of these pollutants can wash away when it rains and end up in streams, rivers, lakes, estuaries, or ground water. Many industrial pollutants also bind to the sediment, so when sediment washes away it takes the pollutants with it. However, the combined impacts of human lifestyle and exploitative activities are threatening the health and safety of urban residents. Consequently, the continued unrestrained and unhealthy human habits of waste disposals in quest for justifiable urbanism, and to accommodate the urbanization process is a cause for concern. There are only a few cities in Africa, where waste is scientifically disposed or recycled.

5.1 URBAN RESIDENTS AWARENESS AND ATTITUDE TO WASTE

Public awareness and attitude can affect the willingness of urban residents, to accept the proximity of a collection point and carry waste to it. It also can affect their willingness to segregate waste for recycling and pay for services. The opposition in some instance, to the location of a waste treatment and disposal facilities, gender issues, collection activities and the social groups from which waste management staffs is sourced are amongst factors affecting management; other includes-

5.1.1 EQUIPMENT

In addition to the factors already mentioned the selection of waste collection vehicles, should be, influenced by the types of vehicles and chassis that are already widely used and for which spare parts and maintenance expertise are available.

5.1.2 PUBLIC AND INSTITUTIONAL ISSUE

the current and intended legislation on waste management; the extent to which it is enforced, standards and restrictions can limit the technology options that may be considered. The policy of government regarding the role of the public and private sector (formal and informal) in waste management also should be, taken into account. The strength and concerns of trade unions can also have a significant influence on waste management.

6 RECOMMENDATION FOR PLANNING, DEVELOPMENT AND POLICIES

In general, the policy of most waste management authorities on solid waste disposals is not comprehensive thus arise a need for a comprehensive overhaul aimed at improving strategies. For example, as attempts made to draw public support during some cities' environmental cleanup exercise, no attempt is, made to develop appropriate disposal sites; there is a need to develop and sustain disposal sites. In some cities, solid wastes in different material composition are heaped together on, an already overflowing open dumps. Even so often, the major purpose seems to be, to move the waste out of public sight. It is obvious that, although there is a program to keep the immediate environment clean, there is no adequate plan for proper waste disposal; thus a need for a comprehensive management plan. In the face of the uncontrolled expansion of African cities, urban planners, city analyst, and stakeholders have been compelled to accept the inevitable truth that development policies for urban areas of Africa have been unsuccessful. The majority of Africa's cities and their completely uncontrolled growth are a testimony to the failure of development and planning policy of the areas involved. Mbassi (2005) opined these policies have focused on the need to slow down, the rural migration but to the contrary has not been accomplished therefore authors are of the view that urban policies aimed at developmental strategies needs to focus on local urbanism as a necessary index in utilizing and sustaining positive factors of urban metamorphosis in the built environment and city growth.

7 CONCLUSION

As cities in Africa, continues to metamorphose, the major challenge, thus, depends on the capacity to develop new technologies applicable in managing the dynamics of urbanism as a socio-cultural index mitigating solid waste disposal, and treatments. This can be, achieved by a pragmatic approach by authorities, stakeholders, and urban waste managers in dealing with urban metamorphic challenges and solid waste. Hence, the need to adopt and utilize innovative technologies, i.e. applicable, cost effective, ecofriendly and sustainable in meeting a city's local solid waste disposal and treatments needs; is imperative in the quest for a clean, environment healthy and ecological vibrant city.

REFERENCES

- [1] Adiukwu, F.O (2014) *Prospects and Challenges of Informal Settlements and Urban Upgrading in Abuja*. International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 11 No. 2, pp. 420-426
- [2] Adiukwu, F.O and Akinsola F.F (2011) "Solid Waste Management and Urban Transformation in Nigeria: *Ethical Issues*", Journal of Environmental Research and Policies, Volume 6, No.3, pp.127-131
- [3] Afolayan, A.A. (1992) *Geo 350 Africa: Ibadan External Studies Programme Series*, Published by the Department of Adult Education, University of Ibadan, Ibadan.
- [4] Agbola, Tunde and Oyewale, E.O. (1998) "Urban Growth and Urban metamorphosis in Africa: The Challenge of Urban Life in the 21st Century", in Folorunso, C.A. and Adesina, Jimi (ed.) *The Challenge of Africa's Development in the 21st Century: Essays in Honour of Basse Wai Andah*, Ibadan University Press.
- [5] Andah, B.W. (1995) The Earliest Human Occupation and Settlement in Africa, in Andah, B.W. (ed.) *The Epistemology of African Settlement*, *African Journal of Archaeology*, Special Issue, Vol.25, No.1, pp.8-33.
- [6] Bartone, C. (2000) *Strategies for improving Municipal Solid Management: Lessons from World Bank Lending and CWG Activities*. Workshop on Planning for Sustainable and Integrated Solid Waste Management, Manila, 18-22 September 2000: Washington, DC: Urban Management Division, World Bank.
- [7] Hartshorn, T. (1992) *Interpreting the City: An Urban Geography*. New York: John Wiley and Son Inc. International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change (IHDP) (2005) *Science Plan Urbanism and Global Environmental Change*, IHDP: Report No.15, Bonn.
- [8] Mbassi, Elong, (2005) "What Governance for African Cities", *Villes en d'evopment*, No. 67-68, June, p.6-7
- [9] Thomas-Hope, Elizabeth, ed. (1998). *Solid Waste Management: Critical Issues for Developing Nations*. Kingston: Canoe Press.
- [10] Udo, R.K. (1987) *The Human Geography of Tropical Africa*, Heinemann Educational Books, Ibadan.
- [11] United Nations Human Settlement Programme (UN-HABITAT), (1996) *An Urbanizing World Global Report on Human Settlements 1996*. Oxford: University Press, Oxford.

DETERMINATION OF LITHOLOGY AND GROUNDWATER QUALITY IN AWE, OYO STATE, NIGERIA, USING RESISTIVITY METHOD

ABRAHAM ADELOWO, EMMANUEL O. OJO, and BLESSING N. OSSAI

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

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: Vertical electrical soundings (VES) method using the Schlumberger array was used in the study area. 20 VES were probed and the data interpretation was carried out with aid of computer softwares IPI2Win and surfer 8. The results revealed three subsurface geoelectric layers (top soil, weathered layer and fresh layer) at VES 4, 5, 6, 7, 8, 9 and 10, and the rest VES stations have four subsurface geoelectric layers (top soil, lateritic clay, weathered layer and fracture/fresh layer). The top layer resistivity values range from 112-829 ohm-m, and thicknesses from 0.5-8.85m. VES 1, 2, 3, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 and 20 with four layers, the second layer constitute the Lateritic clay and its resistivity values range from 34.9-406Ωm, and thicknesses from 1.37-5.78m respectively. The second layer of VES 4, 5, 6, 7, 8, 9 and 10, and the third layer of VES 1, 2, 3, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 and 20 which constitute the Weathered zone has resistivity values that range from 8.99-339Ωm and thicknesses between 3.01-41.6m. The fourth layer of VES 11, 12, 17, 18 and 19 constitute the Fractured basement with resistivity values that range from 182-547Ωm. The third layer of VES 4, 5, 6, 7, 8, 9 and 10, and the fourth layer of VES 1, 2, 3, 13, 14, 15, 16 and 20 constitute the Fresh basement with resistivity values that range from 2090-19465Ωm. It was also observed that the Total Dissolved Salt values range from 12.797-778.643mg/l. VES has shown that it's very reliable for the determination of lithology and groundwater quality in the study area.

KEYWORDS: Vertical Electrical Sounding, Schlumberger array, Lithology, Groundwater quality, Total Dissolved Salt.

1 INTRODUCTION

Groundwater is one essential but necessary substitute to surface water in every community. It's no doubt a hidden replenishable resource whose occurrence and distribution greatly varies according to local as well as regional hydrogeologic settings and to an extent the nature of human activities on the surface. Groundwater in a basement terrain is hosted within zones of weathering and fracturing which often are not continuous in vertical or lateral extent [7]. The monitoring of the groundwater level exhibits a decreasing trend of water level. The main reason for this decline in the groundwater table is that wells pumping from groundwater resource have exceeded natural recharge in the recent years. It is important to get an overview of the ground conditions in early stages of planning and design of water related projects. Often the investigations are carried out using conventional geotechnical methods only, which is costly and only provide information in discrete points. The use of resistivity meter makes the groundwater exploration survey to estimate quantity and quality of groundwater. It can be said to be an alternative of a trial boring to some extent. The available groundwater resources can be estimated after preparing lithological logs and utilized usefully to supplement the canal water supplies for municipal and agricultural productions in order to remove the shortage of water [8].

In geophysical investigations for water exploration, depth to bedrock determinations, sand and gravel exploration etc., the Electrical Resistivity Meter (ERM) method can be used to obtain, quickly and economically, details about the location, depth and resistivity of subsurface formations. Emenike tested the groundwater potential and a correlation of the curves with the lithological log from a nearby borehole and suggested that the major lithological units penetrated by the sounding curves were laterite clay sandstone and clay [3].

ERM uses an artificial source of energy, rather than the natural fields of force, such as are used in gravity surveying and so the source detector separation can be altered to achieve the optimum separation, which effectively controls the depth of measurement. The water exploration survey with the help of ERM is low cost, easy for operation, speedy and accurate. Liu used ERM method for imaging changes of moisture content in the vadose zone [5]. The ability of the integrative approach was tested by directly estimating moisture distributions in three-dimensional, heterogeneous vadose zones.

The ERM solves the problems of groundwater in the alluvium formation aquifer as an inexpensive and useful method. Some uses of this method in groundwater are: determination of depth, thickness and boundary of an aquifer, determination of interface saline water and freshwater porosity of aquifer, hydraulic conductivity of aquifer, transmissivity of aquifer, specific yield of aquifer, and contamination of groundwater [2]. Contamination usually reduces the electrical resistivity of pure water due to increase of the ion concentration [4]. However, when resistivity methods are used, limitation can be expected if ground inhomogeneities and anisotropy are presented [6]. However, the use of geophysics for both groundwater resource mapping and for water quality evaluations has increased dramatically over the last few years in large part due to the rapid advances in microprocessors and associated numerical modeling solutions.

The purpose of this paper is to use the resistivity data to study the aquifer conditions, such as depth, thickness, boundaries and location of the aquifer and groundwater quality by calculating the total dissolved salt (TDS) in order to determine the level of salinity. This study can be used to prove groundwater supplies as a unique source of water for this area.

2 GEOLOGICAL SETTING OF THE STUDY AREA

The study area (Awe) is located in Afijio Local Government Area of Oyo State, southwestern Nigeria. It lies within latitudes $7^{\circ}49'0''\text{N}$ to $7^{\circ}49'15''\text{N}$ and longitudes $3^{\circ}56'57''\text{E}$ to $3^{\circ}57'18''\text{E}$.

The Most of Southwestern part of Nigeria belongs to the schist belt. To be specific, Osun and Oyo (which is the parent case study) belong to crystalline basement region, Ogun State belongs to basement complex (undifferentiated) region. The major rocks in the southwestern Nigeria are igneous, sedimentary and metamorphic. The igneous rocks include the older granite, pegmatite, rhyolite and dolerite while the sedimentary rocks include the Shale, Coal measures, and Coastal plainsand Alluvium. The metamorphic rocks include the undifferentiated basement complex.

3 FIELD PROCEDURE AND DATA ANALYSIS

The vertical electrical soundings (VES) were conducted using Campus Ohmega Terrameter in twenty (20) locations.

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

Schlumberger configuration was employed in the data gathering process which is called VES (vertical electrical sounding). Twenty VES was acquired from the study area and with aid of computer software (IPI2Win), these graphs and others were obtained (fig 3.1 – 3.10).

The total dissolved salt (TDS) for each of geoelectric sounding (VES) station was computed (table 4.2), this is to determine the level of salinity of the groundwater at each VES station.

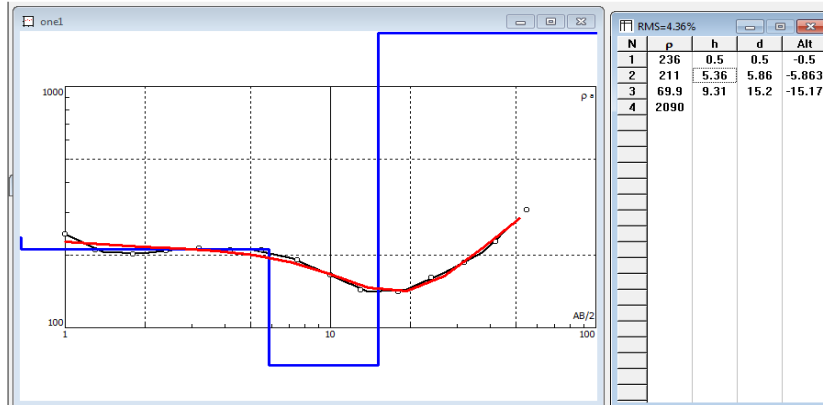


Fig. 3.1: VES 1



Fig. 3.2: VES 2

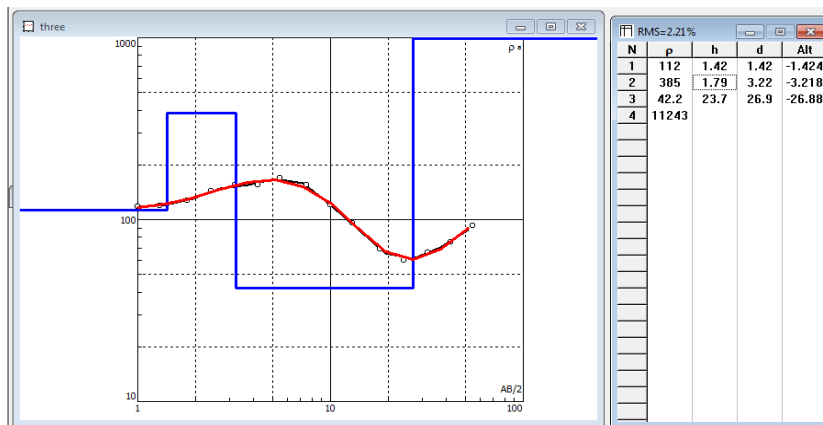


Fig. 3.3: VES 3



Fig. 3.4: VES 4

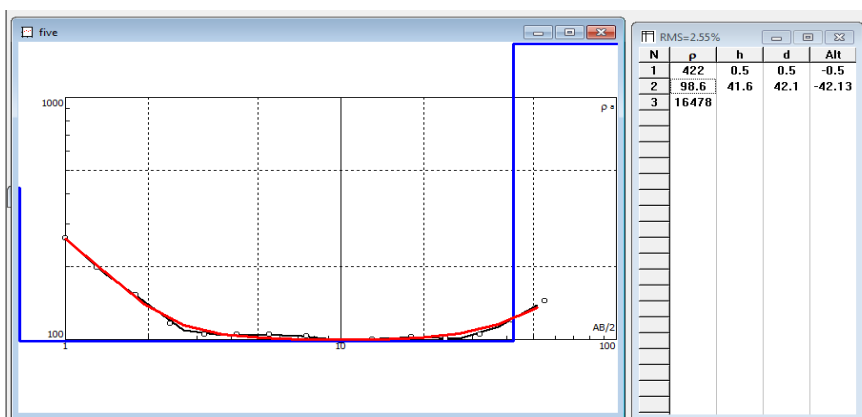


Fig. 3.5: VES 5

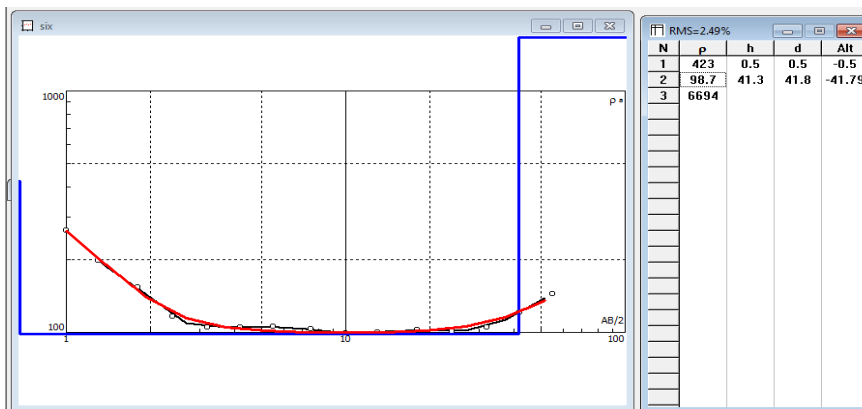


Fig. 3.6: VES 6

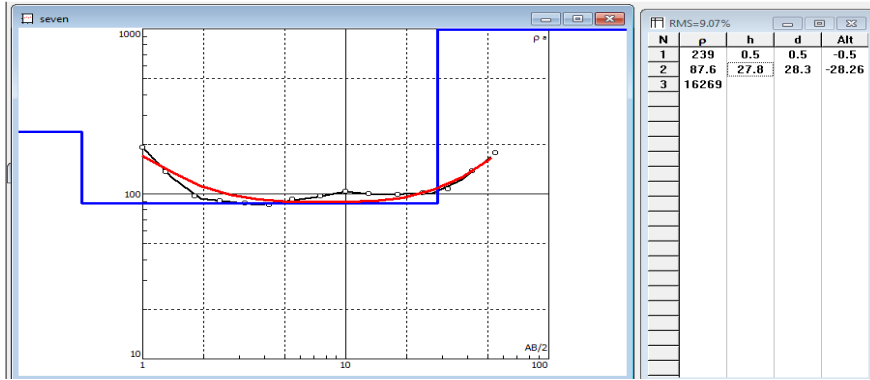


Fig. 3.7: VES 7

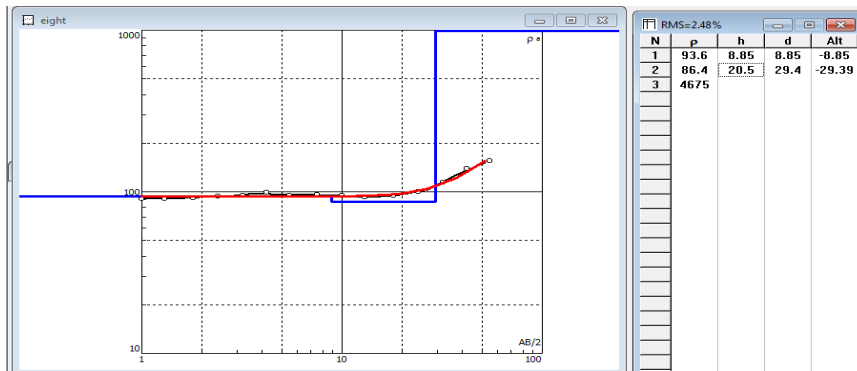


Fig. 3.8: VES 8

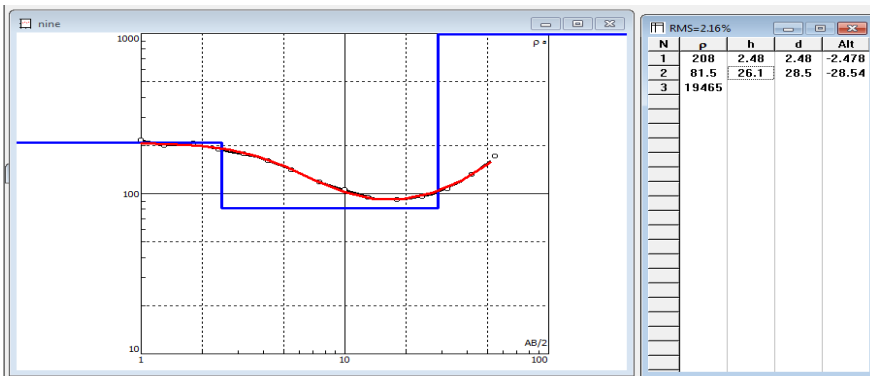


Fig. 3.9: VES 9

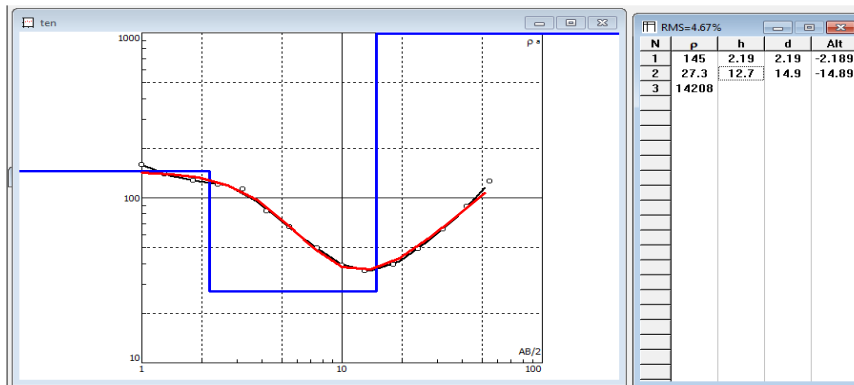


Fig. 3.10: VES 10

3.1 CONDUCTIVITY AND SALINITY OF WATERS [1]

Conductivity (siemens) = 1/resistivity (ohm.m)

Usual unit of conductivity = microS/cm

Conductivity (microS/cm) = 10^4 /resistivity (ohm.m)

Salinity (mineralization): Total Dissolved Salt (TDS)

TDS (mg/l) = 0.7 × Conductivity (microS/cm)

Usual rule for drinkable water is that salinity must be less than 700mg/l (salinity < 700mg/l) [1]

Table 3.1: Numerical values for various types of water [7]

Type of water	Resistivity(ohm.m)	Conductivity (microS/cm)	Salinity (mg/l)
Very fresh	200	50	35
Fresh	20	500	350
Salted	10	1000	700
Very salted (sea water)	0.3	30000	21000

4 RESULTS AND DISCUSSION

Table 4.1: Summary of VES Interpretation

VES	LAYER	RESISTIVITY (Ωm)	THICKNESS (m)	DEPTH (m)	Probable LITHOLOGY	CURVE TYPE	CORDINATES	ELEVATIONS (m)
1	1	236	0.5	0.5	Topsoil	QH	Latitude	327
	2	211	5.36	5.41	Lateritic clay		7.8172°N	
	3	69.9	9.31	15.2	Weathered basement		Longitude	
	4	2090	-	-	Fresh basement		3.9521°E	
2	1	128.3	2.8	2.8	Topsoil	KH	Latitude	319
	2	181.8	3.333	6.133	Lateritic clay		7.8176°N	
	3	25.21	10.38	16.52	Weathered basement		Longitude	
	4	11243	-	-	Fresh basement		3.9514°E	
1	1	112	1.42	1.42	Topsoil		Latitude	

3	2	285	1.79	3.22	Lateritic clay	KH	7.8191°N	340
	3	42.2	23.7	26.9	Weathered basement			
	4	11243	-	-	Fresh basement		Longitude 3.9510°E	
4	1	215	3.21	3.21	Topsoil	H	Latitude 7.8191°N	319
	2	24.3	13.3	16.5	Weathered basement			
	3	11243	-		Fresh basement		Longitude 3.9496°E	
5	1	422	0.5	0.5	Topsoil	H	Latitude 7.8174°N	351
	2	98.6	41.6	42.1	Weathered basement			
	3	16478	-	-	Fresh basement		Longitude 3.9508°E	
6	1	423	0.5	0.5	Topsoil	H	Latitude 7.8168°N	366
	2	98.7	41.3	41.8	Weathered basement			
	3	6694	-	-	Fresh basement		Longitude 3.9510°E	
7	1	239	0.5	0.5	Topsoil	H	Latitude 7.8167°N	365
	2	87.6	27.8	28.3	Weathered basement			
	3	16269	-	-	Fresh basement		Longitude 3.9502°E	
8	1	93.6	8.85	8.85	Topsoil	H	Latitude 7.8174°N	337
	2	86.4	20.5	29.4	Weathered basement			
	3	4675	-	-	Fresh basement		Longitude 3.9500°E	
9	1	208	2.48	2.48	Topsoil	H	Latitude 7.8180°N	366
	2	81.5	26.1	28.5	Weathered basement			
	3	19465	-	-	Fresh basement		Longitude 3.9501°E	
10	1	145	2.19	2.19	Topsoil	H	Latitude 7.8179°N	368
	2	27.3	12.7	14.9	Weathered basement			
	3	14208	-	-	Fresh basement		Longitude 3.9514°E	
11	1	829	1.59	1.59	Topsoil	HK	Latitude 7.8185°N	330
	2	221	2.74	4.33	Lateritic clay			
	3	339	8.75	13.1	Weathered basement		Longitude 3.9524°E	
	4	256	-	-	Fractured basement			
12	1	543	1.39	1.39	Topsoil	QH	Latitude 7.8194°N	337
	2	34.9	5.78	7.16	Lateritic clay			
	3	16.8	15.1	22.2	Weathered basement			
	4	299	-	-	Fractured basement		Longitude 3.9518°E	

DETERMINATION OF LITHOLOGY AND GROUNDWATER QUALITY IN AWE, OYO STATE, NIGERIA, USING RESISTIVITY METHOD

13	1	122	0.589	0.589	Topsoil	QH	Latitude	343
	2	56.4	1.37	1.96	Lateritic clay		7.8204°N	
	3	17.1	19.2	21.2	Weathered basement			
	4	6008	-	-	Fresh basement		Longitude 3.9520°E	
14	1	133	0.955	0.955	Topsoil	QH	Latitude	350
	2	106	3.57	4.53	Lateritic clay		7.8195°N	
	3	8.99	10.1	14.6	Weathered basement			
	4	6008	-	-	Fresh basement		Longitude 3.9526°E	
15	1	280	1.27	1.27	Topsoil	QH	Latitude	360
	2	108	1.51	2.78	Lateritic clay		7.8199°N	
	3	38.8	36.7	39.5	Weathered basement			
	4	6008	-	-	Fresh basement		Longitude 3.9530°E	
16	1	152	0.5	0.5	Topsoil	QH	Latitude	366
	2	63.9	5.3	5.8	Lateritic clay		7.8204°N	
	3	29.8	10.1	15.9	Weathered basement			
	4	6008	-	-	Fresh basement		Longitude 3.9527°E	
17	1	198	1.95	1.95	Topsoil	KH	Latitude	364
	2	263	1.95	3.9	Lateritic clay		7.8195°N	
	3	49.8	5.37	9.27	Weathered basement			
	4	182	-	-	Fractured basement		Longitude 3.9545°E	
18	1	216	0.5	0.5	Topsoil	QH	Latitude	375
	2	111	1.78	2.28	Lateritic clay		7.8200°N	
	3	70.9	30.8	33.1	Weathered basement			
	4	547	-	-	Fractured basement		Longitude 3.9537°E	
19	1	146	1.54	1.54	Topsoil	KH	Latitude	369
	2	406	1.38	2.92	Lateritic clay		7.8187°N	
	3	33.8	3.01	5.92	Weathered basement			
	4	256	-	-	Fractured basement		Longitude 3.9540°E	
20	1	278	1.58	1.58	Topsoil	QH	Latitude	370
	2	124	3.03	4.61	Lateritic clay		7.8183°N	
	3	21.9	7.93	12.5	Weathered basement			
	4	5718	-	-	Fresh basement		Longitude 3.9534°E	

Table 4.2: TDS value for each station

VES Station	TDS (mg/l)
1	100.143
2	277.668
3	165.877
4	288.066
5	70.994
6	169.492
7	79.909
8	81.019
9	85.89
10	256.41
11	27.344
12	23.411
13	409.357
14	778.643
15	180.412
16	234.899
17	38.462
18	12.797
19	27.343
20	319.635

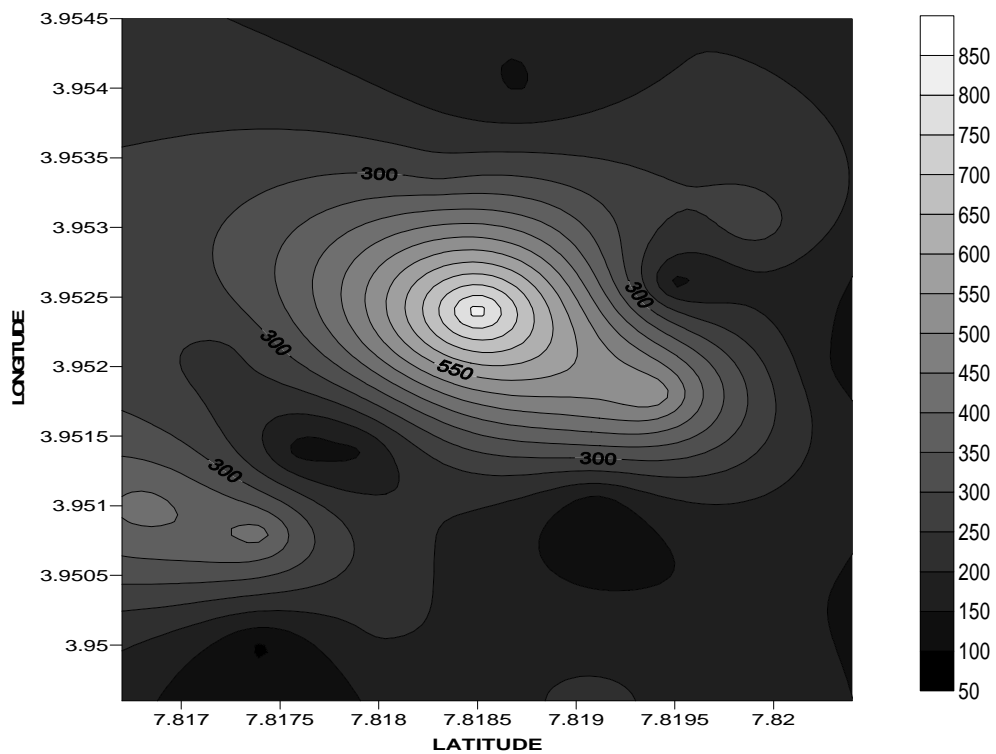


Fig. 4.1: Top Soil Iso-resistivity

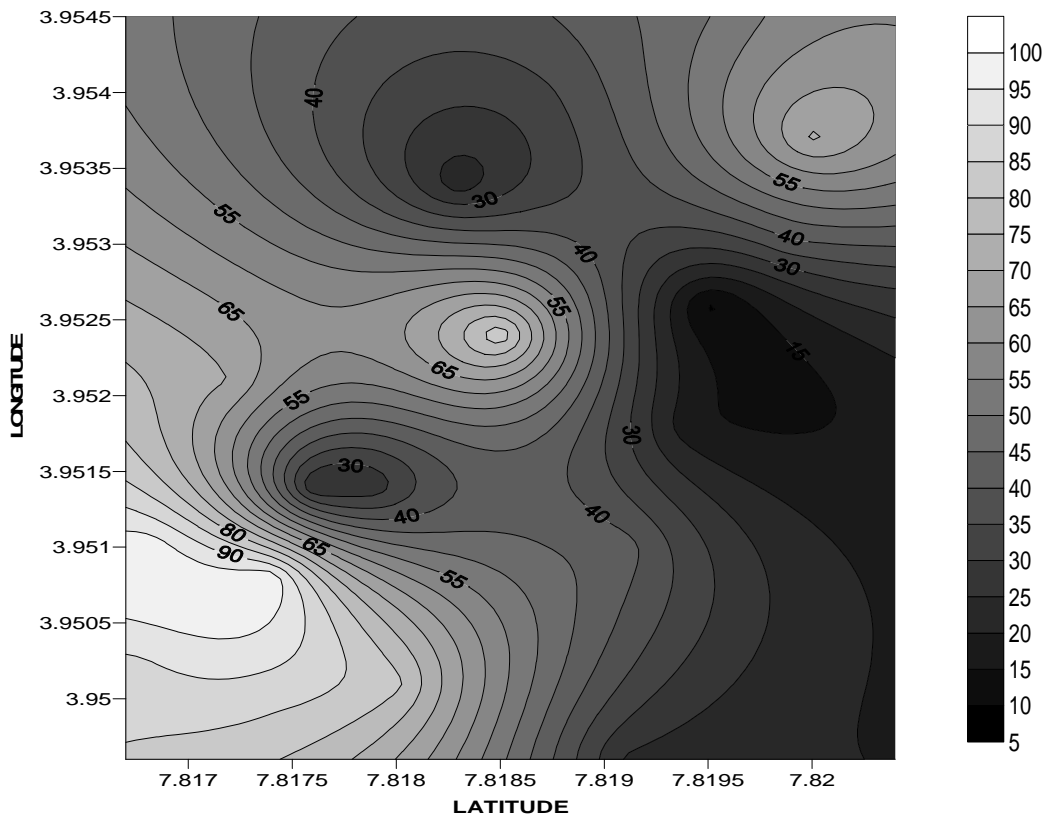


Fig. 4.2: Weather Layer Iso-resistivity

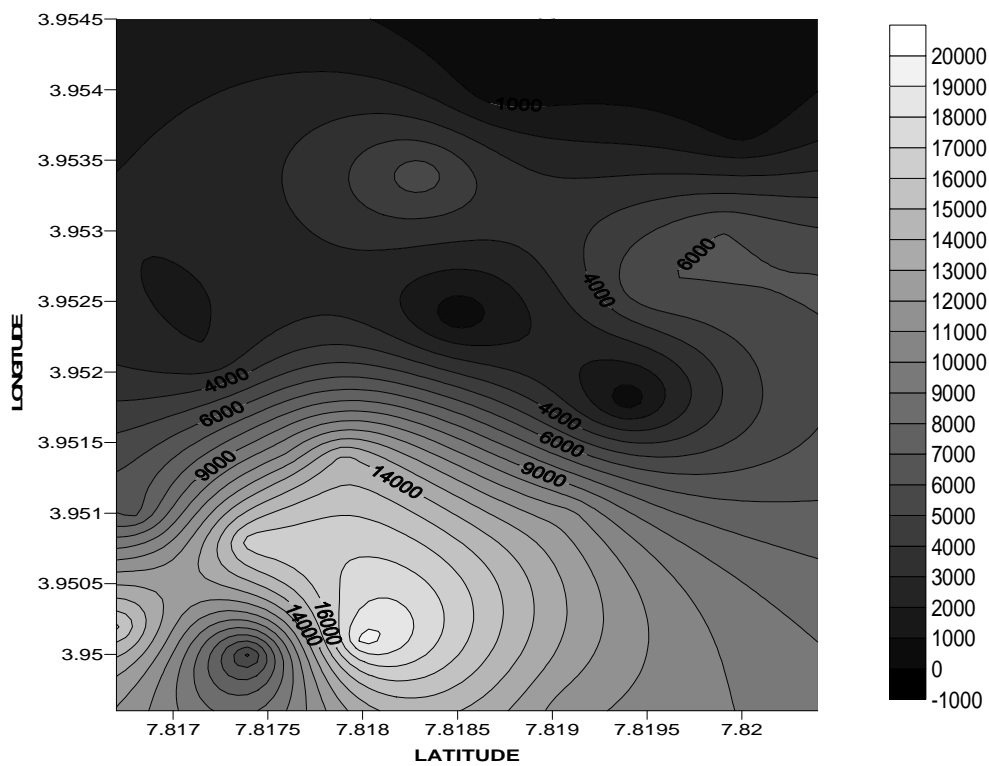


Fig. 4.3 iso-resistivity of basement layer

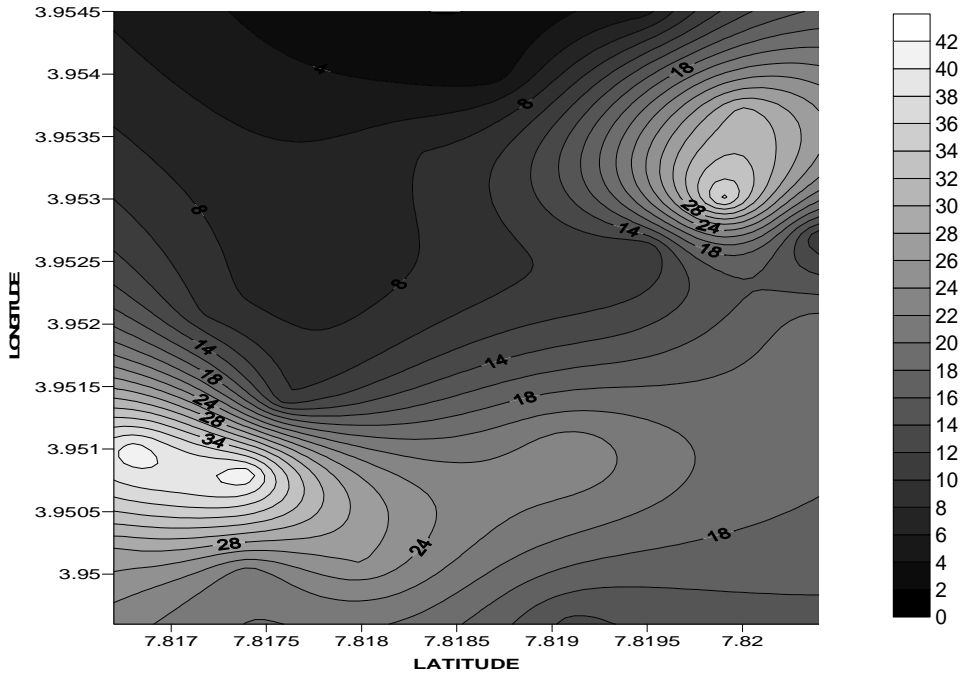


Fig.4.4: Weather Layer Thickness

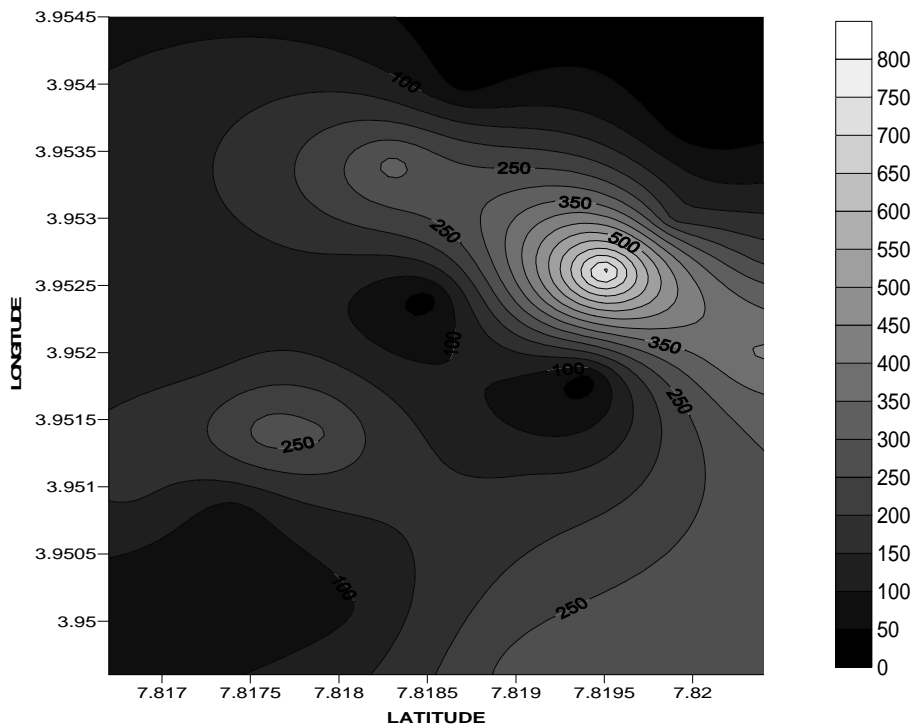


Fig. 4.5: TDS map

5 CONCLUSION

The results from geoelectric sounding to determine the lithology and groundwater quality in Awe, Oyo State, Southwestern Nigeria have been presented. The interpretation results obtained from the study area shows the sequence and relationships between the subsurface lithologies. VES test revealed three subsurface geoelectric layers (top soil, weathered layer and fresh layer) at VES stations 4, 5, 6, 7, 8, 9 and 10, and four subsurface geoelectric layers (top soil, lateritic clay, weathered layer and fracture/fresh layer) at VES stations 1, 2, 3, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 and 20. The iso-resistivity

of topsoil, weathered layer, basement layer and thickness of the weathered layer is also presented showing variations in their values from one VES point to the other (as seen in fig. 4.1 – 4.4).

The interpretation results obtained from the study area also show the ground water salinity which help to determine the ground water quality. It is seen that all the VES stations have a Very Fresh groundwater quality except VES 19 and 20 that have a Fresh and a Salted groundwater quality respectively (as seen in fig. 4.5).

The research has shown that in basement environment, Vertical Electrical Sounding (VES) have proved to be very reliable for the determination of lithology and groundwater quality.

It is envisaged that the findings of this work will provide reliable background information for an elaborate groundwater development in in Awe, Oyo State, South western Nigeria.

REFERENCES

- [1] Bernard J., 2003. Short Note on the Principles of Geophysical Methods for Groundwater Investigation, www.Terraplus.com.
- [2] Choudhury, K., D.K. Saha and P. Chakraborty, 2001. Geophysical study for saline water intrusion in a coastal alluvial terrain. *J. Appl. Geophysics*, 46: 189–200
- [3] Emenike, E.A., 2001. Geophysical Exploration for Groundwater in a Sedimentary Environment: A Case Study from Nanka over Nanka Formation in Anambra Basin, Southeastern Nigeria. *Global J. Pure Appl. Sci.*, 7: 1
- [4] Frohlich, R.K. and D. Urish, 2002. The use of geoelectrics and test wells for the assessment of groundwater quality of a coastal industrial site. *J. Appl. Geophysics*, 50: 261–78
- [5] Liu, S. and T.J. Yeh, 2004. An Integrative Approach for Monitoring Water Movement in the Vadose Zone. *Vadose Zone J.*, 3: 681–92
- [6] Matias, M.J.S., 2002. Squary array anisotropy measurements and resistivity sounding interpretation. *J. Appl. Geophysics*, 49: 185–94
- [7] Mbiimbe, E. Y., Samaila, N. K. and Akanni, D. K. (2010), Groundwater exploration in a basement complex terrain using electrical resistivity sounding (VES); A case study of Rimin Gado and environ, Kano State, Northcentral Nigeria. *Continental J. Earth Sciences*, 5(1): 56 - 63
- [8] Muhammad A., Cheema J.M. and Shafique A. 2007. Determination of Lithology and Groundwater Quality Using Electrical Resistivity Survey. *International Journal of Agriculture & Biology*. Vol. 9, No. 1, pg 143–146.

CARACTERISATION ANATOMIQUE ET CHIMIQUE DU RONIER (BORASSUS AETHIOPUM MART., ARECACEAE) DU TCHAD / AFRIQUE CENTRALE

[ANATOMICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF TALL-PALM (BORASSUS AETHIOPUM MART., ARECACEAE) OF CHAD / CENTRAL AFRICA]

Kimtangar NGARGUEUEDJIM¹, Elisée MBAYNGONE², Ngarmaïm NADJITONON¹, Bruno BASSA¹, Nétodjiro ALLARABEYE¹, Jean-François DESTREBECQ³, Rostand MOUTOU PITT³, and Roudier AGNES⁴

¹Laboratoire d'Etude et de Recherche en Techniques Industrielles (LERTI),
Faculté des Sciences Exactes et Appliquées, Université de N'Djaména, N'Djaména, Tchad

²Laboratoire de Botanique Systématique et Ecologie Végétale,
Faculté des Sciences Exactes et Appliquées, Université de N'Djaména, N'Djaména, Tchad

³Laboratoire de Mécanique et Ingénieries (Génie Civil),
Université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand, Campus des Cezaux, Aubière Cedex, France

⁴Institut Français de Mécanique Avancée (IFMA),
Université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand, Campus des Cezaux, Aubière Cedex, France

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 tall-palm is a woody tree which one found in islets of stand in the natural vegetation in the localities of Ngam, Goundi, Kimri, Houndouma in Chad. Its trunk, being able to exceed 15m height, is used in the frames of the traditional and semi-modern housings. However, little of scientific and technical works have been performed on this wood to allow its rational use. This paper focuses on the determination of its anatomic and chemical features for the understanding of the physical and mechanic behavior of this wood.

Anatomical analyses allowed us to quantify by mean 124 fibers per cm² in the duramen and 77 fibers per cm² in the sapwood. Chemical analyses performed equally allowed to determine a mean rate of:

- 63.21 % of cellulose in the duramen and 61.89 % in the sapwood;
- 9.60 % of hemicelluloses in the duramen and 11.32% % in the sapwood;
- 19.36% of lignin in the duramen and 19.68% in the sapwood.

KEYWORDS: Tall-palm, woody tree, chemical characteristic, fiber, Cellulose, Hemicellulose, Lignin.

RÉSUMÉ: Le palmier rônier est un arbre ligneux qu'on trouve en ilots de peuplement dans les formations naturelles dans les localités de Ngam, Goundi, Kimré, Houndouma au Tchad. Son stipe, pouvant dépasser 15m de hauteur, est utilisé dans les charpentes des habitats traditionnels et semi-modernes. Cependant, peu de travaux scientifiques et techniques ont été réalisés sur ce bois pour permettre son utilisation rationnelle. Le présent travail porte sur la détermination de ses caractéristiques anatomiques et chimiques en vue de la compréhension du comportement physique et mécanique de ce bois. Les analyses structurales réalisées nous ont permis de quantifier en moyenne 124 fibres au cm² pour le duramen et 77 fibres au cm² pour l'aubier.

Les analyses chimiques réalisées nous ont également permis de déterminer un taux moyen :

- de cellulose de 63,21% dans le duramen et de 61,89% dans l'aubier ;

- d'hémicellulose de 09,60% dans le duramen et de 11,32% dans l'aubier ;
- de lignine de 19,36% dans le duramen, de 19,68% dans l'aubier.

MOTS-CLEFS: Rônier, Arbre ligneux, Caractéristique chimique, Fibre, Cellulose, Hémicellulose, Lignine.

1 INTRODUCTION

Le bois de rônier (*Borassus aethiopum* Mart.) est utilisé diversement comme des lattes et comme des éléments de poutraison, des charpentes et des poutres dans la construction des habitats traditionnels et semi-modernes.

Son utilisation au Tchad se fait de manière artisanale sans connaissance de ses caractéristiques techniques. Il est un matériau à structure ligneuse serrée caractéristique aux palmiers. Son stipe (tronc) se compose, de l'extérieur vers l'intérieur, d'une mince écorce protectrice, d'une couche très dure de couleur brune appelée duramen, d'une couche brunâtre appelée aubier et du cœur spongieux (tendre).

Une estimation à l'œil nu fait apparaître que dans la zone du duramen le nombre des fibres avoisine 80 par cm² et 40 par cm² dans la zone de l'aubier.

Le rônier est un bois qui résiste bien aux termites. Il peut conserver son intégrité en usage pendant plusieurs siècles [1]. En Afrique subsaharienne, particulièrement au Tchad, le rônier représente un potentiel économique important et est disponible en îlots de peuplements dans les formations naturelles dans les localités de Ngam, Goundi, Kimré, Houndouma au Tchad.

La forme d'usage du rônier au Tchad ne participe pas à son utilisation rationnelle car le gain facile conduit à des abattages des jeunes individus. La connaissance de ses propriétés physiques et mécaniques permettrait de régler l'âge d'abattage, d'optimiser les sections des éléments de charpentes, de lattes et des poutres, et voire les recommander pour les applications comme armature dans les bétons. Or ces caractéristiques dépendent fortement des caractéristiques structurales et chimiques. Le présent travail vise donc la détermination des taux des fibres, de la cellulose, d'hémicellulose et de la lignine dans les trois parties du rônier (duramen, aubier et le cœur).

2 MATÉRIAU DE L'ÉTUDE

Le matériel végétal de l'étude est une grume (tronc découpé) d'un rônier mâle âgé d'environ 40 ans abattu à Houndouma, un village au sud de N'Djaména, situé à 11°51,33' de latitude Nord et 11°04,45' de longitude Est. D'une hauteur moyenne de 12m et de diamètre moyen de 130cm, l'échantillon à une hauteur utile de 4m à 1m du sol.

3 MÉTHODOLOGIE

3.1 THÉORIES

3.1.1 DE L'ÉTUDE STRUCTURALE (ANATOMIQUE)

Pour étudier les caractéristiques morphologiques des tissus et la façon dont ils sont disposés les uns par rapport aux autres, il est nécessaire de définir le plan ligneux de l'espèce. Ce plan est généralement analysé à partir de trois directions de coupe (figure 1):

- Axiale: plan perpendiculaire à l'axe de la tige (formé par les directions tangentielle et radiale) ;
- Radiale : plan passant par la moelle (formé par les directions tangentielle et axiale) ;
- Tangentiel : plan excentré et parallèle à l'axe de la tige (direction radiale et direction axiale).

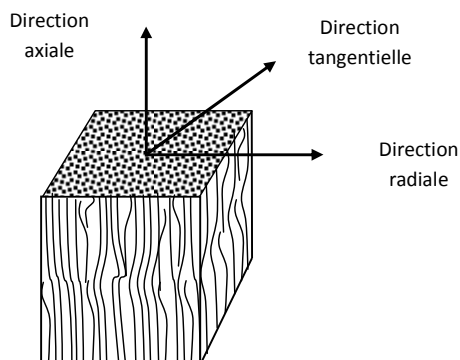


Figure 1 : Les 3 directions perpendiculaires définissant le plan ligneux

Le rônier est un matériau bio polymère assimilable à un matériau composite naturel. Sa structure tissulaire est organisée [1]. Son stipe est constitué de nombreux faisceaux cribro-vasculaires (tissus conducteurs) entourés d'une gaine de sclérenchyme (tissu de soutien), noyés dans le parenchyme fondamental. C'est cet ensemble qui confère la consistance dure au bois de rônier. De l'extérieur vers l'intérieur, le stipe (photo1) est composé :

- d'une écorce constituée des cellules mortes,
- du duramen : la partie correspondant aux zones d'accroissement les plus anciennement formées, qui ne comportent plus de cellules vivantes appelé généralement "bois parfait". Il s'agit d'un bois dur, compact, dense, sec et imputrescible. Il est le plus souvent sombre et occupe les couches externes sous l'écorce.
- de l'aubier : la partie généralement moins dur que le duramen et de couleur blanchâtre qui correspond aux zones d'accroissement les plus récemment formées. Il contient des cellules vivantes.
- du cœur ou moelle : la partie centrale spongieuse qui est très riche en eau et en hydrate de carbone.

Le duramen et l'aubier constituent le bois proprement dit ayant une forme de couronne.

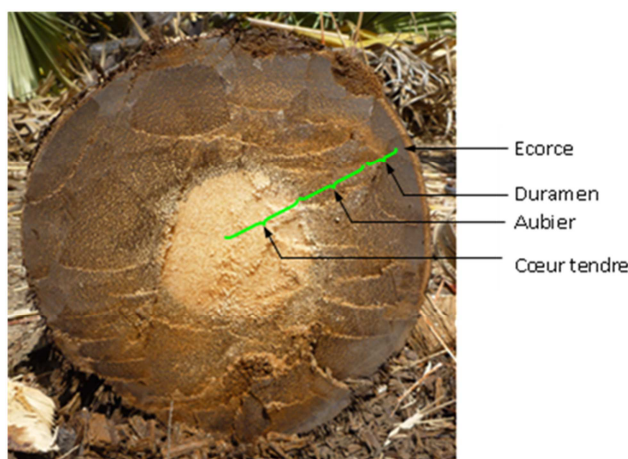
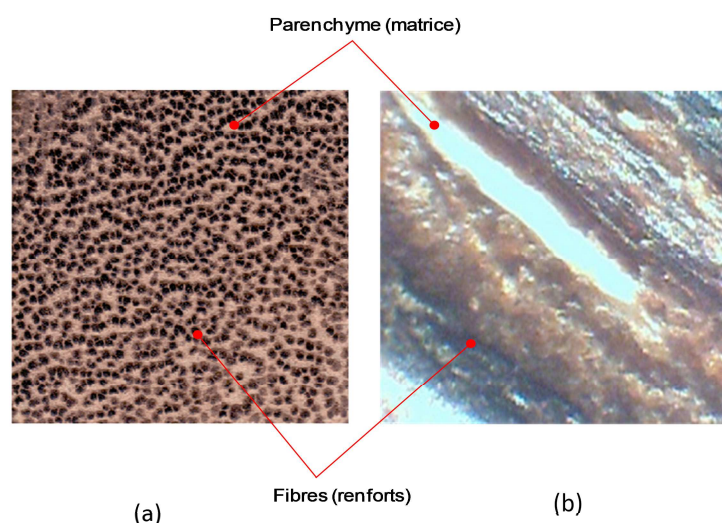


Photo 1 : Structure du bois de rônier [2]

De la hauteur de 1m du sol à 4m de longueur utile du bois de rônier, l'épaisseur du bois (duramen + aubier) vaut 8 à 10cm selon l'âge de l'arbre. L'observation microscopique révèle que le bois de rônier présente une structure de cellules régulièrement arrangées. Matériau composite naturel, le rônier est formé :

- Des fibres ou cellules allongées (trachéides) disposées dans le sens longitudinal du tronc, visibles à l'œil nu ; leurs longueurs sont variables et peuvent atteindre une cinquantaine de centimètre. En général, les fibres assurent le rôle de soutien mais dans une moindre mesure de conduction de sève brute. Elles constituent les renforts reliés entre eux par l'hémicellulose. Elles sont imprégnées de lignine [3]

- Des parenchymes formés des cellules généralement appelées rayons médullaires dans laquelle sont noyées les fibres du bois rônier ; plus mous que les tissus fibreux, ils permettent leur adhésion et assure la forme du bois. Une vue microscopique dans la direction transversale et longitudinale des fibres est donnée par la photo 2.



**Photo 2 : Photographie montrant les fibres et les parenchymes :
(a) : vue transversale, (b) : vue longitudinale des fibres [2]**

3.1.2 DE L'ÉTUDE CHIMIQUE

Au cours de la formation du bois par les méristèmes primaires et secondaires, le bois devient de plus en plus important au point de repousser les autres tissus périphériques de l'écorce pour occuper tout l'espace du tronc. Toutefois chez le rônier le tissu ligneux et la moelle demeurent distincts durant toute la vie de l'arbre.

Un bois est en général composé de trois (3) grands types de macromolécules qui s'entrecroisent dans une fibre, la cellulose (C), les hémicelluloses (HC) et la lignine (L). On trouve également dans ce matériau des composés chimiques tels que les minéraux, l'amidon et les protéines que l'on appelle matières extractibles.

La cellulose est le composé principal du bois (environ 50%) et constitue sa base structurale. La cellulose est un glucide constitué d'un enchaînement de cycles glucopyranose, dont la formule moléculaire est $(C_6H_{10}O_5)_n$. Principal constituant des fibres, la cellulose est très résistante aux dégradations physiques et chimiques. L'hémicellulose est le deuxième composant d'une paroi pectocellulosique chez les végétaux, après la cellulose. Elle est faite de monomères glucidiques anhydres. Elle constitue le principal liant dans la structure pariétale des végétaux. Elle se distingue de la cellulose par sa chaîne ramifiée rendant sa structure fragile. La lignine représente, en moyenne 15 à 35% des tissus végétaux. Elle forme un complexe avec les autres composés de type polysaccharides dans un bois. Elle est en fait, ce qu'on pourrait appeler la "colle" du bois, car elle relie ensemble les structures de cellulose et d'hémicellulose. La présence de la lignine dans la paroi cellulaire rend le bois mécaniquement très résistant et permet à certains arbres d'atteindre une hauteur de plus de 100m [1]. Elle est différente suivant la nature du bois, la croissance et la morphologie de l'arbre.

Les extractifs ne font pas partie intégrante de la paroi cellulaire. Ils sont facilement éliminés par des solvants naturels. Ils comprennent plusieurs substances chimiques telles que les graisses, les composés aromatiques, les huiles volatiles, les alcools à haut poids moléculaires et acides gras. Ce sont la cellulose et l'hémicellulose qui confèrent à la cellule végétale sa rigidité.

3.2 APPAREILLAGE ET MÉTHODOLOGIE

3.2.1 DE L'ÉTUDE STRUCTURALE

Les travaux sur la structure du bois rônier ont été réalisés au Laboratoire de Génie Civil de l'Université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand.

L'étude de la proportionnalité des fibres dans le bois de rônier est réalisée sur deux éprouvettes, l'une extraite de la partie duramen et l'autre de l'aubier. Leurs sections droites sont préalablement poncées avec des papiers abrasifs à grains fins (P240 et P400) et nettoyées à l'acétone. Une photographie de ces sections droite est réalisée sur une surface de 1cm x 1cm à 4800 dpi, puis scannée pour l'agrandissement.

Pour chaque image obtenue, nous avons :

- Numéroté les fibres entières dans la surface ainsi que les fibres coupées se trouvant sur le contour de la surface concernée (Image 1).

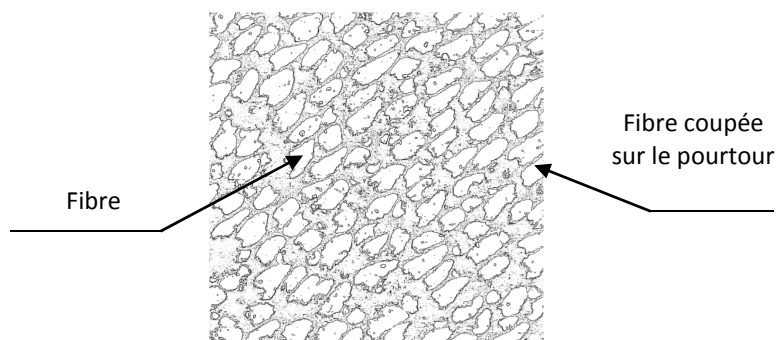


Image 1 : Coupe du duramen (1cmx1cm 4800dpi)

- Mesuré les fibres entières uniquement en inscrivant son contour dans un rectangle de grande dimension b et de petite dimension a (figure 2). Ces mesures des dimensions permettent de calculer le facteur de forme (b/a) de la fibre.
- Saisi des données dans un fichier Excel (une feuille par coupe), les numéros des fibres, leurs petites et grandes dimensions puis le facteur de forme.

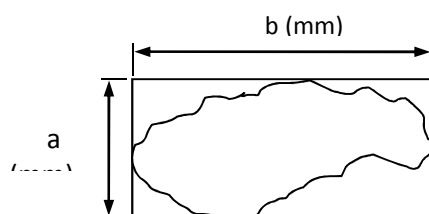


Figure 2 : Détermination de l'encombrement d'une fibre par la méthode du rectangle circonscrit.

3.2.2 DE L'ÉTUDE CHIMIQUE

Les teneurs en cellulose, hémicellulose et en lignine sont estimées par la méthode de Van Soest et Wine au Laboratoire de Mécanique et Ingénieries (LaMI) de l'Institut Français de la Mécanique Avancée (IFMA) de l'Université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand. Cette méthode gravimétrique est basée sur la différence de solubilité des constituants dans deux types de détergents: NDF (Neutral Detergent Fiber) et ADF (Acid detergent Fiber). Elle se pratique à partir d'échantillons préalablement séchés ($MS \geq 85\%$), réduits sous forme de poudre afin de rendre le milieu homogène possible [3]. Le broyage de la matière (rônier) en poudre a été effectué grâce au broyeur à couteaux cyclotec.

Cette méthode permet d'obtenir une estimation des teneurs en composés pariétaux: lignine (L), cellulose (C), hémicellulose (HC). Ces estimations sont faites selon les deux schémas de principe de la figure 3.

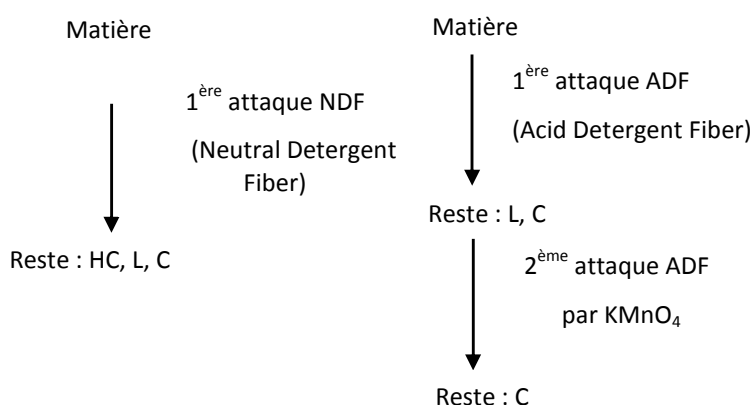


Figure 3 : Schéma du principe de la méthode de Van Soest et Wine d'estimation des composés pariétaux

Les réactions ADF et NDF sont effectuées sur l'appareil Fibertec System M-Hot extractor. Seule l'attaque de la lignine s'effectue sur l'appareil Fibertec System M-Cold extractor.

La préparation des réactifs (solutions NDF, ADF...) et le principe de dosage relatif aux résultats expérimentaux sont décrits dans les textes d'origine.

Par différence de masse, on remonte aux teneurs en hémicelluloses, lignines et cellulose par rapport à la matière minérale des échantillons.

Les relations ci-dessous ont servi aux calculs des grandeurs recherchées.

$$\text{- La teneur de la matière minérale d'un échantillon : } MM_i(\%) = 100 \times (C_2 - C_0) / (C_1 - C_0) \quad (1)$$

Avec c_0 la masse du creuset vide (g), c_1 la masse du creuset plein (g), c_2 la masse du creuset calciné (g).

Cette matière minérale se calcule aussi pour le résidu des réactifs ADF ($i = a$), que pour le résidu de la réactif NDF ($i = n$).

$$\text{- La teneur d'humidité : } H(\%) = 100 \times (m_1 - m_2) / (m_1 - m_0) \quad (2)$$

$$\text{- La teneur en matière sèche d'un échantillon : } MS(\%) = 100 - H = 100 \times (m_2 - m_0) / (m_1 - m_0) \quad (3)$$

- La teneur en cellulose par rapport à la matière sèche de l'échantillon :

$$C(\%) = 100 \times (f_3 - f_0) (1 - MM_a / 100) / (MS \times (f_1 - f_0) / 100) \quad (4)$$

Avec f_0 la masse du fritté vide (g), f_1 la masse du fritté plein (g), f_3 la masse du fritté sec après l'attaque de la lignine au permanganate de potassium (g), MM_a la matière minérale (avec la réaction ADF).

- La teneur en lignine par rapport à la matière sèche de l'échantillon :

$$L(\%) = 100 \times (f_2 - f_3) / (MS \times (f_1 - f_0) / 100) \quad (5)$$

- La teneur en hémicellulose par rapport à la matière sèche de l'échantillon :

$$HC(\%) = 100 \times [f_2 - f_0 - (M_s \times (f_1 - f_0) / 100) \times ((MM_n + C + L) / 100)] / (MS \times (f_1 - f_0) / 100) \quad (6)$$

Avec f_0 , f_1 et f_2 les masses du fritté sec de la réaction NDF en gramme, et MM_n la matière minérale (avec la réaction NDF).

Nous avons réalisé l'analyse chimique sur la partie « aubier » et sur le bois parfait « duramen ».

4 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

4.1 DE L'ÉTUDE STRUCTURALE DU BOIS RONIER

Le duramen comporte 124 fibres entières au centimètre carré de section, contre 77 pour l'aubier. Les fibres du duramen apparaissent ainsi plus denses que celles de l'aubier. Les courbes de la figure 4 traduisent l'évolution des tailles des fibres.

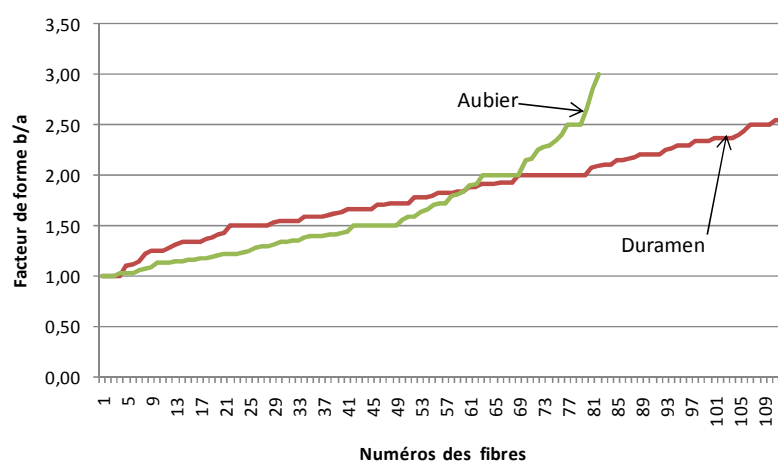


Figure 4 : Evolution du facteur de forme des fibres

Les valeurs du facteur de forme sont comprises entre 1 à 3 pour l’aubier et entre 1 à 2,50 pour le duramen. La valeur moyenne du facteur de forme est de $1,59 \pm 0,47$ pour l’aubier et $1,90 \pm 0,48$ pour le duramen.

En effet, la dureté du duramen est non seulement due aux fibres ligneuses mais aussi à la structure du sclérenchyme (tissu de soutien) qui est aussi lignifié [3]. Par contre, l’aubier renferme aussi des fibres, mais à parois pecto-cellulosique moins rigide. Ce qui est d’ailleurs confirmé par les caractéristiques dimensionnelles qui sont différentes.

4.2 DE L’ETUDE CHIMIQUE DU BOIS RONIER

Les tableaux 2 et 3 présentent les valeurs des différentes masses des échantillons obtenues au cours de l’expérimentation.

Tableau 2 : Valeurs expérimentales des essais chimiques

	1 ^{ère} attaque NDF						
	f ₀ (g)	f ₁ (g)	f ₂ (g)	c ₀ (g)	c ₁ (g)	c ₂ (g)	
Aubier	38,1328	39,1354	38,9882	14,9331	15,7408	14,9352	
Duramen	37,6518	38,6892	38,5206	12,8453	13,6610	12,8537	
	1 ^{ère} attaque ADF			2 ^{ème} attaque ADF			
	f ₀ (g)	f ₁ (g)	f ₂ (g)	f ₃ (g)	c ₀ (g)	c ₁ (g)	c ₂ (g)
Aubier	38,0771	39,0844	38,8349	38,6530	12,6688	13,2152	12,6725
Duramen	38,6652	39,7064	39,4460	39,2637	11,8492	12,4185	11,8526

Tableau 3 : Données pour les calculs des matières sèches

	m ₀ (g)	m ₁ (g)	m ₂ (g)
Aubier	35,2470	36,7501	36,6062
Duramen	35,7954	37,3106	37,1855

Ces valeurs ont servi à calculer le taux de cellulose, de la lignine et de l’hémicellulose (tableau 4) en appliquant les relations (1), (2), (3), (4), (5), (6).

Tableau 4 : Taux de teneurs en cellulose, lignine et hémicellulose

	MS (%)	MMn (%)	MMa (%)	C (%)	L (%)	HC (%)	Extractifs
Aubier	91,74	0,26	0,67	61,89	19,68	11,32	7,11
Duramen	90,42	0,46	0,6	63,21	19,36	9,60	7,83

Ces résultats montrent que le taux de cellulose est supérieur par rapport aux taux de lignine et d'hémicellulose quelle que soit la partie du bois considéré. Le duramen contient un taux de cellulose plus élevé que l'aubier. Par contre le taux d'hémicellulose dans l'aubier est légèrement supérieur à celui du duramen. La proportion des matières extractives est quasiment la même dans les deux parties utiles du bois rônier.

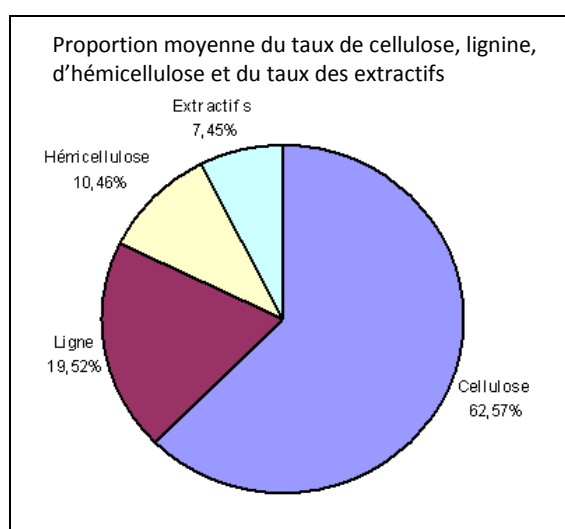


Figure 5 : Proportions des composés pariétaux dans le bois de rônier

En faisant la moyenne des différents taux de l'aubier et du duramen, on déduit que le bois de rônier est constitué d'environ 62,57% de cellulose, 19,52% de lignine, 10,46% d'hémicellulose et 7,45% d'extractifs (figure 5).

Le taux élevé de la cellulose est tout à fait compréhensible, car toutes les parois cellulaires renferment d'abord la cellulose avant la lignification. Or chez le rônier, même les structures lignifiées sont noyées dans le parenchyme fondamental qui est aussi cellulosique [3].

Il ressort que les parois du bois de rônier sont constituées chimiquement de deux composés de base : le réseau microfibrillaire de cellulose qui représente les renforts et la matrice regroupant principalement les lignines et l'hémicellulose qui constitue un ciment occupant l'espace entre les fibres. Les taux importants de ces deux macromolécules (cellulose et lignine) dans le bois de rônier contribuent à sa résistance.

La cellulose, du fait de sa structure de base en forme de chaîne de grande rigidité peut s'associer parallèlement en une structure microfibrillaire plus ou moins cristalline. Cette géométrie leur permet de s'entasser et de se lier les unes aux autres pour former la microfibrille (fibre primaire). Cette structure compacte et très ordonnée est due aux nombreuses liaisons hydrogènes intramolécules et intermolécules à l'intérieur de la structure. Principal constituant de la fibre, la cellulose confère au bois rônier sa structure très dense en fibres et très compacte ainsi que sa grande résistance aux dégradations chimiques et physiques. Cette résistance aux dégradations est renforcée par la lignine qui est un biopolymère stable vis-à-vis de la chaleur et des agents de modification physique et biologique de la structure cellulaire [6].

5 CONCLUSION

Cette étude qui est une première pour le Tchad a permis de montrer que la dureté du bois rônier est due à la densité des fibres des fibres dans le duramen (124/cm²) et dans l'aubier (77/cm²).

Ces fibres sont parfois à parois cellulosiques ou lignifiées. Globalement, le bois rônier est constitué d'environ 62,57% de cellulose, 19,52% de la lignine et 10,46% de l'hémicellulose. Le taux de la cellulose supérieur à la norme (50%) traduit l'état jeune du pied étudié.

Des études ultérieures sur un grand nombre d'échantillonnages permettront d'avoir les taux moyens de référence de ces différents constituants chimiques du bois rônier du Tchad afin d'orienter les exploitants sur l'âge d'abattage.

Cette connaissance des caractéristiques structurales et chimiques du bois rônier en tant qu'un matériau permettra de comprendre ses propriétés physiques et mécaniques ainsi que la plupart des variations de qualité en se basant sur leurs légères variations.

REMERCIEMENT

Nous tenons à remercier La Direction des Forêts et de la Lutte contre la Désertification pour avoir bien voulu nous délivrer, par deux reprises, les autorisations de prospection et prélèvement d'un pied mâle de rônier à Houndouma et un autre à Malfana.

Nos remerciements vont à l'endroit des habitants de ces deux localités et le Service des Eaux et Forêt de Mandéla qui nous ont prêté main forte pour la réussite de nos deux missions.

Ces remerciements s'adressent à notre Université pour avoir financé le projet de recherche ayant abouti à la rédaction de cet article.

Nous n'oublions pas l'AUF qui a accepté de financer le séjour de stage de Allarabeye Nétodjiro au Laboratoire de Génie Civil de l'Université Blaise Pascal de Clermont - Ferrand.

Nous remercions également le Pr Jean-François Destrebecq et Le Mc Rostand Moutou Pitti pour avoir bien voulu accepté Allarabeye Nétodjiro dans leur Laboratoire.

REFERENCES

- [1] **Diallo A. K. et al, 1998.** Problématique de la gestion durable du rônier dans la sous-région Ouest-africaine. Atelier technique sur le rônier en République de Guinée Conakry. www.ananzie.net.
- [2] **Allarabeye N., 2010.** Caractérisation structurale, physico-chimique et mécanique du rônier, Mémoire de Master en Electrotechnique. Institut Universitaire des Sciences et Techniques d'Abéché, 62p.
- [3] **Detienne P., 1988.** Cours illustré d'anatomie des bois. Centre Technique Forestier Tropical. CIRAD, 47p.
- [4] **Nancy, L'Ecuyer, septembre 2005.** Etude sur la réaction de carbonisation des polysaccharides des fibres, 117p.
- [5] **Parviz.N, Frédéric.H, 2005.** Comportement thermo-hydomécanique du bois, 298p.
- [6] **Felby et al, 2002.** Pilot-scale production of fiber boards made by laccase wood fibers. Board properties and evidence for cross-linking of lignin. *Engyme and Microbial Technology* 31, pp 736-741.

Représentation des élèves de l'école secondaire de Bukavu face à l'apprentissage des plantes médicinales courantes en milieu scolaire

[Pupil's representation on learning medicinal plants in Bukavu city's schools, eastern Democratic Republic of Congo]

I. Balagizi Karhagomba¹, J. Murhega Mashanda², and P. Isumbisho Mwapu³

¹Laboratoire de Didactique de Biologie, Institut Supérieur Pédagogique (ISP) de Bukavu, RD Congo

²Département de Psychopédagogie, Institut Supérieur pédagogique (ISP), Bukavu, RD Congo

³Département de Biologie, Institut Supérieur Pédagogique (ISP) de Bukavu, 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 paper seeks to determine the basic knowledge of medicinal plants that can be integrated in secondary schools within Bukavu city where this topic is developed as Social sharp questions. From semi-structured interviews, and open-ended questionnaires submitted to, 13 schools (with 668 pupils registered from classes 4 and 5) results showed that 80 medicinal plants are well known by pupils. There was highly personal interest and motivation for learning medicinal plants in schools programs. Valuable topics were suggested covering medicinal plants uses, the origins and nature of medicinal plants; cultural-based for medicinal plants conservation; economic values of medicinal plants; medicinal plants processing and conservation, cultivation of medicinal plants; plants identification; and developing clinics and plants sale enterprises in schools. Teaching medicinal plants may cover all curriculum programs in secondary schools.

KEYWORDS: Medicinal Plants, domestication, didactic triangulation, Sharp Social Questions, school curriculum, Biology teaching.

RESUME: Cet article se propose déterminer le niveau de connaissance des élèves sur les plantes médicinales domestiquées au sein des ménages en vue de leur adaptation dans les situations d'apprentissage. Les données collectées auprès de 688 élèves formés dans 13 écoles secondaires, ont montré que 80 espèces de plantes médicinales sont bien connues par les élèves, et peuvent être intégrées autour des neuf thèmes didactiques suivants: Usages thérapeutiques des plantes médicinales ; leurs Origines et Nature; Culture et entretien des plantes médicinales; leurs Valeurs économiques; Techniques de préparation des plantes médicinales ; Modes d'action et effets secondaires de ces plantes; Identification botanique ; lier les cultures traditionnelles et utilisation des plantes médicinales; création des officines de ventes des médicaments naturels. Un schéma didactique montrant les adaptations des activités pédagogiques sur les plantes médicinales en vue de stimuler le savoir, le savoir-faire et le savoir-être avec une approche curriculaire a été mis au point.

MOTS-CLEFS: Plantes médicinales, domestication, triangulation didactique, questions socialement vives, curriculum, enseignement de biologie.

1 INTRODUCTION

Le contexte de la RD.Congo en phase post conflits se caractérise par une pauvreté très prononcée tant en milieu urbain que rural [1],[2]. La pauvreté monétaire s'exprime avec intensité dans une majorité de ménages, poussant les individus à dépenser de moins en moins pour leur santé, en se livrant aux pratiques d'automédication [1],[3] particulièrement avec l'usage des plantes médicinales. Dans la ville de Bukavu des plantes médicinales utiles sont domestiquées au niveau de ménage ; et ces savoirs et pratiques autour de ces plantes qui soignent sont partagés entre les parents et leurs enfants, entre les ménages. Cette thématique ancrée sur des bases socio-culturelles [4],[5],[6] apparaissent davantage comme une question socialement vive autour de laquelle les élèves seraient dotés d'un certain niveau de connaissance et de savoir [7]. Malheureusement, cette connaissance n'est pas intégrée dans le programme scolaire qui se présente comme l'expression des politiques éducatives [8].

L'un des objectifs finaux du programme d'enseignement de la biologie au secondaire en RD.Congo est de développer les sens d'observation des élèves et la perception de l'environnement immédiat, les habiletés fondamentales nécessaires à l'acquisition des connaissances et à la solution des problèmes ; en s'accordant sur le caractère utilitaire et/ou nocif des espèces végétales de la flore congolaise; sources en nutriments pour certaines, applications médicales ou ornementales,...

A ce niveau, la construction du savoir savant autour des plantes médicinales en milieu scolaire et impliquant diverses situations d'apprentissage, constituerait un atout pour lier l'éducation, le développement et la conservation de la biodiversité [9].

Ce travail vise de développer une triangulation didactique qui s'accorde autour des représentations des élèves sur les plantes médicinales, ainsi que sur la transposition didactique autour du savoir à enseigner, pris dans le milieu de vie des élèves. Il s'appuie sur l'idée que la connaissance de base des plantes médicinales domestiquées et connues des élèves constitue une piste exploitable pour influencer, dans un futur proche, l'élaboration de nouveaux programmes d'enseignement de la biologie au secondaire, lesquels sont efficaces et adaptés aux réalités locales et répondant mieux aux attentes de la société.

2 MATERIEL ET METHODES

Cette recherche a été effectuée durant la période allant d'avril à octobre 2013, dans la ville de Bukavu (partie est de la République Démocratique du Congo) où la population urbaine et périurbaine est favorable à la domestication d'environ 179 espèces des plantes médicinales pour des fins thérapeutiques [5],[6],[10]. Ce travail, focalisé sur l'enquête ethnobotanique, a porté sur la perception du concept « plantes médicinales » et les raisons de les cultiver et les apprendre au niveau des écoles, la perception des branches inscrites au programme d'enseignement et dans lesquelles il est possible d'apprendre les plantes médicinales ainsi que les attentes des élèves pendant l'apprentissage. Les écoles des filles et les écoles mixtes ont été prises en compte, en questionnant des élèves de 4^e et de 5^e sans tenir compte de leurs performances à l'école, pour leurs pré-réquis en botaniques, en microbiologie, en environnement, en chimie et en biologie. Les élèves des deux classes ont été réunis isolément dans leurs écoles, avec l'autorisation du proviseur, recevant individuellement un questionnaire à remplir. Au total 668 élèves ont été interrogés dont 373 garçons et 295 filles dans 13 écoles. Notons que toutes ces écoles sont mixtes sauf le Lycée Wima qui est féminine (tableau 1).

Tableau 1. Distribution des élèves enquêtés dans les écoles.

	EDAP	INSTITUT CHAI	INSTITUT AMANI	INSTITUT BYAENE	INSTITUT ZAKO	INSTITUT BAGIRA	INSTITUT CIDASA	INSTITUT ADORA	INSTITUT KASALI	LYCEE WIMA	INSTITUT BWINDI	INSTITUT IBANDIA	INSTITUT BANGU	TOTAL
Garçons	20	40	31	29	31	50	40	29	18	0	28	37	20	373
Fillles	4	25	22	11	27	39	22	37	17	35	14	18	24	295
TOTAL	24	65	53	40	58	89	62	66	35	35	42	55	44	668

Nous avons recouru à l'observation et l'analyse de la structure du programme d'enseignement de la Biologie au niveau secondaire, avec comme but de définir les modules dans lesquels il est possible d'insérer cette formation, en tenant compte des objectifs pré-définis [8]. Nous avons tenu compte de l'approche par compétences soutenue par le programme, dans une logique intégrant le savoir-savoir, savoir-faire et le savoir-être. Les spécimens des plantes médicinales ont été récoltés et identifiés au niveau des espèces et famille (en mentionnant leurs noms vernaculaires. Pour cela, nous avons recouru aux clés d'identification [11],[12].

Nous avons procédé au dépouillement des fiches école par école et en séparant les réponses des filles et des garçons, avec la saisie des données dans un tableau Excel. Nous avons observé les réponses liées aux attitudes des élèves face à l'importance des plantes médicinales, leur désidérata pour une intégration des plantes médicinales dans les situations d'apprentissages.

1) Le test rho de Spearman (r_s), test de comparaison des deux rangs appariés [13],[14] a permis de déterminer les espèces plus sollicitées dans les quartiers en fonction des tribus utilisatrices et en fonction des effectifs des domesticateurs ; et aussi en fonction des effectifs des élèves et des nombres d'écoles.

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n^3 - n} \quad \text{Où } n = \text{nombre d'échantillons} \quad d = \text{différence des valeurs des rangs; tenant compte des ex-aequo.}$$

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 ATTITUDES DES ELEVES FACE A LA CONNAISSANCE ET L'UTILISATION DES PLANTES MEDICINALES

Les résultats obtenus ont révélé que les 668 élèves consultés reconnaissent globalement 80 espèces des plantes médicinales qui sont domestiquées dans leur milieu de vie et pour des raisons utilitaires. Parmi ces espèces, 16 sont ont plus de citations et sont reconnues dans plus de 50% d'écoles, notamment: *Aloe barbadensis*, *Tetradenia riparia*, *Eucalyptus* spp., *Citrus limon*, *Bidens pilosa*, *Allium cepa*, *Solanum indicum*, *Spilanthes mauritiana*, *Psidium guajava*, *Piper guineense*, *Mangifera indica*, *Physalis peruviana*, *Euphorbia tirucalli*, *Lycopersicon esculentum*, *Kalanchoe crenata* et *Cymbopogon citratus*.

Le tableau 2 suivant présente les avis des élèves sur l'importance des plantes médicinales

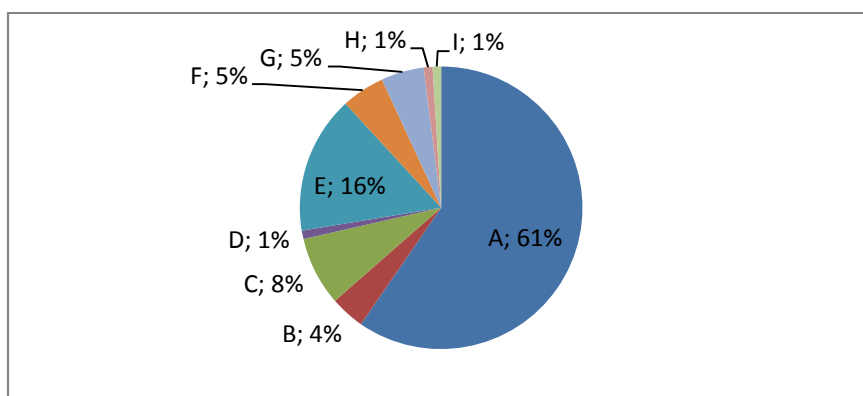
Tableau 2. Opinion des élèves sur l'importance des plantes médicinales

Opinions des élèves	Fréquence	% des opinions des élèves
Traitement des maladies incurables par la médecine moderne	114	0,17
Traitement alternatif pour les personnes démunies	321	0,48
Valorisation de notre culture et celle des ancêtres	91	0,14
Source d'inspiration pour la médecine moderne	24	0,04
Convenables pour les villages où pas d'hôpitaux adéquats	83	0,12
Traitement des maladies dues aux envoûtements	5	0,01
Sans importance par ce qu'elles sont toxiques	19	0,03
Sans importance par ce que nous ne les utilisons pas	11	0,02
	N=668	

638 élèves admettent que les plantes médicinales sont utiles (contre 30 qui nient de l'importance des plantes médicinales). 77% d'élèves sont conscients de l'utilité des plantes médicinales, comme ressources pour réduire les coûts de traitement et pour les soins dans les zones marginales. Aussi, 17 % reconnaissent que les plantes médicinales peuvent soigner des maladies incurables par la médecine moderne jusqu'aux maladies psychiques (envoûtements). Aussi, 14% reconnaissent la valeur culturelle de la médecine traditionnelle et son rôle comme source des médicaments moderne.

3.2 PROPOSITIONS DES ELEVES SUR L'INTEGRATION DES PLANTES MEDICINALES DANS LES PROGRAMMES SCOLAIRES

Le graphique 1 suivante présente une série d'information sur les désidératas des élèves face aux intentions d'apprentissage des plantes médicinales en milieu scolaire.



Graphique 1. Proposition des élèves sur l'apprentissage des plantes médicinales

A. Traitement des maladies par les plantes médicinales ; B. Etude des origines des plantes utilisées localement ; C. Cultures et Entretien des plantes ; D. Valeurs économiques des plantes ; E. Techniques de préparation des plantes médicinales ; F. Mode d'actions et effets secondaires des plantes médicinales ; G. Identification des plantes médicinales ; H. Concilier les cultures traditionnelles et utilisation des plantes médicinales ; I. Création des officines de ventes des plantes médicinales et médicaments naturels.

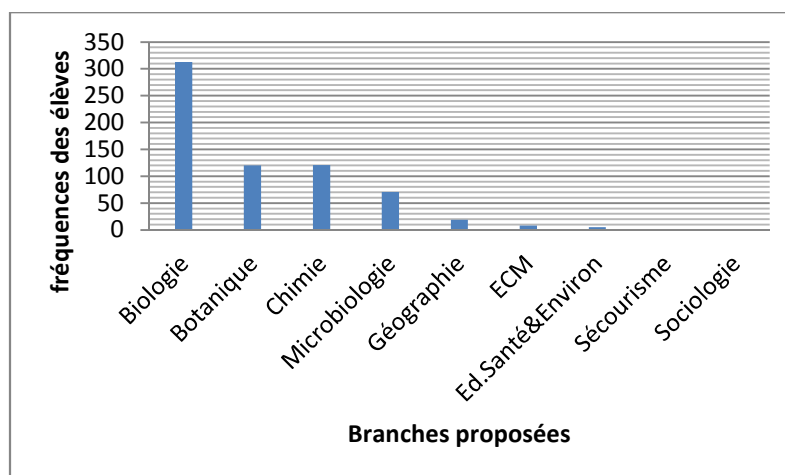
Ce graphique montre que 61% d'élèves souhaitent apprendre l'usage des plantes dans le traitement des maladies et 16% souhaitent apprendre les techniques de production locales des médicaments (traitement et de transformation des plantes). Si 8 % voudraient bien apprendre les techniques de cultures et d'entretien des plantes, il y a une portion non négligeable (environ 6%) des élèves qui, à leur tour, souhaitent apprendre les origines des plantes médicinales, leur mode d'action et leur système d'identification (aspects épistémologiques). 1% d'élèves voudraient développer des officines de vente des plantes médicinales, en fixant leurs valeurs économiques et aussi en cherchant à concilier les cultures traditionnelles et utilisation des plantes médicinales.

Cependant, l'idée de promouvoir la culture traditionnelle semble être un point sensible à retenir dans le processus de formation de la personnalité et, cette approche semble coïncider avec la vision de l'UNESCO sur l'apprentissage de l'environnement en vaillant sur les cultures des peuples [9].

Cette façon des élèves répond davantage aux aspirations des autres chercheurs en didactiques de Sciences autour de la construction du savoir et l'intégration des approches de développement durable [9],[15],[16].

3.3 PROPOSITIONS DES BRANCHES POUR L'ENSEIGNEMENT DES PLANTES MEDICINALES AU SECONDAIRE

Le graphique 2 suivant présente les différentes options des 668 élèves pour le choix des branches dans lesquelles les situations didactiques autour des plantes médicinales sont possibles. Ces branches sont rangées en fonctions de effectifs des élèves répondants autour de leurs opinions sur l'orientation de l'enseignement des plantes médicinales dans le cursus normal de formation à l'école secondaire, et tels que le programme national d'enseignement en RD Congo le stipule.



Graphique 2. Propositions des branches pour l'enseignement des plantes médicinales par les élèves

A première vue, les élèves souhaiteraient apprendre les plantes médicinales principalement dans les branches comme la Biologie générale, la Botanique, la Chimie, la microbiologie. D'autres branches signalées sont la géographie, l'Education Civique et Morale (ECM), le Secourisme et l'Education à la santé et Environnement et la sociologie, pour lesquelles les fréquences d'avis des répondants sont très faibles.

Il est à signaler que nous n'avons pas voulu fusionner les branches (de biologie) pour une raison purement épistémologique accès sur le constructivisme. Par rapport à notre domaine de recherche, nous allons proposer les modèles d'intégration en biologie incluant déjà la Botanique et la microbiologie.

4 DISCUSSION

Les résultats obtenus (tableau annexe 1) ont révélé 80 plantes médicinales évoquées par les élèves, et ces connaissances ont un soubassement au niveau des ménages d'origine. Parmi ces espèces on observe des espèces fruitières ou alimentaires comme, *Persea americana*, *Moringa oleifera*, *Psidium guajava*, *Citrus limon*, *Mangifera indica*..., des espèces potagères comme *Lycopersicon esculentum*, *Hibiscus spp*, *Laportea alatipes*,... et aussi des espèces médicinales aux vertus diverses comme *Tetradenia riparia*, *Spathodea campanulata*, *Trema orientalis*, *Maesa lanceolata*, *Ficus exasperata*,... qui sont évoquées. Ceci est une opportunité offerte pour l'enseignant en vue de diversifier les intentions éducatives jusqu'au jardinage. Les espèces d'arbres évoquées peuvent être intégrées dans un système de reboisement agroforestier complexe pour la domestication à grande échelle des espèces utiles et aussi pour des intérêts didactiques. Cela peut se passer en milieu scolaire (pour les écoles qui ont des vastes étendues des terres) ou dans les sites publics. Des publications sur les techniques des cultures des plantes médicinales ont été faites antérieurement [17],[18],[19] faisant allusion aux plantes domestiquées à Bukavu.

Notons que le rôle médicinal/pharmacologique de ces 80 espèces a déjà été évoqué dans plusieurs publications [20],[21], [22], [23], [24],[25]. Ainsi, donc le savoir enseigné devra tenir compte et, du savoir savant, et aussi des savoirs et pratiques sociales [26],[27]. Ce qui donne une certaine complexité à cette recherche. Aussi, les réponses des élèves au cours de l'enquête ont montré leur forte motivation pour l'apprentissage des plantes médicinales en milieu scolaire (tableau 2 et figure 1). Partant de leur représentation didactique, ils proposent même des branches qui y conviendraient pour cet apprentissage, dont la Biologie (qui inclut aussi la botanique, la microbiologie), la Géographie, la Chimie, l'Education à la santé et Environnement et même d'Education civique et morale (figure 2).

Ces observations paraissent logique dans la mesure où ces branches sont interconnectées dans le profil de la finalité de l'enseignement en RD.Congo [27]. Le calcul de la corrélation r_s de Spearman avec une valeur très hautement significative de valeur 0,8507 (p -value = 0,000) montre l'évidence que les élèves ont une connaissance très rapprochée sur les plantes médicinales dans les différentes écoles et dans ce cas il est facile de diversifier des situations didactiques basée sur les représentations et le contrat didactique. Cet aspect didactique avait déjà été signalé par des recherches antérieures évoquant divers jeux didactiques dans les situations d'apprentissage [28],[29].

Les connaissances autour de ces espèces médicinales peuvent être manipulées par l'enseignant et l'apprenant dans différentes situations didactiques au niveau de l'école, impliquant toute la triangulation didactique aux trois niveaux de relations: relation Savoir-enseignant, relation apprenant-savoir et relation enseignant-apprenant [30],[31],[32]. Celles-ci se manifestent, soit dans les enseignements de la botanique (description des plantes et leurs usages, le jardinage), soit dans les leçons de microbiologie (en documentant les antibiotiques, les antifongiques ou antiseptiques), soit même dans les leçons de biologie de 5^e en apprenant les plantes riches en oligo-éléments, en vitamines, ..., soit dans le domaine de la conservation de la biodiversité au niveau de la 6^e année [8]. Et, l'apprentissage devra donc aboutir au développement d'un certain nombre d'aptitudes, mesurables basées sur: la connaissance, la compréhension, l'application, l'analyse, la synthèse et l'évaluation permettant une évaluation plus adéquate au niveau curriculaire [33],[34].

En adoptant la démarche pédagogique suggérée par Bernadette et ses collaborateurs [35], l'on peut retenir les éléments suivants dans les situations d'apprentissage en Biologie: - l'observation - l'expérimentation - la mesure - les activités documentaires ; ce qui rassure la mise au point des connaissances.

Et, l'apprentissage des plantes médicinales stimule davantage la curiosité, entretient de l'intérêt, et encourage les élèves au travail personnel bien présenté. Les interactions pédagogiques doivent être bien intensifiées entre l'apprenant et l'enseignant et ce dernier est censé bien maîtriser les thèmes et mieux interagir avec les élèves.

Ceci se rapproche avec la préoccupation de Ndiaye [36], pour qui, « l'élaboration d'un curriculum dans l'enseignement secondaire en Afrique subsaharienne, lequel veut avoir une école, doit être : - à adapter aux réalités du continent, - en phase avec les besoins des populations, qui oriente les apprentissages scolaires vers des *acquis fonctionnels*, - qui concilie la modernité et les bonnes traditions, - qui crée un nouveau type d'homme confiant en ses propres valeurs et capacités, un homme plus proactif que réactif, - où l'enseignement technique et professionnel est valorisé, et, une école qui réconcilie l'homme et son milieu ». Et, sous cet angle, nous nous référons au modèle proposé par Bernadette [35] pour la définition des aptitudes à développer dans les situations d'apprentissage que nous définissons dans le tableau 3.

Tableau 3 Situation d'apprentissages autour des plantes médicinales à l'école secondaire.

Thème de formation retenu par les élèves	Aptitude à développer	Situations d'apprentissage
Traitement des maladies par les plantes médicinales	Connaissance	Visite des tradipraticiens, Analyse documentaire, Echanges d'expériences
Origines des plantes médicinales	Connaissance et Compréhension	Analyse documentaire
Valeurs économiques des plantes médicinales	compréhension	Visite des tradipraticiens, Analyse documentaire, Echanges d'expériences, calcul des bilans
Cultures traditionnelles et utilisation des plantes médicinales	Synthèse et Analyse	Echanges d'expériences, Analyse documentaire, Recherche opérationnelle
Mode d'action et effets secondaires des plantes médicinales	Connaissance et Compréhension	Analyse documentaire, Expérimentation sur les animaux de laboratoire, Observation des effets
Cultures et entretien des plantes médicinales	Application	Mise en place des jardins médicinaux, travail en groupe, collecte des semences et outils aratoires
	Evaluation	Rendement par superficie, sélection de semences
Technique de transformation des médicaments traditionnels	Application et Analyse	Visite des tradipraticiens, Equipement minimal, analyse documentaire
Identification des plantes médicinales	Application	Constitution des herbiers, schématisation des plantes, collecte des plantes, travail en groupe
	Evaluation	Classification simples des plantes (aromatiques et non aromatiques, indigènes et exotiques,.. selon les maladies, alimentaires et non alimentaires,...
Création des officines de vente des plantes médicinales et médicaments naturels	Synthèse	Travail en groupe de sélection des plantes médicinales, visites des maisons des soins des tradipraticiens
Evaluation des acquisitions	Evaluation	Test écrit ou oral, Travaux pratiques, analyse des rapports

Par ce tableau nous admettons que l'apprentissage des plantes médicinales devrait stimuler davantage la curiosité, l'entretien de l'intérêt, et encourager les élèves au travail personnel bien présenté. Les interactions pédagogiques doivent être bien intensifiées entre l'apprenant et l'enseignant et ce dernier est censé bien maîtriser les thèmes pour mieux interagir avec les élèves sans incidents pédagogiques négatifs. Cet aspect des choses a déjà été stipulé par De Vecchi et Giordan [15].

Les différents niveaux d'évaluation des connaissances doivent être intégrés dans différentes situations didactiques (tableau 3).

La flexibilité du programme national de biologie, ses modules et objectifs terminaux laissent entrevoir que « l'enseignement scientifique, auquel on consacrerait 3 heures hebdomadaires quelle que soit l'option doit respecter le schéma de développement tout entier des apprenants en stimulant leur curiosité et leur créativité et en suscitant l'esprit critique et l'objectivité autour de l'utilisation des plantes médicinales ».

Cette proposition est une contribution dans le processus d'opérationnalisation du programme d'enseignement de la biologie au secondaire en RD Congo en développant des thèmes concrets et d'actualités. Ceci permet d'approfondir davantage la vision de ce programme qui veut répondre aux besoins éducatifs fondamentaux de la RD Congo, à savoir:

- Apprendre à connaître, par l'acquisition d'une culture scientifique de base en biologie et la maîtrise des instruments de la connaissance (observation et perception, mémoire et compréhension) permettant à l'individu de continuer à apprendre tout au long de sa vie,
- Apprendre à faire (le savoir-faire), par la maîtrise des quelques compétences psychomotrices, telles que la manipulation des échantillons, la production des pommades, la confection des herbiers,...),
- Apprendre à vivre ensemble (le savoir-vivre) avec les autres apprenants par l'entremise des travaux en équipe, avec les organismes vivants aussi, à aimer ces derniers et à les protéger,
- Apprendre à être (le savoir-être), par l'acquisition du goût de la nature et d'autres attitudes scientifiques positives (précision dans l'observation et la description, objectivité, rationalité, etc.),

Au vu des résultats obtenus, nous présentons à ce point un contenu-matières en vue d'une intégration effective des plantes médicinales dans les enseignements de Biologie (tableau annexe 1). Nous avons structuré ce contenu en termes d'apprentissage théoriques et pratiques, avec un regard sur le programme national de Biologie en cours.

Nous noterons que nous avons tenu compte des objectifs du programme, de la structure des modules et aussi de l'aspect curriculaire, permettant de fixer les situations d'apprentissage de la première année jusqu'en sixième année du secondaire.

La proposition du contenu minimum ainsi que les situations d'apprentissage (tableau annexe 2) s'inscrivent dans la démarche d'apprentissage autour des Questions Socialement Vives [37], avec une vision double :

- 1°) favoriser, au niveau des élèves du secondaire, le contact avec le réel, la capacité à se questionner à partir des observations et manipulations réalisées, la construction de connaissances à travers diverses activités de recherche-action, d'argumentations, de recours à l'écrit;
- 2°) faciliter pour l'enseignant la prise en compte des conceptions et des obstacles, de noter les performances des apprenants et des propositions d'activités de recherche-action.

Et, à propos des contenus scientifiques à enseigner, qu'il s'agisse d'étudier les objets (les plantes médicinales), ou les processus et des transformations (la production des médicaments, la mise en culture des plantules médicinales,...), nous retiendrons que les élèves ont déjà un certain nombre d'idées plus ou moins précises, bâties à partir de leurs expériences antérieures et qui, à la fois, leur permettent d'avoir une représentation mentale de ces sujets d'étude et leur servent de modèle explicatif.

Et, s'inspirant de la notion d'objectif-obstacle [38],[39], il s'agit alors de formuler les objectifs d'apprentissage en les centrant sur l'obstacle qu'il faut dépasser pour atteindre le niveau de conceptualisation visé. L'intégration des plantes médicinales dans les programmes exige pour les enseignants, des connaissances approfondies.

Les cours d'Ethnobotanique et de Botanique générale et systématique qui sont déjà organisés au niveau du premier cycle dans les Instituts Supérieurs pédagogiques (ISP) en RD.Congo constituent une réponse partielle à cette préoccupation. La formation continue et le recyclage des enseignants est requise en vue de préparation des futurs cadres dans la conciliation conservation et développement et sur les plantes médicinales et leurs applications, ainsi que dans la gouvernance des ressources naturelles collective.

Des séminaires de formation et recyclage des enseignants et leurs recyclage dans cette thématique est un besoin imminent en tenant compte des propositions des élèves dans la motivation pour l'intégration des informations des plantes médicinales dans leur curriculum de formation.

La figure 1 suivante démontre le circuit de transfert des connaissances dans un modèle curriculaire depuis la première année jusqu'en sixième en tenant compte de l'évolution psycho-intellectuelle de l'apprenant et du programme national de biologie en vigueur. Et, partant des résultats obtenus et des observations générales, il est certainement possible de créer des situations d'apprentissage des plantes médicinales aux différents niveaux du pogramme de biologie. Nous proposons à travers la figure suivante, le circuit de transfert des connaissances dans un modèle programmatif depuis la première année jusqu'en sixième en tenant compte de l'évolution psycho-intellectuelle de l'apprenant et du programme national de biologie en vigueur.

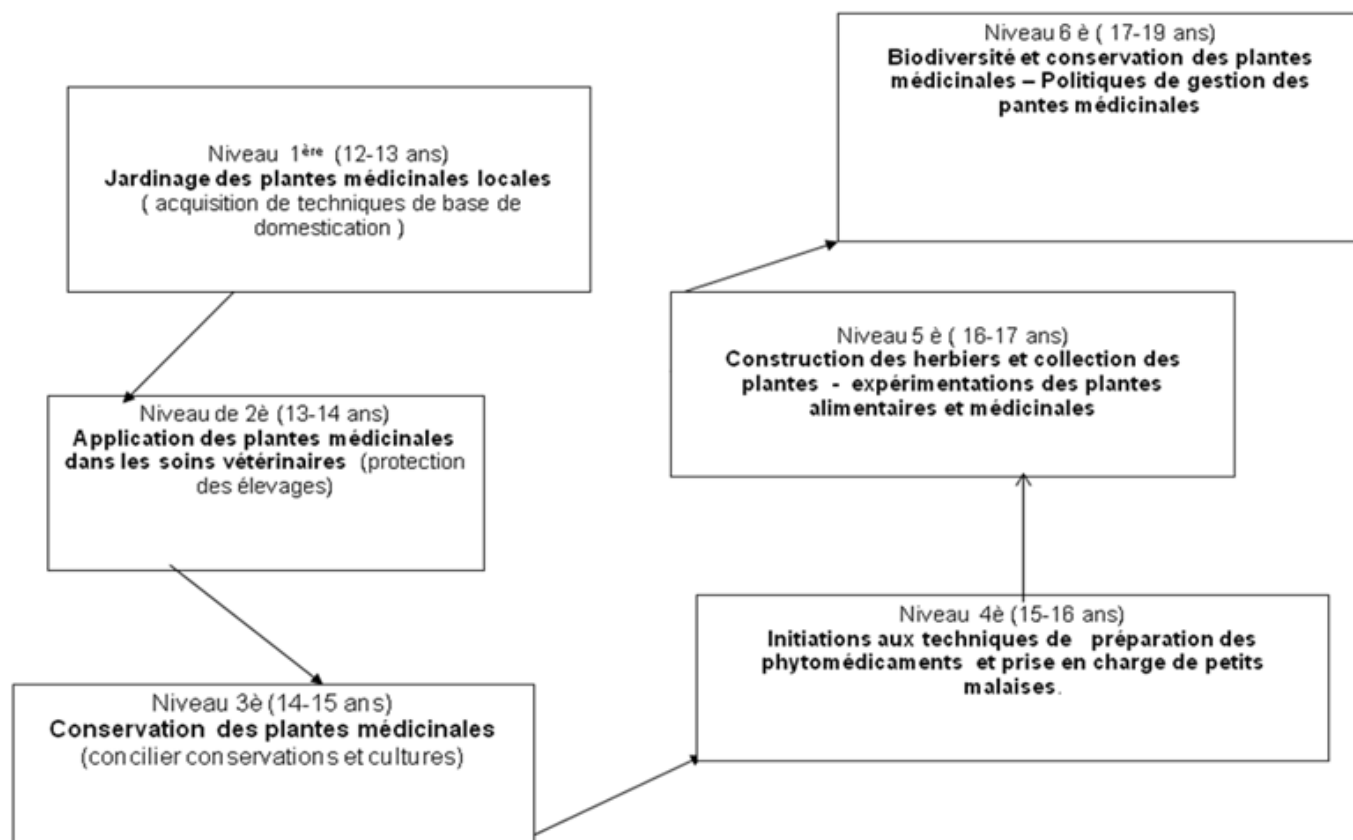


Fig. 1. Processus éducatif autour des plantes médicinales dans le curriculum à l'école secondaire

L'on peut lire une succession logique dans la construction des savoirs, en passant du niveau de 1^{ère} année vers la 6^e année: du jardinage des plantes médicinales vers la conservation, en transitant par l'acquisition des techniques de préparation des phytomédicaments, la préparation des collections, jusqu'à la compréhension des politiques autour de la gestion des plantes médicinales. Cette figure montre deux scénarios complémentaires: d'un côté on pense aux situations d'apprentissage dans une approche programmatique où les situations-problèmes sont évoquées pour occasionner des représentations didactiques et pour l'enseignant et pour l'élève. A l'autre côté on pense au profil d'homme à former, qui marie facilement l'utilisation et la conservation durable de la biodiversité végétale ; avec implication des approches par objectifs et par compétences peuvent être définies.

Des questions sensibles relatives aux stratégies d'enseignement au sein des relations didactiques (entre apprenant et enseignant) autour du savoir des plantes médicinales sont telles que : Comment d'abord prendre en compte les représentations des élèves sans annoncer des théories fausses auxquelles on l'on risque d'accorder un crédit? Comment orienter les activités pédagogiques à tel point que les situations d'apprentissage soient interactifs, encourageant l'élève à développer ses visions et son point de vue dans la construction du savoir des plantes médicinales - et, permettant une évaluation objective axée sur les compétences?

5 CONCLUSION

Ce travail avait pour objectif pour clarifier le niveau de connaissance des élèves sur l'importance des plantes médicinales et leur domestication et aussi des possibilités d'intégrer les enseignements des plantes médicinales dans le processus éducatif en cours. Partant de l'analyse du programme national de Biologie et des désidératas d'élèves des classes de 4^e et 5^e années secondaires face au thème « plantes médicinales », ont permis de définir clairement des thématiques clés et de les intégrer dans le cursus normal de formation.

Les élèves ont montré un intérêt certain pour l'enseignement des plantes médicinales en milieu scolaire, en retenant neuf thèmes principaux qui pourraient être fixés dans les programmes scolaires. Ce sont notamment: les usages thérapeutiques des plantes ; l'étude des origines des plantes utilisées, la culture et entretien des plantes ; les valeurs économiques des plantes ; les techniques de préparations des plantes médicinales; le mode d'action et effets secondaires des plantes médicinales; identification des plantes médicinales; la valorisation des cultures traditionnelles ; création des officines de ventes des plantes médicinales et phytomédicaments.

Un schéma d'intégration de ces thématiques a été défini avec deux niveaux:

- 1) la structuration du savoir des plantes médicinales dans les branches enseignées et tout au long de la vie scolaire (schéma programmatif) et,
- 2) un schéma didactique montrant les adaptations des activités pédagogiques sur les plantes médicinales en vue de stimuler le savoir, le savoir-faire et le savoir-être.

La question fondamentale est de veiller à l'applicabilité en intégrant les enseignants dans ce profil scientifique en tant qu'utilisateur du programme. Il s'agit tout d'abord de découvrir le niveau de maîtrise des plantes médicinales en vue des interactions constructives dans les différentes situations d'apprentissage.

Cette recherche ouvre à des grandes réflexions et suscite la poursuite de la recherche dans l'accompagnement des enseignants dans la formulation des objectifs pédagogiques autour de l'enseignement des plantes médicinales, dans l'élaboration des fiches pédagogiques, des modules de formation qui sont pertinents et adapté au niveau du programme de biologie et d'autres branches comme la géographie, l'éducation civique, le secourisme et aussi l'Education à la santé et Environnement, en fonction des propositions des élèves.

REMERCIEMENTS

Les auteurs expriment leurs remerciements au professeur André Giordan (Laboratoire de Didactique et Epistémologie des Sciences de l'Université de Genève) qui a révisé profondément le manuscrit. Ils remercient tous les auteurs qui ont mis gracieusement leurs publications en ligne en vue de l'accessibilité à tous. Les remerciements reviennent au professeur Boniface Kaningini Mwenyimali (Directeur Général de l'Institut Supérieur Pédagogique de Bukavu) qui a encouragé cette recherche en Didactiques des Sciences.

REFERENCES

- [1] PNUD, 2009, *Profil résumé - La pauvreté et conditions de vies des ménages dans la province du Sud-Kivu*. Kinshasa. 2009.
- [2] Isumbisho, M.,P et Z., Bugeme, *La didactique des Disciplines et le droit de l'homme dans les Ecoles secondaires de la ville de Bukavu*. Les Editions du CERUKI, 2013.
- [3] Zinnen, V., 2012, *Documentation des résultats de la mise en œuvre des principes de l'efficacité de l'aide dans le secteur de la santé. Etude de cas de la Rép. Dém. du Congo*. GRAP-PA, Univ. Catholique de Louvain. 2012
- [4] Defour G., *Les quatre cents plantes médicinales du Bushi*. Ed. Bandari, 1995.
- [5] Balagizi, K., K. Vayire, R. Emilio, 2006, *Les plantes médicinales du Bushi*. Emiliani. Rapallo. Gênes. Italie, 2006.
- [6] Balagizi, K., M. Mapatano, A. Cihyoka, *Lexique et Recueil des pratiques et savoirs locaux en Pharmacopée Agrovétérinaire*. Online, www. diobass-kivu.org. (2011)
- [7] A. Legardez, Transposition didactique et rapport aux savoirs : l'exemple des enseignements des questions économiques et sociales, socialement vives. *Revue française de pédagogie*, vol 149, pp. 19-27, 2004.
- [8] EDIDEPS, *Programme National de Biologie*. Direction des Programmes Scolaires et Matériels Didactiques. Enseignement Primaire et Secondaire et Professionnel, 2005.

- [9] UNESCO, *Kit pédagogique pour les pays situés en zones montagneuses – Une approche créative de l'Éducation à l'environnement*. Programme MAB, Paris, 2010.
- [10] I.K. Balagizi, M.,T., Adhama, T.,B., Mushagalusa, V.,B., Nabino, K., Koh and H.,S., Kim, The cultivation of wild food and medicinal plants for improving community livelihood: The case of the Buhozi sites, *Nutrition Research and Practice* vol.7 no 6, pp. 518-526, 2013.
- [11] Troupin G., F. X. Ayobangira, D. Bridson, D. Champluvier, A. Lawalree, P. Malaise, P.Maquet, M. Reekmans, H. Schotsmans, B. Verdcourt, 1985, *Flore du Rwanda (spermatophytes), vol.III*. INRS, Butare, 1985.
- [12] Troupin, G., 1983, *Flore du Rwanda (spermatophytes), vol. II*. INRS, Butare, 603p.
- [13] Avner, B., *Quelques méthodes statistiques pour l'analyse des dispositifs forestiers*. Série FORAFRI. Document 5. CIRAD, 1998.
- [14] Fowler, J., Cohen, L., Jarvis, P., *Practical statistics for Field biology*, 1998.
- [15] De Vecchi G. et Giordan A., *L'enseignement scientifique - comment faire pour que ça marche?*. Ed. Delagrave , Paris, 2002.
- [16] Clément, P., *Le délai de transposition didactique (DTD) dans les livres du maître. Exemple en biologie. 9^e journée Pierre Guibert. Manuels scolaires: livres du maître, de l'élève, des savoirs*. S2HEP. Université de Lyon 1., 2013.
- [17] Joy, P.P, J. Thomas, S. Mathew, B.P., Skaria, *Medicinal plants. Kerala Agricultural University, Aromatic and medicinal plants Research station*. Kerala, India, 1998.
- [18] Hirt, H. M, M. Bindanda, I. K., Balagizi, 2003, *La Médecine naturelle tropicale*. Marianum press, Kisubi, 2003.
- [19] Indian National Medicinal Plants Board, 2007, 2008. New Dehli.
- [20] Duke, J., *Handbook of medicinal Plants*. New York: CRC Press; 2002.
- [21] OMS, 1999, *Monographs on Selected medicinal plants, Vol.1*, Geneva, 1999.
- [22] OMS, 2004, *Monographs on selected medicinal plants. Vol 2*. Geneva. 2004.
- [23] Pamplona, R., *Santé par les plantes médicinales*, Safeliz, Madrid, 2009.
- [24] Neuwinger H.,D., *African Traditional medicine. A dictionary*. Medpharm, Stuttgart, 2000.
- [25] Co, L., *Common Medicinal Plants of the Cordillera Region. A trainor's manual for Community Based Health Programs*, CHESTCORE, Banguio City, 1989.
- [26] Legardez, A. et L., Simonneaux, *L'école à l'épreuve de l'actualité. Enseigner des questions vives*. Paris, ESF, 2006
- [27] Tabezi B.,G., Mukiekie, *Cours d'étude des Programmes. Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Éducation., Deuxième Graduat*, Université de Kisangani, 2013.
- [28] Combaz, F., *Flores : jeux de détermination des végétaux. Analyse d'une situation d'apprentissage*. Mémoire de DEA, Université de Grenoble, 1997.
- [29] Cornell, J., *Sharing nature with Children*. Dawn publications. Nevada City, 1998.
- [30] Boudamoussi, S.E., 2002, *Evaluation des objectifs du programm APQUA scolaire 12-16, Thèse et analyse de cohérence*. Thèse de doctorat, Escola Técnica Superior d'Eninyeria Química. Univ. Rovina I Virgili, 2002.
- [31] Brousseau, G., *Didactique des sciences et formation des professeurs*. In C. Comiti, T. Ngo Anh, A. Bessot, M.-P. Chichignoud & J.-C. Guillaud (Eds.), *Didactique des disciplines scientifiques et formation des enseignants* (pp. 34-54). Hà Nội: Maison d'Édition de l'Éducation Giáo dục, 1995
- [32] Develay, M., *Savoirs scolaires et didactiques des disciplines, une encyclopédie pour aujourd'hui*. ESF, Editeurs, Paris, 1995
- [33] Beeth, M.E., P.W., Hewson, "Learning goals in an exemplary science teacher's practice. Cognitive and social factors in teaching for conceptual change". *Science Education*. Vol. 83 no 6, pp 738-760, 1999
- [34] Isumbisho P.,M., Analyse des aptitudes mesurées aux examens de Biologie en 5^e année du secondaire dans la ville de Bukavu. In *Isumbisho P. et Zigashane., La Didactique des Disciplines et le droit de l'homme dans les écoles secondaires.Chap. 6. 126-138*, 2013
- [35] Ndiaye, S., *Contribution à l'élaboration d'un curriculum dans l'Enseignement secondaire en Afrique subsaharienne. Schéma conceptuelle et processus de mise en œuvre*. Conférence internationale sur l'Enseignement secondaire. Banque mondiale, 2004
- [36] Simmoneaux, L. et A., Legardez, *Développement durable et autres questions d'actualité*, 2011.
- [37] Simmoneaux, L., *Les configurations didactiques des questions socialement vives économiques et sociales*. Thèse de doctorat. HDR., Univ. Provence, Aix-Marseille, 2011.
- [38] Martinand, J.,L., *Connaître et transformer la matière : Des objectifs pour l'initiation aux sciences et techniques*. Peter Lang, 1986.
- [39] Martinand J.,L., La référence et l'obstacle. *Perspectives documentaire en éducation*. 34 : pp 7-22, 1995.

ANNEXE 1. CHECK-LIST DES PLANTES MEDICINALES RECONNUES DES ELEVES DANS 13 ECOLES OBSERVEES

N°	Nom scientifiques	Familles	Effectifs élèves répondants	fréquence de citation	Effectif école observée	Fréquence Ecoles
				N=1527		N=13
1	<i>Abelmoschus esculentus</i>	Malvaceae	2	0,001	1	0,077
2	<i>Achillea millefolium</i>	Asteraceae	4	0,003	2	0,154
3	<i>Achyranthes aspera</i>	Amaranthaceae	2	0,001	2	0,154
4	<i>Ageratum conyzoides</i>	Asteraceae	6	0,004	3	0,231
5	<i>Allium cepa</i>	Alliaceae	34	0,022	6	0,462
6	<i>Allium sativum</i>	Alliaceae	16	0,010	9	0,692
7	<i>Aloe barbadensis</i>	Asphodelaceae	484	0,317	13	1,000
8	<i>Amaranthus spinosus</i>	Amaranthaceae	4	0,003	1	0,077
9	<i>Ananas comosus</i>	Bromeliaceae	6	0,004	3	0,231
10	<i>Arachis hypogea</i>	Fabaceae	3	0,002	1	0,077
11	<i>Aristolochia elegans</i>	Aristolochiaceae	2	0,001	1	0,077
12	<i>Artemisia annua</i>	Asteraceae	5	0,003	2	0,154
13	<i>Basella alba</i>	Basellaceae	22	0,014	6	0,462
14	<i>Bidens pilosa</i>	Asteraceae	43	0,028	11	0,846
15	<i>Blumea spicata</i>	Boraginaceae	2	0,001	2	0,154
16	<i>Brassica oleracea</i> subsp. <i>botrytis</i> var. <i>botrytis</i>	Brassicaceae	2	0,001	2	0,154
17	<i>Cannabis sativa</i>	Cannabaceae	8	0,005	2	0,154
18	<i>Capsicum frutescens</i>	Solanaceae	2	0,001	2	0,154
19	<i>Carduus nyassanus</i>	Asteraceae	5	0,003	2	0,154
20	<i>Carica papaya</i>	Caricaceae	12	0,008	4	0,308
21	<i>Cedrella serrata</i>	Meliaceae	1	0,001	1	0,077
22	<i>Celosia trigyna</i>	Amaranthaceae	1	0,001	1	0,077
23	<i>Euphorbia hirta</i>	Euphorbiaceae	3	0,002	1	0,077
24	<i>Cinchona ledgeriana</i>	Rubiaceae	20	0,013	6	0,462
25	<i>Citrus aurantium</i>	Rutaceae	3	0,002	3	0,231
26	<i>Citrus limon</i>	Rutaceae	74	0,048	10	0,769
27	<i>Coffea arabica</i>	Rubiaceae	5	0,003	2	0,154
28	<i>Commelina africana</i>	Commelinaceae	3	0,002	3	0,231
29	<i>Conyza sumatrensis</i>	Asteraceae	2	0,001	2	0,154
30	<i>Cupressus sempervirens</i>	Cupressaceae	10	0,007	4	0,308
31	<i>Cymbopogon citratus</i>	Poaceae	33	0,022	7	0,538
32	<i>Daucus carotta</i>	Apiaceae	4	0,003	6	0,462
33	<i>Dichrocephala integrifolia</i>	Asteraceae	9	0,006	4	0,308
34	<i>Dracaena afromontana</i>	Draceanaceae	2	0,001	2	0,154
35	<i>Drymaria cordata</i>	Caryophyllaceae	3	0,002	3	0,231
36	<i>Elaies guineensis</i>	Palmaceae	5	0,003	2	0,154
37	<i>Erythrina abyssinica</i>	Fabaceae	1	0,001	1	0,077
38	<i>Eucalyptus</i> spp.	Myrtaceae	86	0,056	10	0,769
39	<i>Euphorbia tirucalli</i>	Euphorbiaceae	43	0,028	11	0,846
40	<i>Ficus exasperata</i>	Moraceae	15	0,010	6	0,462
41	<i>Helianthus annuus</i>	Asteraceae	1	0,001	1	0,077
42	<i>Hibiscus noldae</i>	Malvaceae	2	0,001	2	0,154
43	<i>Hibiscus sabdariffa</i>	Malvaceae	6	0,004	5	0,385
44	<i>Ipomoea batatas</i>	Solanaceae	8	0,005	2	0,154
45	<i>Kalanchoe crenata</i>	Crassulaceae	28	0,018	8	0,615

46	<i>Kalanchoe pinnata</i>	<i>Crassulaceae</i>	6	0,004	1	0,077
47	<i>Lantana camara</i>	<i>Verbenaceae</i>	1	0,001	1	0,077
48	<i>Laportea alatipes</i>	<i>Urticaceae</i>	2	0,001	2	0,154
49	<i>Lepidium clavatum</i>	<i>Brassicaceae</i>	2	0,001	2	0,154
50	<i>Lycopersicon esculentum</i>	<i>Solanaceae</i>	7	0,005	7	0,538
51	<i>Maesa lanceolata</i>	<i>Myrsinaceae</i>	7	0,005	4	0,308
52	<i>Mangifera indica</i>	<i>Anacardiaceae</i>	8	0,005	8	0,615
53	<i>Manihot esculenta</i>	<i>Euphorbiaceae</i>	35	0,023	6	0,462
54	<i>Manihot glaziovii</i>	<i>Euphorbiaceae</i>	5	0,003	1	0,077
55	<i>Microglossa pyrifolia</i>	<i>Asteraceae</i>	3	0,002	2	0,154
56	<i>Moringa oleifera</i>	<i>Moringaceae</i>	2	0,001	2	0,154
57	<i>Musa paradisiaca</i>	<i>Musaceae</i>	1	0,001	1	0,077
58	<i>Ocimum gratissimum</i>	<i>Lamiaceae</i>	1	0,001	1	0,077
59	<i>Passiflora edulis</i>	<i>Passifloraceae</i>	8	0,005	3	0,231
60	<i>Persea americana</i>	<i>Lauraceae</i>	10	0,007	4	0,308
61	<i>Phyllanthus nuriri</i>	<i>Euphorbiaceae</i>	5	0,003	5	0,385
62	<i>Physalis peruviana</i>	<i>Solanaceae</i>	34	0,022	6	0,462
63	<i>Piper guineense</i>	<i>Piperaceae</i>	26	0,017	8	0,615
64	<i>Psidium guajava</i>	<i>Myrtaceae</i>	42	0,028	10	0,769
65	<i>Ricinus communis</i>	<i>Euphorbiaceae</i>	3	0,002	3	0,231
66	<i>Rosa gallica</i>	<i>Rosaceae</i>	2	0,001	1	0,077
67	<i>Rosmarinus officinalis</i>	<i>Lamiaceae</i>	2	0,001	1	0,077
68	<i>Rumex bequaertii</i>	<i>Polygonaceae</i>	6	0,004	3	0,231
69	<i>Senecio mannii</i>	<i>Asteraceae</i>	1	0,001	1	0,077
70	<i>Senna septemtrionalis</i>	<i>Fabaceae</i>	1	0,001	1	0,077
71	<i>Sida rhombifolia</i>	<i>Malvaceae</i>	4	0,003	3	0,231
72	<i>Solanum indicum</i>	<i>Solanaceae</i>	28	0,018	8	0,615
73	<i>Solanum nigrum</i>	<i>Solanaceae</i>	9	0,006	4	0,308
74	<i>Spilanthes mauritiana</i>	<i>Asteraceae</i>	20	0,013	5	0,385
75	<i>Sorghum bicolor</i>	<i>Poaceae</i>	1	0,001	1	0,077
76	<i>Symphitum officinale</i>	<i>Boraginaceae</i>	2	0,001	1	0,077
77	<i>Tetradenia riparia</i>	<i>Lamiaceae</i>	192	0,126	13	1,000
78	<i>Tithonia diversifolia</i>	<i>Asteraceae</i>	2	0,001	3	0,231
79	<i>Vernonia amygdalina</i>	<i>Asteraceae</i>	15	0,010	5	0,385
80	<i>Zingiber officinale</i>	<i>Zingiberaceae</i>	2	0,001	2	0,154
	Total		1527		13	

ANNEXE 2. CONSTRUCTION DES HERBIERS ET COLLECTION DES PLANTES - EXPERIMENTATIONS DES PLANTES ALIMENTAIRES ET MEDICINALES

Niveau	Branches	Module	Contenu-matières du programme	Unité pédagogique « leçon »			Objectifs spécifiques
				Théorie	Pratique	Durée (heure)	
1 ^{ère} année	Botanique	Module 3. jardinage	Cfr annexe 2 tableau 2	Définition d'une plante médicinale et ses usages	Echange en groupe sur quelques plantes médicinales utiles (<i>Bidens pilosa</i> , <i>Manihot esculenta</i> ,...)	1 h	L'élève sera capable de définir une plante médicinale et d'en donner des exemples concrets
				Définition d'un jardin des plantes médicinales	Visite des jardins des plantes médicinales	2h	L'élève sera capable de différencier un jardin potager et un jardin des plantes médicinales
				Les avantages d'un jardin médicinal et la production des médicaments et aliments	Visite des jardins des plantes médicinales	1 h	L'élève sera capable d'expliquer les avantages de cultiver des jardins des plantes médicinales au niveau social, économique, éducatif, conservation)
				Structure d'un jardin des plantes médicinales	Visite des jardins des plantes médicinales	4 h	L'élève sera capable de monter un plan de culture des plantes médicinales
				Culture du jardin des plantes médicinales (choix de terrain, outils aratoires, compostage, semis	Culture des 20 plantes médicinales domestiquées (<i>Aloe</i> , <i>Cymbopogon citratus</i> ..)	6 h	L'élève sera capable d'expliquer les différentes étapes pour cultiver un jardin des plantes médicinales L'élève sera capable de reconnaître les plantes qui exigent le semis direct ou les boutures
				2 ^e année	Zoologie	Module 3 : Notion d'élevage	Cfr annexe 2 tableau 2
				Les plantes médicinales vétérinaires	Echanges en groupes sur les plantes vétérinaires du bétail	2 h	L'élève sera capable d'identifier et de collecter les plantes utilisées dans les soins du petit bétail
Biologie	Biologie	Module 3 Protection de la nature	Cfr annexe 2 tableau 2	L'importance des plantes médicinales (écologique, économique, sociale)	Visites des conservatoires des plantes (ex. le parc	8 H	L'élève sera capable d'expliquer le rôle et la place des plantes médicinales dans le mode vivant
				Les cultureures traditionnelles et les plantes médicinales	Visite des tradithérapeutes	6H	L'élève sera capable de respecter et porter un jugement positif sur les valeurs culturelles des différentes communautés.
Biologie	Microbiologie	Module 3 Action des microbes et biotechnologie	Cfr annexe 2 tableau 2	Techniques de préparation des médicaments naturels (récolte, séchage, préparation)	Collecte et séchages des plantes médicinales, Préparation simples des tisanes, huiles, pommades.	6 H	L'élève sera capable de fabriquer des produits médicinaux simples et à usages domestiques (jus, pommades).
		Module 5 Maladies	Cfr annexe 2 tableau 2	Les antibiotiques naturels et mode	Manipulations des oignons, aïls,	4 H	L'élève sera capable d'expliquer des antibiotiques

		infectieuses		d'utilisation	<i>Tropaeolum majus</i> , <i>curcuma longa</i> ,		naturels connus et leur mode d'action
				Les antiseptiques naturels et mode d'utilisation	Manipulations <i>d'Eucalyptus spp</i> , <i>Kalanchoe crenata</i> ,	4 H	L'élève sera capable d'expliquer les effets des antiseptiques naturels
				Les plantes antibactériennes	Recherche opérationnelle sur le <i>Psidium guajava</i> , <i>Brassica oleracea</i> , le <i>Tetradenia riparia</i> ,	4 H	Les élèves seront capables d'expliquer les rôles thérapeutiques multiples des plantes médicinales
				Les plantes antifongiques	Fabrication des pommades et huiles antifongiques	4 H	L'élève sera capable de fabriquer un antifongique à partir des plantes locales
		Module 6 maladies parasitaires		Les plantes antiparasitaires (contre Plasmodium) et les fébrifuges	Manipulation de <i>l'Artemisia</i> , citronnelle, l'eucalyptus	3H	L'élève sera capable de cultiver l'Artemisia de l'utiliser efficacement L'élève sera capable d'expliquer l'importance de la citronnelle dans le traitement de la malaria comme antipyrétique
				Les plantes antiparasitaires (contre Amibe)	Manipulation de <i>l'Euphorbia hirta</i>	3 H	L'élève sera capable d'utiliser efficacement l' <i>Euphorbia hirta</i>
				Montage de la petite pharmacie domestique et scolaire (les équipements) la gestion)	Visite d'une herboristerie	2H	L'élève sera capable de monter une petite pharmacie familiale à base des plantes médicinales
Biologie 5		Module 1 Unité structurelle et fonctionnelle du monde vivant	Composition chimique du protoplasme Troubles métaboliques	Les alicaments : plantes médicinales aux vertus alimentaires	Documentation et exposé	6 H	L'élève sera capable d'identifier dans son milieu les aliments riches en oligo-éléments et en acides gras insaturés ainsi que les antioxydants naturels
		Module 4 Systématique des végétaux	Cfr annexe 2. tableau 2	Définition d'un herbier son importance en systématique	Constitution d'un herbier des 20 plantes médicinales domestiquées (travail en équipe)	8 H	L'élève sera capable de constituer un herbier des plantes médicinales de sa région
				Classification des plantes médicinales en groupe taxonomique et en usages	Identification des 20 plantes médicinales et description suivant les noms locaux, noms scientifiques et usages	6 H	L'élève est capable de reconnaître les principales plantes médicinales et domestiquées de son milieu
		Module 5 Jardinage		Rappel de l'importance du jardin	Visite des jardins	1 H	L'élève est capable de monter un jardin
				Techniques de cultures des plantes médicinales (outils aratoires compostage, choix et traitement des semences médicinales, entretien des plantules,	Production des engrais naturels Production des insecticides	6 H	L'élève est capable de monter un jardin des plantes médicinales et d'assurer sa gestion
				Gestion d'un jardin des plantes médicinales (production des semences, production	Visite d'un jardin modèle	6 H	L'élève sera capable de gérer construire un plan de gestion durable d'un jardin médicinales

				des matières médicinales, planification des activités)			
Biologie 6		Module 5 Ecologie	Biodiversité : importance de la sauvegarde des espèces et du capital génétique	Les plantes médicinales et la biodiversité (historiques et distribution géographique, rôle dans les sociétés principes actifs et effets thérapeutiques)	Documentation et échanges en équipe	6 H	L'élève sera capable d'expliquer le rôle et la place des plantes médicinales dans le maintien de la biodiversité.
				Etat des forêts et conservation des plantes médicinales	Documentation et échanges en équipe	4 H	L'élève sera capable de créer des cadres de domestications des plantes médicinales rares et menacées
				Stratégies mondiales de protection des plantes médicinales (UICN ; OMS)	Documentation et échanges en équipe	4 H	L'élève sera capable d'expliquer les principes directeurs de conservation des plantes médicinales
				Politiques nationales de la médecine traditionnelle	Documentation et échanges en équipe	2 H	L'élève sera capable d'expliquer le rôle et l'importance du tradipraticien dans la politique nationale de santé

Cancer épithélial de l'ovaire au Maroc : Analyse épidémiologie sur une série de 182 cas au CHU Ibn Rochd de Casablanca, Maroc

[Epithelial Ovarian Cancer in Morocco: epidemiology analysis on a series of 182 cases at the Ibn Rochd University Hospital of Casablanca, Morocco]

Mustapha Benhessou^{1,2}, Luc Magloire Anicet Boumba¹, Mohammed Nabil Benchkrroun¹, Said Bouhya², and Mly Mustapha Ennaji¹

¹Laboratoire de Virologie, Microbiologie et Qualité/Eco-toxicologie et biodiversité, Faculté des Sciences et Techniques Mohammedia, Université Hassan II, Mohammedia-Casablanca, BP: 146 Mohammedia 20650, Maroc

²Service de Gynéco-obstétrique « A » CHU Ibn Rochd Casablanca, 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.

RÉSUMÉ: Le cancer de l'ovaire représente environ 4 % des cancers féminins, responsable de plus de 5 % des décès par cancer. Les taux d'incidence et de mortalité tendent à diminuer avec les progrès thérapeutiques. Afin de déterminer quelques aspects épidémiologiques du cancer de l'ovaire au Maroc, une étude descriptive et rétrospective a été menée sur une période de 34 mois au CHU Ibn Rochd de Casablanca. 182 cas de tumeurs épithéliales ovariennes (TEO) étaient retenus, représentant 60% de l'ensemble des tumeurs au cours de la période d'étude. L'âge moyen des patientes était de 48,3 ans. Plus de la moitié des patientes était multipares (51%) et ménopausées (56,6%). Un pic des TEO (28%) entre 41-50 ans était observé. La douleur pelvienne (71%) suivie de l'augmentation du volume de l'abdomen (37%) était les signes cliniques les plus fréquents. Les tumeurs bénignes étaient les plus importantes (53,8%) contre 34,6% des tumeurs malignes. Les stades cliniques FIGO III et IV réunis représentaient 55% de l'échantillon. Les cystadénocarcinome (54,3%) séreux représentaient le type histologique le plus important. Les données échographiques ont montré dans 31 cas une échostructure solido-kystique dans les cas des tumeurs malignes alors que cet aspect représentait 50 cas dans les tumeurs bénignes. Les attitudes thérapeutiques les plus pratiquées étaient : HTSCA dans 25 cas, omentectomie dans 20 cas et curage ganglionnaire dans 15 cas pour les tumeurs malignes. Les cancers ovariens au Maroc sont découverts à des stades avancés. Des actions devraient être menées pour favoriser un diagnostic précoce et une prise en charge adéquate de la maladie. Des études à plus grande échelle doivent être menées.

MOTS-CLEFS: Tumeurs épithéliales ovariennes, analyse épidémiologique, CHU Ibn Rochd Casablanca, Maroc.

1 INTRODUCTION

Le cancer de l'ovaire (CO) est une tumeur maligne qui se développe généralement à partir du revêtement de surface des ovaires. La forme la plus fréquente est le carcinome épithélial de l'ovaire (Eisinger et al., 2004). Du fait de sa situation et de son diagnostic tardif, le CO représente un problème majeur de santé publique et de santé de la reproduction chez la femme à travers le monde. Il représente 4% de tous les cancers chez les femmes avec plus de 200 000 nouveaux cas diagnostiqués chaque année dans le monde (Quaye et al., 2008). Il se situe au 7ème rang des cancers de la femme avec un taux standardisé mondiale par an de 8,1 pour 100 000. Sa fréquence est voisine de celle du lymphome malin non hodgkinien (8,2 pour 100 000) et inférieure à celle des cancers colorectaux (24,5 pour 100 000) et du cancer du sein qui demeure la première pathologie cancéreuse chez la femme (101,5 pour 100 000) (Belot et al., 2008). Le taux de mortalité et de morbidité varie selon les zones géographiques combiné à une variabilité des types rencontrés. Les tumeurs épithéliales de l'ovaire ou

tumeurs du revêtement ovarien représentent environ 65 % de l'ensemble des tumeurs et plus de 85 % des tumeurs malignes de l'ovaire de l'adulte [Brun et al., 2012]. Il a le plus mauvais pronostic des cancers gynécologiques suite à un diagnostic souvent tardif, avec une survie globale à cinq ans d'environ 35% (Berrino et al., 2007). En fonction des stades de la maladie (stade FIGO), les cancers précoces (stade I ou II) ont une survie de 80-90% par rapport à 25% dans les stades avancés (FIGO III et IV) (Colombo et al., 2006). Aucun test de dépistage efficace pour ce cancer n'existe, seulement 30% des patientes sont diagnostiqués dans les premiers stades de la maladie (Rufford et al., 2007 ; Quaye et al., 2008).

En Afrique les données sur le cancer de l'ovaire sont très parcellaires relevant le plus souvent des études sectorielles de quelques pays (Akhtar et al., 1993 ; Kazadi Buanga et al., 2005). Au Maroc le cancer de l'ovaire constitue un réel problème de santé publique. Les registres du cancer de Rabat et de Casablanca, situent ce cancer au 4^{ème} et au 5^{ème} rang des cancers le plus fréquents chez la femme avec une incidence standardisée estimée à 5,2 et 5,3 pour 100 000 respectivement. Parmi les types les plus communs, les cancers épithéliaux de l'ovaire (COE) représentent plus de 70% des CO. Dans la plupart des cas, le pronostic du cancer de l'ovaire reste sombre car plus de 35% des cas sont détectés au stade IV (métastatique de stade) (RCRC, 2012 ; Tazi et al 2009). La précocité du diagnostic dépend en grande partie du contexte clinique, car l'ovaire est un organe situé en profondeur et d'accès difficile. La prise en charge thérapeutique (chirurgicale ou chimiothérapique), tout comme le pronostic dépend du type histologique et du degré d'extension de la maladie rendant leur connaissance histopathologique nécessaire pour des meilleurs politiques de prévention. Malgré le développement de nouveaux traitements et thérapies visant à améliorer le taux de survie à cinq ans, le cancer de l'ovaire reste le cancer le plus meurtrier du tractus génital de la femme [Rein et al., 2011]. L'objectif du travail était d'étudier les caractéristiques épidémiologiques le profil épidémiologique et clinico-thérapeutique d'une population des patientes Marocaines atteintes de cancer de l'ovaire en milieu hospitalo-universitaire dans la ville de Casablanca, pour une meilleure prévention et prise en charge thérapeutique des patientes.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Population et type d'étude : Il s'agit d'une étude descriptive et rétrospective sur une série de 182 cas recensés au service de Gynéco-Obstétrique « A » du CHU Ibn Rochd de Casablanca sur une période de 2 ans entre Janvier 2010 et Novembre 2012. Pour mener à bien cette étude, une fiche d'enquête était établie comprenant : l'identité de la patiente, les données sociodémographiques, les circonstances de découverte de la maladie, l'examen clinique et para-clinique, le traitement chirurgical et adjuvant et l'aspect anatomo-pathologique de la tumeur.

Critères d'inclusion et d'exclusion : Etait inclus dans cette étude toute femme ayant subi une intervention chirurgicale pour tumeurs épithéliales de l'ovaire. Les autres cas de tumeurs ovariens non épithéliales étaient exclus.

3 RÉSULTATS

3.1 PRÉVALENCE GLOBALE

Prévalence globale : durant la période d'étude 303 cas de tumeurs ovariennes ont été enregistrés et pris en charge dans le service de Gynéco-obstétrique « A » du CHU Ibn Rochd de Casablanca, parmi lesquels, 182 cas étaient des tumeurs épithéliales de l'ovaire (TEO) représentant 60 % des cas de tumeurs global (figure 1).

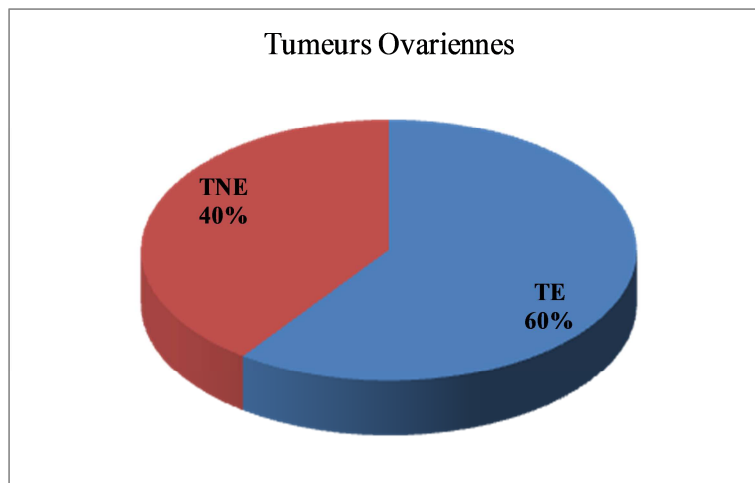


Figure1 : prévalence globale de tumeurs ovariennes entre Janvier 2010 et Novembre 2012 au CHU Ibn Rochd de Casablanca, Maroc

TE= tumeurs épithéliales, TNE= tumeurs non épithéliales

3.2 AGE

La moyenne d'âge de notre population d'étude était de $48,3 \pm 11,2$ ans avec des extrêmes allant de 16 à 80 ans. On note un pic entre 41-50 ans représentant 28% des TEO et dans une moindre mesure les femmes âgées de 31-40 ans représentaient quant à elles 25% des TEO (figure 2).

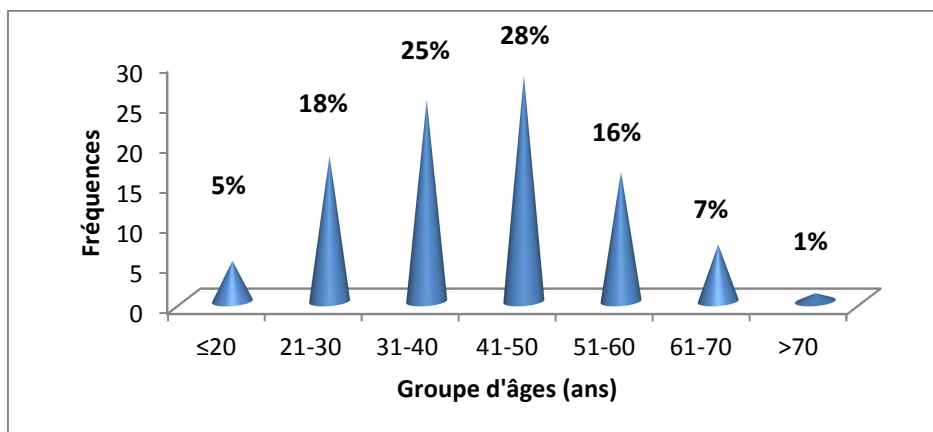


Figure 2 : répartition globale des tumeurs épithéliales de l'ovaire (TEO) en fonction de l'âge

3.3 PARITÉ

Notre cohorte était représentée par 38% des femmes nullipares pour un peu plus de la moitié (51%) des femmes multipares (figure3). Environ 56,6% patientes étaient ménopausées contre 43,4% non ménopausées.

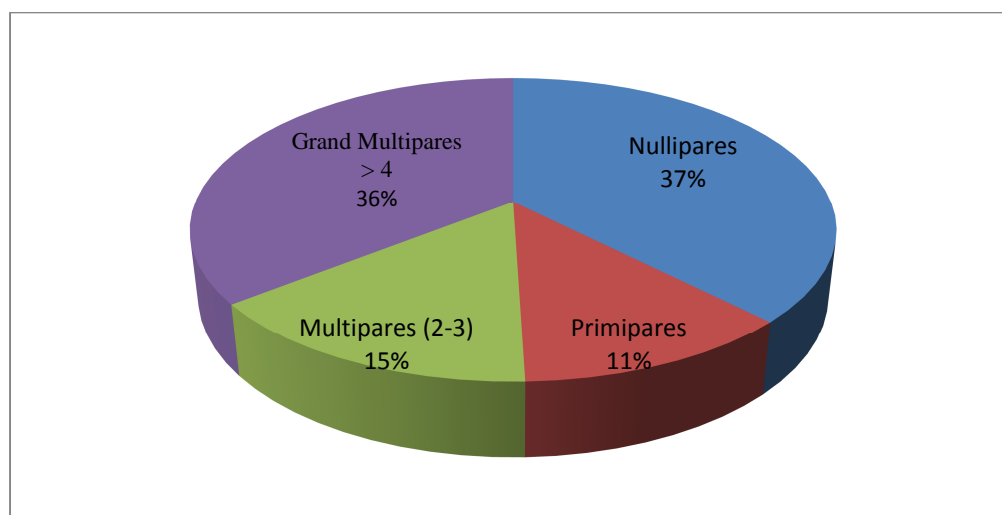


Figure 3 : répartition des patientes selon la parité

3.4 SIGNES CLINIQUES

La douleur pelvienne a été le signe clinique le plus fréquent au moment du diagnostic dans 129 (71%) cas, suivie de l'augmentation du volume de l'abdomen observée dans 63 (37%) des cas et l'ascite dans 38 (21 %) des cas quelque soit la nature de la tumeur (tableau 1).

Tableau 1 : Signes cliniques révélateurs

Circonstances de découverte	Nombre de cas	fréquences (%)
Douleur	129	70,9
Augmentation du volume de l'abdomen	63	34,6
Trouble du cycle menstruel	31	17
Signes de compression (urinaires, digestifs et veineux)	29	16
Ascite	38	20,9
Altération de l'état général	16	8,8
Fortuite	25	13,7

3.5 STADIFICATION CLINIQUE

Sur les 182 cas de TEO, 63 (34,6%) étaient des tumeurs malignes, 21 (11,5%) étaient des tumeurs borderlines et 84 (53,8%) étaient des tumeurs bénignes. La répartition selon le stade FIGO des tumeurs malignes a montré que 55% de nos patientes avaient un stade clinique avancé (Stade III et IV selon la classification de la FIGO 2009) (tableau 2).

Tableau 2 : répartition des tumeurs malignes selon le stade FIGO

Stades	Nbre de cas	%
Stade I	11	17
I A	4	6
I B	3	5
I C	4	6
Stade II	17	27
II A	7	11
II B	6	10
II C	4	6
Stade III	23	36
III A	7	11
III B	10	15
III C	6	10
Stade IV	12	19

3.6 TYPE HISTOLOGIQUE DE LA TUMEUR

En fonction du type histopathologique, on note que 10,4% de toutes les tumeurs ovariennes observées étaient des cystadénocarcinome séreux (soit 54,3% des tumeurs malignes), 6% des carcinomes indifférenciés, 5% des carcinomes différenciés, 4,4% des cystadénocarcinome mucineux, 2,7% des carcinomes à cellules claires et 1,6% des carcinomes endométrioïdes (tableau 3).

Tableau 3 : répartition des tumeurs épithéliales de l'ovaire selon le type hystologique

Type	Nbre de cas	%
Tm séreux :	98	53,8
Cystadénomes séreux bénins	69	38
Cystadénomes séreux borderlines	10	5,5
Cystadénocarcinomes séreux	19	10,4
Tm mucineux :	40	22
Cystadénomes mucineux bénins	28	15,4
Cystadénomes mucineux borderlines	4	2,2
Cystadénocarcinomes Mucineux	8	4,4
Tm endométrioïdes	17	9,3
Tm endométrioïdes bénins	12	6,6
Tm endométrioïdes borderlines	2	1
Carcinomes endométrioïdes	3	1,6
Carcinomes indifférenciés	11	6
Carcinomes différenciés	9	5
Tm maligne à cellules claires	5	2,7
Tm à cellules transitionnelles	2	1

3.7 REPARTITION DES TUMEURS EN FONCTION DE L'ASPECT ECHOGRAPHIQUE, ET ATTITUDES THERAPEUTIQUES.

En rapport avec les données échographique, 31 cas avaient une échostructure solido-kystique et 31 autres cas de l'ascite dans les cas des tumeurs malignes alors que ces aspects représentaient 50 et 15 cas respectivement dans les tumeurs bénignes (Tableau 4).

Les attitudes thérapeutiques les plus pratiquées étaient : HTSCA dans 25 cas, omentectomie dans 20 cas et curage ganglionnaire dans 15 cas pour les tumeurs malignes contre, 53 cas de kystectomie, 43 cas d'annexectomie et 17 cas d'ovariectomie pour les tumeurs bénignes (Tableau 5).

Tableau 4 : Données échographiques selon les tumeurs bénignes, malignes ou borderline

Données échographiques	Tumeurs bénignes		Tumeurs malignes		Tumeurs borderlines	
	Cas	%	Cas	%	Cas	%
Kystique	57	67,8	3	4,7	10	47,6
Solido-kystique	50	59,5	31	49,2	5	23,8
Solide	9	10,7	11	17,4	6	28,5
Ascite	15	17,8	31	49,2	2	9,5
Végétations	43	51,2	36	57,1	6	28,5
Métastases	0	0	29	46	0	0

Tableau 5 : Types d'interventions chirurgicales (attitudes thérapeutique)

Intervention	Tumeurs bénignes		Tumeurs malignes		Tumeurs borderline	
	Cas	%	Cas	%	Cas	%
Kystectomie	53	63	0	0	10	47,6
Ovariectomie	17	20,2	0	0	3	14,3
Annexectomie	43	51,2	4	6,3	6	28,5
HTSCA	3	3,5	25	39,7	1	4,8
Omentectomie	0	0	20	31,7	0	0
Curage ganglionnaire	0	0	15	23,8	0	0
Réduction tumorale	0	0	10	15,8	1	4,8
Biopsie	0	0	2	3,2	1	4,8
Abstention chirurgical	0	0	3	4,7	0	0

4 DISCUSSION

Épidémiologie du cancer est l'étude de la distribution de certaines caractéristiques et fréquence des affections malignes dans des populations spécifiques (Hennekens et al., 1987), a été le leitmotiv de notre étude sur l'analyse épidémiologique du cancer de l'ovaire à Casablanca en s'appuyant sur l'expérience du service de gynécologie obstétrique « A » du CHU Ibn Rochd.

En effet, le cancer de l'ovaire n'est pas un cancer très fréquent, à la différence du cancer du sein ou de col de l'utérus, en revanche, c'est un cancer caractérisé par une extrême gravité à cause de son diagnostic qui intervient le plus souvent à un stade avancée de la maladie (Brun et al., 2012). Alors que d'autres cancers gynécologiques peuvent être diagnostiqués à un stade précoce grâce au dépistage efficace (cancer du col) ou à des signes d'appel cliniques (saignement, par exemple dans le cas du cancer de l'endomètre), un test de dépistage précoce du cancer de l'ovaire n'existe pas et la maladie est habituellement silencieuse. Soixante-dix pour cent des patientes sont diagnostiquées à des stades avancés pour lesquels la survie à 5 ans est inférieure à 35% (Berrino et al., 2007).

Globalement, en 2010, environ 160 000 personnes sont mortes du cancer de l'ovaire, contre 113 000 en 1990. [Herbst, 1994 ; Lozano et al., 2012] La maladie est plus fréquente dans les pays industrialisés, à l'exception du Japon. Les femmes âgées sont plus à risque ; plus de la moitié des décès dus au cancer de l'ovaire se produisent chez les femmes entre 55 et 74 ans et environ un quart des décès par cancer de l'ovaire chez des femmes entre 35 et 54 ans [Brun et la., 2012].

En Afrique le cancer de l'ovaire est le 6^{ème} cancer le plus diagnostiqué chez la femme avec une fréquence de 3,7%, mais possède la plus forte mortalité (Sankaranayayanan et al., 2006, Ferlay et al., 2008).

Au Maroc, la fréquence de ce cancer est de 4.7 % des tous les cancers féminins, ce qui le situe au 5^{ème} rang, après ceux du sein, du col utérin de la thyroïde et les cancers colorectaux, son incidence stable est de 5.3 / 100 000 [RCRC, 2012]. Selon ce même registre, tous stades confondus, le taux de survie à 5 ans des cancers de l'ovaire ne dépasse pas 37% à 39% des cancers ovariens sont diagnostiqués à un stade métastatique (stade IV). Les tumeurs épithéliales de surface malignes, comptent pour 90% de l'ensemble de ces cancers, et le type histologique prédominant est l'adénocarcinome séreux, qui représente 41,2% de ces cancers.

L'âge moyen au moment du diagnostic est de 55 ans. Plus de la moitié des cancers de l'ovaire surviennent entre 45 et 64 ans et près d'un cas sur six survient avant 35 ans mais la tendance globale de l'incidence est l'augmentation avec l'âge (Tazi et al., 2009).

Dans notre étude 60% des tumeurs ovariennes étaient des tumeurs épithéliales de l'ovaire, ces résultats sont similaires avec ceux rapportés dans la littérature selon lesquels 60 à 70% des tumeurs ovariennes sont épithéliales. (Brun et al., 2012 ; Eagle et al., 1997).

La moyenne d'âge de notre population d'étude était de 48,3 ans. On note un pic entre 41-50 ans représentant 28% des TEO. Cette observation est proche de celle rapportée par plusieurs autres études à travers le monde (Katsube et al., 1982 ; Sankaranayayanan et al., 2006 ; Enow-Orock et al., 2006 ; Tebeu et al., 2009) dont une étude au Cameroun qui situe cet âge entre 40-59 ans (Sando et al., 2010). Les estimations mondiales globales montrent une incidence maximale du cancer de l'ovaire entre 65-74 ans (Sankaranayayanan et al., 2006). Le décalage vers la gauche observé dans notre étude par rapport à la tendance mondiale pourrait s'expliquer par l'espérance de vie faible de la femme en Afrique en générale.

Notre cohorte était représentée par 51% des femmes multipares par rapport aux femmes nullipares (38%). Environ 56,6% des patientes étaient ménopausées contre 43,4% non ménopausées. Ces résultats corroborent avec ceux de la littérature dont la multiparité est décrite comme un facteur protecteur vis-à-vis du cancer de l'ovaire (Whittemore et al., 1992 ; Bankset al., 2000; Stöppler et al., 2011 ; Rein et al., 2011). Le risque de cancer de l'ovaire est diminué chez les femmes non nullipares comparées aux femmes nullipares avec une réduction de risque de 40% après la première naissance et de 14% pour chaque naissance supplémentaire [Whittemore et al., 1992]. D'autre part, il est décrit que le cancer de l'ovaire est le plus souvent diagnostiqué au cours de la période péri-ménopausique (Sankaranayayanan et al., 2006 ; Rein et al., 2011).

Les stades FIGO III et IV représentaient 55% des cas de cancer épithéliaux de l'ovaire dans notre série, conformément à l'affirmation selon laquelle le cancer de l'ovaire est souvent diagnostiqué à des stades avancés, car la maladie est souvent insidieuse et sans signes cliniques apparentes (Fields et al., 2006 ; Chêne 2011 ; Ardaens et al., 2000), mais aussi les malades ne consultent souvent que plusieurs mois (en moyenne 6 mois) après l'apparition des premiers symptômes (Mandong et al., 2003). La douleur pelvienne a été le signe clinique le plus fréquent au moment du diagnostic, 71% des cas, suivie de l'augmentation du volume de l'abdomen observée dans 37% des cas. L'étude de Hiyari [Hiyari, 1995] a retrouvé les mêmes résultats dans 77% des cas alors que qu'elle était retrouvée en 3^{ème} position des signes cliniques (56,67%) le plus fréquent dans l'étude de Sando (Sando et al., 2010). Quant à l'augmentation du volume abdominal, elle est souvent due soit à l'augmentation du volume de la tumeur, soit à une ascite (Bankhead et al., 2005 ; Rufford et al., 2007) ce qui concorde avec notre étude qui a retrouvé ce signe comme révélateur de tumeur ovarienne chez 63 patientes, soit 37% ; sous forme la plus souvent de masse abdomino-pelvienne qui a été soit isolée soit associée à d'autres signes. Ces résultats pourraient s'expliquer par la fréquence souvent élevée des maladies inflammatoires pelviennes en relation étroite avec les infections sexuellement transmissibles (IST) (Sando et al., 2010). Le peu d'études ayant recherché un lien entre ces pathologies et le cancer de l'ovaire suggèrent un risque majoré pour au moins un épisode de IST surtout s'il est survenu à un âge jeune, si la femme est nullipare en raison d'une infertilité et s'il existait des épisodes récurrents [Elkharashy et al., 2012 ; Lin et al., 2011]. De même pour l'augmentation du volume de l'abdomen, le tableau clinique correspond à la présentation classique des tumeurs malignes de l'ovaire (Brennan et al., 2007).

En fonction du type histopathologique, on note que 10,4% de toutes les tumeurs ovariennes, soit 54,3% de tumeurs malignes étaient des cystadénocarcinomes séreux, représentant le type histologique maligne le plus fréquent. Ceci est en accord avec la majorité des études dans la littérature (Akpada et al., 2005 ; Sankaranayayanan et al., 2006). Ces lésions représentent entre 20 et 50 % des tumeurs ovariennes et 40 % des cancers. Deux tiers d'entre elles sont bénignes et un quart sont malignes. La faible proportion des types endométrioïdes s'expliquerait par la faible prévalence de l'endométriose ovarienne en Afrique en comparaison aux pays développés (Sando et al., 2010).

En rapport avec les données échographiques, 31 cas avaient une échostructure solido-kystique et 31 autres cas de l'ascite dans les cas des tumeurs malignes alors que ces aspects représentaient 50 et 15 cas respectivement dans les tumeurs bénignes. Parmi les tumeurs malignes de l'ovaire, 25% seulement sont de type kystique, alors que pratiquement 75% sont Solido-kystique, seul un petit nombre est solide. Hiyari rapporte 34 % des images kystiques parmi 70 cancers ovariens (Hiyari et al., 1995) . Sellouf aussi dans sa série rapporte un pourcentage de 10 % des images kystiques parmi 30 cancers ovariens [Sellouf, 1995]. L'ascite serait dans 30% des cas un signe révélateur d'une tumeur ovarienne, sa constatation est de mauvais pronostic (Sugiyama et al., 2000). Hiyari à retrouvé ce symptôme dans 50% des cas comme signe révélateur de cancer ovarien. Sellouf a constaté 6 cas d'ascite, dont 2 cas en rapport avec une tumeur maligne. Dans notre étude l'ascite a été retrouvée chez 38 cas (soit 21 %) ; il s'agit d'ascite de moyenne et grande abondance et qui sont révélées malignes dans les deux tiers après l'étude cytologique.

Les attitudes thérapeutiques les plus pratiquées étaient : Un traitement radical (HTSCA avec ou sans omentectomie, avec ou sans curage ganglionnaire) était pratiqué dans 25 cas, omentectomie dans 20 cas et curage ganglionnaire dans 15 cas pour les tumeurs malignes contre, 53 cas de kystectomie, 43 cas d'annexectomie et 17 cas d'ovariectomie pour les tumeurs bénignes. En effet, la chirurgie classique constitue le temps essentiel du traitement dans les tumeurs ovariennes. Elle permet une exérèse tumorale plus ou moins complète et une évaluation de l'extension intra et rétro péritonéale, ce qui va permettre une stadification si la tumeur est maligne [Morice et al., 2009]. Toutes nos patientes étaient opérées (100%), les techniques qui ont été utilisées concernant l'ensemble des tumeurs. Pour les tumeurs malignes épithéliales et les tumeurs endocrines, le traitement conservateur est fait pour les patientes ayant un stade Ia, (bilan d'extension chirurgical complet négatif et ovaire controlatéral sain). Une surveillance étroite doit être réalisée et une hystérectomie avec annexectomie controlatérale est conseillée. La survie après ces gestes est d'autant plus longue que la tumeur est de bas grade, l'intervalle libre est long, l'état général de la malade conservé, et que la cause n'est pas la carcinose (5-25 % des cas) [Parker et al., 1996].pres avoir eu les enfants désires [Querleu, 1993].

Au Maroc et à l'image de l'Afrique toute entière, les données relatives au cancer de l'ovaire font cruellement défaut. Cela pourrait s'expliquer par la difficulté d'accès des patientes aux centres médicaux spécialisés, la difficulté à rassembler l'ensemble des données médicales, du fait du changement souvent de médecins et de centres par les patientes, la pauvreté de la population etc. Il faut cependant se souvenir que faute d'un registre national des cancers au Maroc, ces données sont extrapolées à partir des seuls registres de deux villes existants qui couvrent presque 15% de la population Marocaines. Ces données peuvent ne pas être représentatives des données en population générale de cancer de l'ovaire quel que soit le lieu de traitement, elles donnent néanmoins un ordre de grandeur de la gravité et des capacités de traitement de cette maladie

5 CONCLUSION

La présente étude épidémiologique sur le cancer de l'ovaire a montré que ce cancer est une réalité inquiétante au Maroc. Les femmes âgées de plus de 40 ans étant les plus affectées avec une présentation clinique associée au tableau classique des pelvialgies et un diagnostic souvent tardif. Tout en recommandant une étude plus approfondie sur l'ensemble du territoire afin de préciser les données cliniques et anatomopathologiques du cancer de l'ovaire au Maroc ; il sied de regretter que l'épidémiologie de ce cancer soit au Maroc le parent pauvre de la santé et que nous soyons obligés de nous servir des données nord-américaines et européennes qui ne correspondent pas à nos habitudes culturelles, alimentaires, à notre mode de vie ou à nos us de prescriptions médicales. Cette étude constitue donc une contribution à l'insuffisance des connaissances sur le cancer des ovaires au Maroc.

REFERENCES

- [1] Eisinger F, Bressac B, Castaigne D, Cottu P-H, Lansac J, Lefranc J-P, et al. (2004) : Identification et prise en charge des prédispositions héréditaires aux cancers du sein et de l'ovaire. *Bull Cancer* ;91:219—37.
- [2] Quaye L, Gayther SA, Ramus SJ, Di Cioccio RA, McGuire V, Hogdall E, et al. The effects of common genetic variants in oncogenes on ovarian cancer survival. *Clin Cancer Res* 2008;14:5833-9
- [3] Belot, A., Grosclaude, P., Bossard, N., Jouglu, E., Benhamou, E., Delafosse, P., Velten, M. (2008). Cancer incidence and mortality in France over the period 1980-2005. *Rev Epidemiol Sante Publique*, 56(3), 159-175. doi: 10.1016/j.respe.2008.03.117
- [4] Brun J-L, Boubli B, Sascio A-J (2012) Épidémiologie des tumeurs de l'ovaire EMC : 630 A 10 :2-5 Doi : 10.1016/S0246-1064(12)54702-X)
- [5] Berrino F, De Angelis R, Sant M, Rosso S, Lasota MB, Coebergh JW, et al. Survival for eight major cancers and all cancers combined for European adults diagnosed in 1995-99: results of the EURO CARE-4 study. *Lancet Oncol* 2007;8:773-83.
- [6] Colombo N, Van Gorp T, Parma G, Amant F, Gatta G, Sessa C, et al. Ovarian cancer. *Crit Rev Oncol Hematol* 2006;60:159-79.
- [7] Rufford BD, Jacobs IJ, Menon U. Feasibility of screening for ovarian cancer using symptoms as selection criteria. *BJOG* 2007;114:59-64.
- [8] Akhtar SS, Abu Bakr MA, Dawi SA, Huq IU. Cancer in Libya- a retrospective study (1981-1985). *Afr J Med Sci* 1993; 22 (1): 17-24.
- [9] Kazadi Buanga J. La chirurgie du cancer de l'ovaire en situation précaire : le constat de Saint Jean de Dieu à propos de 21 cas. *Méd Afr Noire* 2005 ; 52 (2): 126-8.
- [10] RCRC (2012) Registre des cancers de la région du grand Casablanca (2005-2006-2007), ed. 2012. pp 84.

- [11] Tazi MA, Benjaafar N, Er-Raki (2009) Incidence des cancers à Rabat. Registre des Cancers: Année 2005, Edition 2009. pp 51-53.
- [12] Mandong BM, Ujah IAO. A ten years review of gynaecological malignancies in Jos University Teaching Hospital Jos-Nigeria (1990-1999). *Sahel Med J* 2003; 6 (2); 49-52.
- [13] Herbst, A. L. (1994). The epidemiology of ovarian carcinoma and the current status of tumor markers to detect disease. *Am J Obstet Gynecol*, 170(4), 1099-1105; discussion 1105-1097.
- [14] Lozano, R (2012). "Global and regional mortality from 235 causes of death for 20 age groups in 1990 and 2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010." *Lancet* 380 (9859): 2095–128. doi:10.1016/S0140-6736(12)61728-0. PMID 23245604
- [15] Sankaranarayanan R, Ferlay J. Worldwide burden of gynaecological cancer: the size of the problem. *Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol* 2006; 20 (2): 207-25.
- [16] Eagle, K., & Ledermann, J. A. (1997). Tumor Markers in Ovarian Malignancies. *The Oncologist*, 2(5), 324-329.
- [17] Sando Z., Mboudou E., Fouogue T.J., Nganwa G., Tchuendem J., Essame J.L., Doh A.S., Genton C.Y (2010) Profil Clinique et Anatomopathologique des Cancers de l’ovaire à Yaounde, Cameroun. *Clinics in Mother and Child Health* 7 (1) : 1183-1188
- [18] Katsube Y, Berg JW, Silverberg SG. Epidemiologic pathology of ovarian tumors: A histopathologic review of primary ovarian neoplasms diagnosed in the Denver Standard Metropolitan Statistical Area, 1 July-31 December 1969 and 1 July-31 December 1979. *Int J Gynecol Pathol* 1982; 1 (1): 3-16.
- [19] Enow-Orock G, Mbu R, Ngowe NM, Tabung F K, Mboudou E, Ndom P, et al. Gynecological cancer profile in the Yaounde population, Cameroon. *Clin Mother Child Health* 2006; 3(1): 437-44
- [20] Tebeu P.-M, Petignat P, Mhaweche-fauceglia P. Gynecological malignancies in Maroua, Cameroon. In *J Gynecol Obstet* 2009; 194 (2):148-9.
- [21] Whittemore A, Harris R, Itnyre J (1992) Characteristics relating ovarian cancer risk: collaborative analysis of 12 case-control studies. II. Invasive epithelial ovarian cancer in white women. *Am J Epidemiol*. 136: 1184-202.
- [22] Stöppler, Melissa Conrad; Lee, Dennis; Shiel, William C. Jr., MD, FACP, FACR. "Ovarian cancer symptoms, early warning signs, and risk factors". *MedicineNet.com*. Retrieved 27 July 2011
- [23] Hennekens CH, Buring JE: *Epidemiology in Medicine*, pp 3–15. Boston, Little Brown & Co, 1987
- [24] Rein, B. J., Gupta, S., Dada, R., Safi, J., Michener, C., & Agarwal, A. (2011). Potential markers for detection and monitoring of ovarian cancer. *J Oncol*, 2011, 475983. doi: 10.1155/2011/475983
- [25] E. Banks, "The epidemiology of ovarian cancer," in *Ovarian Cancer: Methods and Protocols*, J. M. S. Bartlett, Ed., Humana Press, Totowa, NJ, USA, 2000
- [26] Fields MM, Chevlen E. Ovarian cancer screening: a look at the evidence. *Clin J Oncol Nurs* 2006; 10 (1): 77-81.
- [27] Ardaens.Y, Coquet.P *Imagerie des kystes et des tumeurs de l’ovaire*. EMC, Gynecologie, 2000, 680-A-26, 13p.
- [28] Ferlay J, Shin HR, Bray F, Forman D, Mathers C, Parkin DM. GLOBOCAN 2008 v2.0, Cancer Incidence and Mortality Worldwide: IARC CancerBase No. 10. 2010. Lyon, France. International Agency for Research on Cancer
- [29] Hiyari . I *Cancer de l’ovaire ; Expérience du centre d’oncologie Ibn Rochd Thèse Méd Casa,1995, N° 60.*
- [30] Elkharashy, M. S., Mohamed, N. G. R., Hanafi, N. F., Orief, Y. I., & Sabaa, B. M. E. (2013). Prevalence of high risk human papillomavirus types 16/18 in cytologically abnormal cervical smears in Alexandria, Egypt. A cytological and molecular study. *Middle East Fertility Society Journal*, 18(4), 253-267. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mefs.2013.01.002>
- [31] Lin, H. W., Tu, Y. Y., Lin, S. Y., Su, W. J., Lin, W. L., Lin, W. Z., Lai, Y. L. (2011). Risk of ovarian cancer in women with pelvic inflammatory disease: a population-based study. *Lancet Oncol*, 12(9), 900-904. doi: 10.1016/s1470-2045(11)70165-6
- [32] K. M. Brennan, V. V. Baker, and O. Dorigo, Premalignant and malignant disorders of the ovaries and oviducts, in *Current Diagnosis and Treatment: Obstetrics and Gynecology*, A. H. DeCherney, L. Nathan, T. M. Goodwin, and N. Laufer, eds., McGraw-Hill, New York, 10th ed., 2007.
- [33] Akpadza K, Baeta S, Napo-Koura G, Kolani K, Djaneye-Boundou LD, Nyame AN. Le cancer de l’ovaire au Togo. *Méd Afr Noire* 2005 ; 52 (5) : 302-6.
- [34] Sellouf.A *Les tumeurs de l’ovaire : confrontation anatomo-clinique radiologique et biologique (à propos de 146 cas)* Thèse Med Casa 1995, N° 278
- [35] Sugiyama, T., Kamura, T., Kigawa, J., Terakawa, N., Kikuchi, Y., Kita, T., Taguchi, K. (2000). Clinical characteristics of clear cell carcinoma of the ovary: a distinct histologic type with poor prognosis and resistance to platinum-based chemotherapy. *Cancer*, 88(11), 2584-2589.
- [36] Morice, P., Uzan, C., And Gouy, S., *Chirurgie des tumeurs épithéliales malignes de l'ovaire*. *Encycl Med Chir (Elsevier SAS, Paris)*. Techniques chirurgicales - Gynécologie, 41-555, 2009, 16 pages
- [37] Parker Mc, Baines Mj. Intestinal obstruction in patients with advanced Malignant disease. *Br J Surg* 1996 ; 83 : 1-2/2012 Elsevier Masson SAS

- [38] Querleu, D., Tumeurs de l'ovaire. Classification et histopathologie. Encycl Med Chir (Elsevier SAS, Paris). Gynécologie, 680-A-10, 1993, 9 pages
- [39] Bankhead CR, Kehoe ST, Austoker J. Symptoms associated with diagnosis of ovarian cancer: a systematic review. BJOG 2005;112:857-865.
- [40] Rufford BD, Jacobs IJ, Menon U. Feasibility of screening for ovarian cancer using symptoms as selection criteria. BJOG 2007;114:59-64

Inventaire des plantes sauvages alimentaires dans les groupements d'Irhambi-Katana, Bugorhe et Miti, Sud-Kivu, RD Congo

[Inventory of wild food plants in Irhambi-Katana, Bugorhe and Miti Districts, South-Kivu, DR Congo]

Yves Matabaro Amani¹, Soleil Habamungu Shalukoma², Burume Nteranya³, François Kazadi Minzangi¹, Oswald Koleramungu Cimanuka⁴, and Gustave Cirimwami Tabaro⁵

¹Département de Biologie, Section de Botanique, Laboratoire de Phytochimie,
Centre de Recherche en Sciences Naturelles de Lwiro, DS/Bukavu,
Sud-Kivu, Bukavu, RD Congo

²Département de Biologie, Section Agro-alimentaire, Laboratoire de Technologie Agro-alimentaire,
Centre de Recherche en Sciences Naturelles de Lwiro, DS/Bukavu,
Sud-Kivu, Bukavu, RD Congo

³Département de Santé publique,
Institut Supérieur de Techniques Médicales de Kabare,
Sud-Kivu, Bukavu, RD Congo

⁴Programme National Légumineuse, Section Défense des Végétaux, Laboratoire de Phytopathologie,
Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomique de Mulungu,
Sud-Kivu, Bukavu, RD Congo

⁵Département de l'Environnement, Section de Socio-Economie de l'Environnement, Laboratoire de Sociologie de
l'Environnement, Centre de Recherche en Sciences Naturelles de Lwiro, DS/Bukavu,
Sud-Kivu, Bukavu, 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 Survey of wild food plants in Irhambi-Katana, Bugorhe and Miti Districts, South-Kivu, D.R. Congo. To encounter periods of food shortages and undernourishment problem domestication of wild food plants is very essential. We present here an inventory of the edible plants of Irhambi-Katana, Bugorhe and Miti counties of Kabare Territory in the surrounding areas of Kahuzi-Biega National Park. This is essential in view to establish these plants as food source after subsequent Chemical evaluation. From 226 respondents interviewed 13 plant species belonging to 12 families are known to be edible in these rural communities. The species of *Capparidaceae* family is more frequent (16,3 %) followed by species from *Pteridiaceae* and *Myrsinaceae* families (13,4 %) and species from *Dioscoreaceae* (7,8 %). Other plant species less frequent are respectively from Melastromantaceae, Musaceae, Solanaceae, Cyperaceae, Hippocrateaceae, Myrtaceae, Sapindaceae and Verbenaceae plant families. Plant leaves are the most consumed parts. Fruit trees are less known and must be more popularized.

KEYWORDS: Inventory, wild food plants, Irhambi-Katana, Bugorhe, Miti, Kahuzi-Biega National Park.

RÉSUMÉ: Pour résoudre le problème de la sous-alimentation et de la malnutrition, la domestication des plantes sauvages comestibles une fois étudiées et connues est très importante. Dans le présent nous avons inventorié par interview de la population, les espèces de plantes sauvages consommées par la population riveraine du Parc National de Kahuzi-Biega, notamment, dans les groupements d'Irhambi-Katana, Bugorhe et Miti en vue d'une étude chimique alimentaire ultérieure pour leur valorisation. Sur un total de 226 personnes interviewées, 13 espèces de plantes ont été citées, réparties dans 12 familles. L'espèce de la famille de *Capparidaceae* est très citée par les enquêtées soit à 16,3 %, suivi des espèces de la famille de *Pteridiaceae* et *Myrsinaceae* avec 13,4 % et les espèces de la famille de *Dioscoreaceae* avec 7,8 %. D'autres espèces les moins fréquentes sont celles des familles de *Melastromantaceae*, *Musaceae*, *Solanaceae*, *Cyperaceae*, *Hippocrateaceae*, *Myrtaceae*, *Sapindaceae* et *Verbenaceae*. Les feuilles constituent l'organe le plus consommé. Les espèces fruitières sont très peu connues et devraient faire objet d'une attention particulière.

MOTS-CLEFS: Inventaire, plantes sauvages alimentaires, Irhambi-Katana, Bugorhe, Miti, Parc National de Kahuzi- Biega.

1 INTRODUCTION

Pour résoudre le problème de la sous-alimentation et de la malnutrition, la domestication des plantes sauvages comestibles une fois étudiées et connues est très importante. Il est reconnu aujourd'hui environ 30 espèces de plantes dans le monde qui produisent la majeure partie des aliments d'origine végétale, pourtant, il existe plus de 30000 plantes comestibles. Ces plantes ne sont utilisées que rarement par la population et la plupart d'entre elles n'ont jamais été évaluées chimiquement pour leur potentialité comme plantes agricoles [1], [2] et [3]. Les plantes sauvages présentent l'avantage d'être mieux adaptées aux conditions éco-climatiques [2].

En Afrique, des centaines si non des milliers des plantes sauvages sont utilisées quotidiennement non seulement par quelques communautés vivant dans les forêts mais aussi par la grande majorité des peuples paysans Africains [4]. Ces plantes contribuent de manière essentielle à l'alimentation en assurant la survie en temps de disette et en apportant des nutriments rares dans la ration alimentaire [5]. En Afrique centrale, l'intérêt des plantes sauvages pour l'alimentation des populations rurales est très largement reconnu. En République Démocratique du Congo, on peut citer le travail de [6] relatifs aux produits sauvages comestibles en territoire de Bemba, Province du Bas-Congo et province Orientale.

D'autres travaux ethnobotaniques ont été réalisés en République Démocratique du Congo notamment ceux de [7], [8], [9] et [10], mais aucun travail spécifique n'a été publié jusqu'à présent sur les plantes sauvages comestibles par l'homme dans les groupements d'Irhambi-Katana, Bugorhe et Miti environnant le Parc National de Kahuzi-Biega (PNKB) au Sud-Kivu.

Dans le présent travail nous présentons après inventaire les espèces de plantes sauvages consommées par la population riveraine du PNKB, notamment, les populations des groupements d'Irhambi-Katana, Bugorhe et Miti en vue d'une étude chimique alimentaire ultérieure pour leur valorisation.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

Les groupements d'Irhambi-Katana, Bugorhe et Miti (Figure 1) sont situés dans le territoire de Kabare (Sud-Kivu, République Démocratique du Congo) entre 30 et 50Km au Nord de la ville de Bukavu entre 28° 48' de longitude Est et de 2° 15' de latitude Sud. Ils sont compris entre 1470 m et 2430 m d'altitude. Le climat fortement marqué par l'altitude et la proximité du Lac Kivu et du PNKB, les températures y sont fraîches avec une moyenne annuelle de 19,5°C et l'humidité relative entre 68 et 75%. Le climat tropical humide comprend une longue saison de pluie de 9 mois (Sept - Mai) et une courte saison sèche de 3 mois (Juin - Aout). Un fait climatique important est celui de la croissance thermique altitudinale, d'une façon générale, on observe une corrélation étroite entre l'altitude et la température [11].

Le relief est en général caractérisé par l'alternance des collines, des larges dépressions fermées ou des vallées qui empêchent l'écoulement de l'eau et qui facilitent la rétention ainsi que l'accumulation de l'humidité excédante des nombreux marais où prédomine une végétation de *Cyperus latifolius*. La végétation est constituée d'une savane herbeuse de montagne dominée par des graminées fortement diversifiées et quelques arbustes. Cette végétation a remplacé une végétation primitive constituée de forêt primaire à *Albizia grandibracteata* original [11]. Ces trois groupements sont parcourus par de nombreux cours d'eaux qui se déversent dans le lac Kivu, on y trouve aussi des marais permanents.

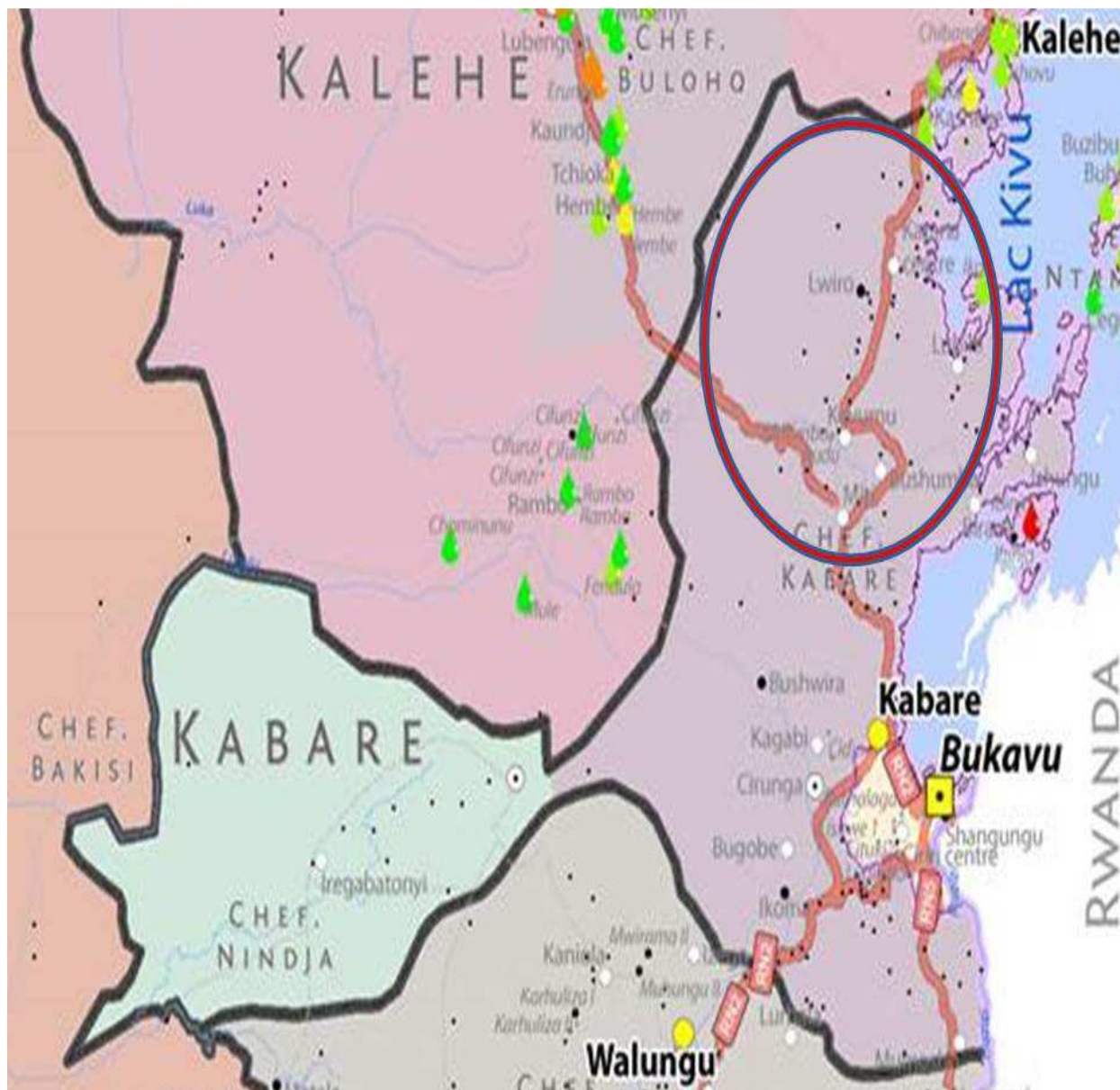


Figure 1. Carte du Territoire de Kabare avec les groupements d'Irhambi-Katana, Bugorhe et Miti encerclés.

2.2 ENQUÊTE SUR TERRAIN

Des enquêtes basées sur les interrogations directes portant sur les usages des plantes sauvages dans l'alimentation ont été conduites durant les mois de septembre, octobre et novembre 2014 dans les villages de trois groupements notamment, Irhambi-Katana, Bugorhe et Miti qui logent le long du PNKB. Les villages cibles sont Kabushwa, Kahungu, et Mabingu dans le groupement d'Irhambi-Katana ; Kamakombe et Mulangala pour le groupement de Bugorhe, enfin, Miti-Cibinda et Combo en ce qui concerne le groupement de Miti. Le choix de ces villages est dû au fait qu'ils conservent encore certaines forêts mais aussi leur proximité vis-à-vis du PNKB, qui est site du patrimoine mondial de la R.D.Congo.

Pour cette étude, nous avons fait recours à deux méthodes : les interviews semi-structurées et informelles. Les interviews semi-structurées sont basées sur une liste de thèmes ou des questions préalablement établies ; par contre les interviews informelles sont des conversations occasionnelles qui permettent à la fois d'estimer les connaissances et de solliciter les réponses [12]. Les personnes interrogées étaient tous majeures, dont l'âge était compris entre 19 et 75 ans, intervenant tous dans les activités ménagères de recherche de la ration alimentaire quotidienne; soit 50% d'hommes et 50% de femmes étaient interviewés. Dans chaque village, une trentaine de personnes étaient interviewées compte tenu des effectifs des

répondants en ce qui concerne la connaissance sur les plantes sauvages comestibles. Après entretien une descente sur le terrain était effectuée pour récolter les plantes.

2.3 COLLECTE DES DONNÉES

Les échantillons des plantes ont été récoltées et transportées au laboratoire de botanique du Centre de Recherche en Sciences Naturelles de Lwiro où l'identification a été affectée grâce à des clés d'identification [13] et [14]. Concernant les noms vernaculaires, certaines espèces de plantes présentaient des ambiguïtés, ce qui conduit à faire le terrain avec les paysans pour les dénommer. En effet, une même appellation pouvait désigner plusieurs espèces tandis qu'une même espèce pouvait posséder plusieurs noms différents en fonction des villages enquêtés. Le pourcentage et la fréquence ont été déterminés grâce au logiciel Past et Excel.

3 RESULTATS

A l'issue de notre enquête, sur un total de 226 personnes interviewées, 13 espèces de plantes sauvages alimentaires ont été citées, réparties dans 12 familles. Chaque famille contient une seule espèce, sauf la famille de Dioscoreaceae, qui en contient deux. Les plantes inventoriées et identifiées sont groupées dans la liste floristique par famille et espèce dans le tableau ci-dessous.

Tableau : Plantes sauvages alimentaires des groupements d'Irhambi-Katana, Bugorhe et Miti

Famille	Non scientifique	Nom vernaculaire	Partie utilisée	Mode d'utilisation	Fréquence
Capparidaceae	<i>Cleome schimperi</i>	Bushaku	Feuilles	Cuisson	23
Myrsinaceae	<i>Embelia schimperi</i>	Ishalula Bahivi	Feuille	Cru	19
Pteridiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	Bisirusiru	Feuille	Cuisson	19
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea preusi</i>	Mayange	Fruit	Cuisson ou grillage	11
	<i>Dioscorea.sp</i>	Madirha	Tubercule	Cuisson	2
Melastromantaceae	<i>Dissotis melastromanta</i>	Cirerabana	Fruit	Cru	9
Musaceae	<i>Ensete eduli</i>	Cirembo	Fruit	Mur	6
Solanaceae	<i>Physalis angulata</i>	Mpuhuhu	Fruit	Mur	2
Cyperaceae	<i>Cyperus latifolius</i>	Lushasha	Feuilles	Grillage	1
Hippocrateaceae	<i>Salacia</i>	Mau	Fruit	Mur	1
Myrtaceae	<i>Syzygium .sp</i>	Cihuku	Tubercule	Cuisson ou grillage	1
Sapindaceae	<i>Cardiospermum halicacabum</i>	Mubogobogo	Fruit	Cuisson	1
Verbenaceae	<i>Lantana trifolia</i>	Butolya	Fruit	Cru	1

Les résultats du tableau ci-haut, sont représentés graphiquement ci-dessous en fonction de la Variation de leur fréquence de consommation par rapport aux familles et aux espèces des plantes.

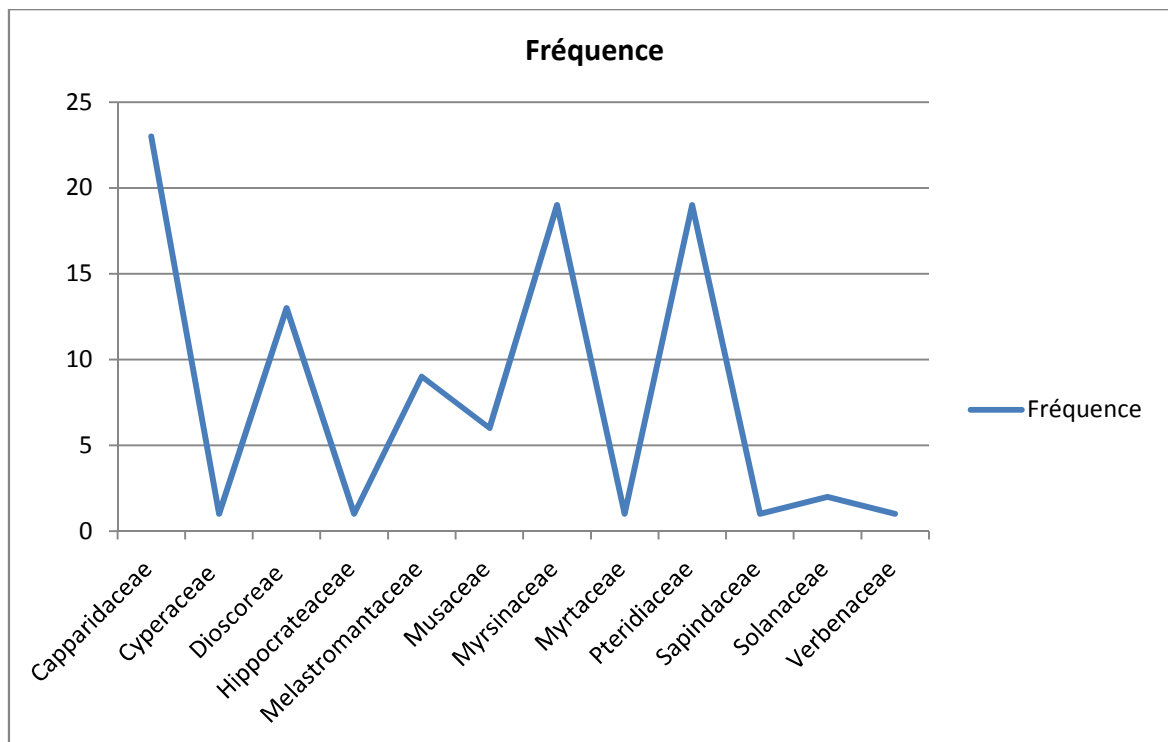


Figure 2. Variation de fréquence de consommation par rapport aux familles des plantes.

Ce graphique montre que les plantes sauvages les plus consommées par la population de ces trois groupements sont de la famille Cappariaceae, alors que celles des familles Cyperaceae, Hippocrateaceae, Myrtaceae, Sapindaceae et Verbenaceae sont les moins consommées.

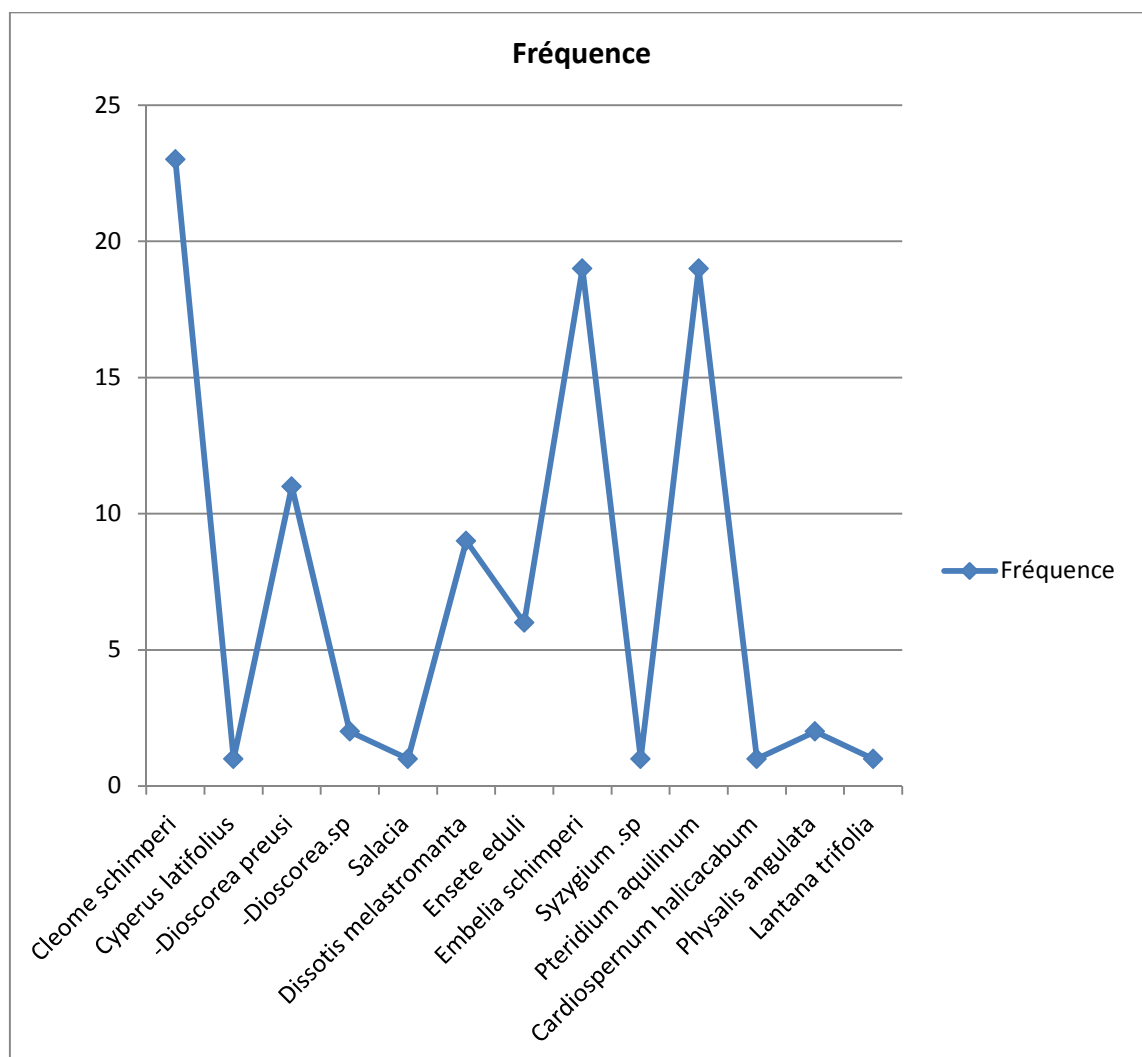


Figure 3. Variation de fréquence de consommation par rapport aux espèces des plantes.

Ce graphique montre que l'espèce *Cleome schimperi* est la plante sauvage la plus consommée dans les groupements d'Irhambi-Katana, Bugorhe et Miti tandis que les espèces *Salacia*, *Syzygium.sp*, *Pteridium aquilinum* et *Lantana trifolia* y sont les plantes sauvages les moins consommées.

4 DISCUSSION

Ce travail qui a consisté à l'inventaire des plantes sauvages alimentaires dans les groupements d'Irhambi-Katana, Bugorhe et Miti, Sud- Kivu, R.D. Congo montre que l'espèce de la famille de Capparidaceae est très citée par les enquêtés soit à 16,3%, suivi des espèces de la famille de Pteridiaceae et Myrsinaceae avec 13,4% ; les espèces de la famille de Dioscoreaceae avec 7,8%. Pour les autres espèces, les enquêtes les reconnaissent mais ne sont pas très rentables pour les ménages ; ce sont surtout les fruits et appartenant à d'autres familles outre que Capparidaceae, Pterdiaceae et Myrsinaceae. Ceci a été également constaté par [15] pour les plantes alimentaires sauvages dans les Hauts plateaux d'Uvira, R.D. Congo où les plantes sauvages alimentaires à fruits consommés étaient moins citées. En outre, certaines plantes sauvages alimentaires constituent également des produits phytosanitaires recherchés outre les éléments nutritifs reconnus actuellement.

Les feuilles constituent l'organe le plus consommé par la population en se référant à la fréquence. [16] dans son étude, avait trouvé qu'il existait 150 feuilles comestibles en Afrique de l'Ouest. Selon [7] , les légumes-feuilles peuvent être repartis en diverses catégories dont les salades (feuilles non cuites constituant un plat d'accompagnement), les garnitures (feuilles non cuites utilisées pour décorer les plats), les condiments (feuilles macérées ou sucrées en petites quantités, elles

relèvent par contraste le goût du plat principal), les épinards ou les herbes potagères (feuilles cuites mélangées dans une sauce ou avec d'autres légumes).

Le nombre de légumes-feuilles spontanés consommés varie avec les groupes ou territoires concernés. A titre d'exemple, 38 légumes-feuilles spontanés ont été notés pour le Cameroun [17], 31 pour Bemba du Katanga [8]. D'après [15] 50% sont consommés comme les légumes, 40% comme fruits et seulement 10% comme apéritifs.

En ce qui concerne la présente étude, 46.1% sont consommés comme fruits, mais interviennent rarement dans l'alimentation, 30.7 % comme légumes-feuilles, les plus consommés et 15.3 % comme tubercules. Tout comme indiqué dans le tableau ci-dessus, les feuilles des plantes restent les plus consommées. D'après [18] et [19], parmi les fruits bien connus mais moyennement ou peu consommés, certains sont considérés comme étant riche en vitamine C (acide ascorbique) et en vitamine PP (niacine). Les espèces fruitières, dont le niveau de connaissance est relativement faible par les populations villageoises devraient faire objet d'une attention particulière.

D'après la Figure 3, les plantes de l'espèce *Cleome schimperii* sont plus consommées et celles des espèces *Salacia*, *Syzygium.sp*, *Pteridium aquilinum* et *Lantana trifolia* sont moins consommées, ces résultats corroborent avec ceux de nos prédresseurs comme [10], [5] [16] [19] dans leurs études effectuées sur les plantes sauvages comestibles.

5 CONCLUSION

Cette étude sur les plantes sauvages alimentaires dans les groupements d'Irhambi-Katana, Bugorhe et Miti, Sud-Kivu, R.D. Congo montre que seules 13 espèces de plantes sauvages alimentaires ont été inventoriées dans les villages de Mulangala, Kamakombe, groupement de Bugorhe ; Kabushwa, Mabingu et Kahungu, groupement d'Irhambi-Katana ; Cibinda et Combo dans le groupement de Miti. De ces espèces 46,1 % sont utilisées comme fruits mais interviennent moins, 30,7 % comme légumes-feuilles et 15,3 % comme tubercules. Il est nécessaire de promouvoir l'usage des plantes alimentaires sauvages que l'analyse bromatologique aurait illustré une certaine richesse en nutriments importants. Aussi il est nécessaire spécifiquement d'étudier des stratégies de promouvoir auprès de la population la consommation des fruits vue l'importance de ces derniers dans l'apport des nutriments nécessaires pour la santé.

Cette étude qui ne s'est limitée qu'à certains villages devra se poursuivre en vue d'aboutir à un inventaire complet des plantes sauvages utilisées dans l'alimentation de la population d'Irhambi-Katana, Bugorhe et Miti.

REFERENCES

- [1] Plotkin M.J. 1988. The outlook for new agricultural and industrial products from the tropics. Pages 106-116. In *Biodiversity*, ed, EO Wilson, pp 106-116. Washington, D.C.: National Academy Press.
- [2] Ten Kate K and Laird S (1999): *The commercial use of biodiversity: access to genetic resources and benefit-sharing*. London: Earthscan.
- [3] Vietmeyer N.D., 1986. Lesser-Known plants of potential use in agriculture and forestry. *Science*, 232, 1379-1384.
- [4] Grivetti, L., Frenzel C.J., Ginsbergk.E. Howell K.L., Ogle B.M., Bush foods and edible weeds of agriculture: perspectives and dietary use of wild plants in Africa, their role in maintaining human nutritional status and implication for agricultural development. In: Akhtar R. (ed): *Health and disease in tropical Africa*, Harwood, London, 51-81. 1987
- [5] Tulchinsky T. Micronutrient deficiency conditions: global health issues. *Public Health Reviews*, 32: 243-255. 2010.
- [6] Nyakabwa M., Bolam., Vasolene K., Plantes sauvages alimentaires chez les Kumu de Masako à Kisangani (Zaire). *African Study Monographs* 11, 2, 75-86. 1990.
- [7] Bokdam J. et Droogers A.F., Contribution à l'étude ethnobotanique des *Wagenia* de Kisangani, Zaire. *Wageningen Landbouwhogeschool*, 74p. 1975.
- [8] Udar U.K., Contribution à l'étude des plantes utiles chez les Batiabetuwa à l'île Mbie (Kisangani). Monographie inédite, Kisangani, Faculté de Sciences de l'Université de Kisangani, 49p. 1983.
- [9] Mosango M., Szafranski F., Plantes sauvages à fruits comestibles dans les environs de Kisangani (Zaire). *Journal d'Agriculture Traditionnelle et botanique Appliquée*, 32,117-190. 1985.
- [10] Nyakabwa M. et Gapusi R., Plantes médicinales utilisées chez les « Banyamulenge » de Fizi au Sud-Kivu (Zaire). *African study Monographs*, 11, 2,101-114. 1990.
- [11] Bagalwa M. et Baluku B., "Distribution des mollusques hôtes intermédiaires des schistosomoses humains à Katana, Sud-Kivu, Est du Zaïre". *Méd Trop.* 57, pp 369 – 372, 1997.
- [12] Martin G.J., *Ethnobotany. A method manual*. London: Chapman & Hall. 1995.
- [13] Troupin G.,: *Flore du Rwanda. Spermatophytes. Vol1*, Musée Royal d'Afrique Centrale, Tervuren/Belgique, 340p. 1978.

- [14] Troupin G., Flore du Rwanda. Spermatophytes. Vol1, Musée Royal d'Afrique Centrale, Tervuren/Belgique, 603p. 1983.
- [15] Iragi K., Bagalwa M., Mwangamwanga I., Polepole N., Mukumba I., Les plantes alimentaires sauvages utiles dans les hauts plateaux d'Uvira, République Démocratique du Congo, Annales de l'UEA, Numéro spécial sur l'environnement, Mars 2014, 10p. 2014.
- [16] Irvine F.R., Food plants of West Africa. *Lejeunia* (Liege).16:27-51. 1952.
- [17] Stevels J.M.C., Légumes traditionnels du Cameroun, une étude agro-botanique. *Wageningen Agricultural University Papers*, 90,1, 262p. 1990.
- [18] Bagalwa M., Chifundera K., Nkemba B., Mashali B., Ndahama N. et Polepole N., Etude retrospective sur les maladies d'origine environnementales dans la zone de santé de Katana, Kabare, Sud-Kivu, RDC, Annales de l'UEA, Numéro spécial sur l'environnement, Mars 2014, 13 p.
- [19] Herzog F., Farah Z., Amado R., Composition and consumption of gathered wild fruits in the V-Baoulé, côte-d'Ivoire. *Ecol. food Nutr.*32, p.183-196. 1994.

Seroprevalence of markers and Risk factors of Hepatitis B Virus among blood donors in Brazzaville, Congo

Brunel Monic ANGOUNDA¹⁻²⁻³, Amélia BOKILO DZIA¹⁻⁵, Fabien Roch NIAMA², Gabriel AHOMBO², Luc Magloire Anicet BOUMBA³⁻⁴, Donatien MOUKASSA⁴⁻⁵, Moulay Mustapha ENNAJI³, and Jean-Rosaire IBARA⁵

¹Laboratoire du Dépistage des Infections Transmissibles, Centre National de Transfusion Sanguine, Congo

²Laboratoire de Biologie Cellulaire et Moléculaire, Faculté des Sciences et Techniques, Université Marien NGOUABI, Brazzaville, Congo

³Laboratoire de Virologie, Microbiologie et Qualité/Eco-toxicologie et biodiversité, Faculté des Sciences et Techniques Mohammedia, Université Hassan II de Casablanca, Maroc

⁴Laboratoire d'Analyses Médicales et Morphologiques, Hôpital Général de Loandjili, B.P. 8122, Pointe-Noire, Congo

⁵Faculté des Sciences et de la Santé, Université Marien NGOUABI, Brazzaville, 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: In Congo, it is estimated that between 9 to 11% of the general population present hepatitis B surface antigen (HBsAg). Little data are available on the seroprevalence of markers and risk factors for this virus in blood donors in Brazzaville. This study aimed to determine the prevalence markers and factors associated with HBV infection in blood donors. Six hundred and forty eight healthy blood donors samples collected from October 2013 to June 2014 were tested by enzyme-linked immunosorbent assay for HBsAg, HBeAg, anti-HBe, anti-HBs and anti-HBc. Demographic data of these donors was also studied.

Out of 648 patients included, overall prevalence estimates were 6,6%(95%CI:4.8-8.8) for HBsAg, 1,1%(95%CI:0.3-2) for HBeAg, 8.2%(95%CI:6.2-10.5) for anti-HBe, 13.6%(95%CI:11-16.4) for anti-HBs and 62.7%(95%CI:59-66.2) for anti-HBc. HBV infection was significant associated with Categories of blood donors (adjusted OR=1.70; 95%CI:1.08-2.67), age (adjusted OR=17.61; 95%CI:9.67-32.02), occupation (adjusted OR=2.25; 95%CI:1.53-3.31), sexual risk (adjusted OR=6.14; 95%CI:2.42-15.61) and families with a history HBV (adjusted OR=5.87; 95%CI:2.68-12.85).

The seroprevalence rates found in this study were higher than those in other countries, suggesting high rates of HBV infection and a persistent risk of transmission of HBV in blood donors in Brazzaville.

KEYWORDS: Prevalence, Hepatitis B virus, risk factors, blood donors, Brazzaville.

1 INTRODUCTION

Hepatitis B infection remains a major public health problem worldwide. The World Health Organization (WHO) reports that approximately 360 million of the 2 billion people infected worldwide are chronic hepatitis B virus (HBV) carriers, with over a million deaths annually [1]. Epidemiologically, three countries areas are classified based on the prevalence of hepatitis B surface antigen (HBsAg): low prevalence area (<2%), intermediate prevalence area (2-7%) and area high prevalence (> 8%) [2-4].

The Republic of Congo is one of the countries with highly prevalence of HBV infection. The positive rate of HBsAg and anti-HBc antibodies varies between 9-11% and 86% in the general population respectively [5-7]. This prevalence is even higher among hospitalized patients and HIV carriers [8, 9].

HBV infection is transmitted through contact with bodily fluids, sexual intercourse, from mother to child and through blood transfusions. The transmission of HBV from blood products is a major problem of blood safety in high-prevalence countries such as Congo. [2, 10].

Hence, it is mandatory to test all blood donors for serological markers. Screening for HBV markers on donated blood is of great importance in reducing the risk of transfusion-transmitted and helps in determining the safety of the blood products [11]. Several data based on HBsAg are available from blood donors in recent decades, there is necessary to know the level of transmission to search antigen hepatitis B e (HBeAg) and anti-HBc for detecting both acute and chronic infections and can be selective for HBV-infected samples even in the phase of viral clearance [4, 10, 12].

Hepatitis B virus infection has been partially explored in Republic of Congo, latest data on the safety of donated blood and hepatitis B were obtained for HBsAg [13]. Blood donors are generally considered a healthy population, due to the strict criteria of selection in blood banks. The proportion of blood donors with hepatitis and the risk factors associated with the disease among these healthy individuals may reflect the magnitude of chronic HBV infection in the general population and evaluate the transfusion risk. We conducted this study to determine the prevalence of HBV infection in a representative sample blood donors using HBsAg, HBeAg, anti-HBc, anti-HBs and anti-HBe serological assays in Brazzaville.

2 METHODS

2.1 STUDY AREA AND POPULATION

A cross sectional study was conducted at the blood transfusion center of Brazzaville (CNTS), between October 2013 to June 2014.

All the donors who satisfied the qualifying criteria (after a complete physical examination and satisfactorily answering the donor's questionnaire) for the donation were included in the study. The study included both the voluntary blood donors (altruistic donations "People who donate blood without expecting any favor in return or in voluntary blood donation camps") and the replacement blood donors (The family members, friends or relatives of the patients).

An individual questionnaire was prepared and used for each study subject. This was used to collect personal information (age and sex), categories of donor, socioeconomic data (such as marital status, education, and occupation), sexual behavior and disease risk factors.

From each subject, 5 ml of blood was obtained and serum was separated by centrifugation and maintained stored a`-20 ° C until analysis.

Exclusion criteria were: the high risk groups such as patients from thalassemia clinics, sexually transmitted diseases, drug abusers, dialysis patients, sex workers, pregnant women.

2.2 SEROLOGICAL ASSAYS

HBV serological markers were evaluated for HBsAg, HBeAg, antibody against hepatitis B e antigen (anti-HBe), hepatitis B surface antibody (anti-HBs) and anti-HBc. We used a commercial enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) (Bio-Rad Laboratories, Marnes La Coquette, France) according to the manufacturer's instructions.

2.3 STATISTICAL ANALYSIS

Data was analyzed using the Epi-Info software, version 7.0. Binary logistic regression analysis was done to determine the association between explanatory variables and the outcome variables. All explanatory variables with a p-value (p) less than or equal to 0.2 in the bivariate analysis were included in the multivariate logistic regression model to identify variables which were associated independently. Odds ratio (OR) and their 95% confidence intervals (95%CI) were calculated and the result was considered statistically significant at $p < 0.05$.

2.4 ETHICAL APPROVAL

Prior to the study, informed consent was obtained from each donor. The study was conducted in accordance with the principles of Good Clinical Practice and the Declaration of Helsinki. We obtained the opinion of the local ethics committee in Sciences of health research of Congo in order to carry out this work.

3 RESULTATS

A total of 648 blood donors were included, of which 482 male (74.4%) and 166 female (25.6%) with a sex ratio (H/F) of 2.9. The average age of patients was 31.1 ± 8.8 years (ranging; 18-55 years). The presence of HBV markers was found among 449 (69.3%) donors.

The prevalence of HBsAg was 6,6%(95%CI:4.8-8.8), 1,1%(95%CI:0.3-2) for HBeAg, 8.2%(95%CI:6.2-10.5) for anti-HBe, 13.6%(95%CI:11-16.4) for anti-HBs and 62.7%(95%CI:59-66.2) for anti-HBc (Table 1).

Table 1. Profile of hepatitis B virus markers among blood donor in Brazzaville, Congo

Serological markers present	N°	Percentage (n=648)	confidence intervals 95% CI
HBsAg	43	6,6	4,8-8,8
HBeAg	7	1,1	0,3-2
Anti-HBe Ab	53	8,2	6,2-10,5
Anti-HBs Ab	88	13,6	11,0-16,4
Anti-HBc Ab	406	62,7	59,0-66,2

In relation to risk factors associated with HBV infection, we found a statistically significant association with: age (adjusted OR=17.61;95%CI:9.67-32.02), categories of blood donors (adjusted OR=1.70;95%CI:1.08-2.67), occupation (adjusted OR=2.25; 95%CI:1.53-3.31), sexual risk (adjusted OR=6.14;95%CI:2.42-15.61) and outcomes donor families with a history HBV (adjusted OR=5.87;95%CI:2.68-12.85), but no significant difference was observed with level of education, marital status, dental care, socioeconomic conditions tattoos in our study population. All the results of the univariate and multivariate analyze are reported in Tables 2, 3 and 4 respectively.

Table 2. Characteristics of blood donors and their relation to the prevalence of HBV serological markers by univariate analysis

Characteristics	HBsAg +ve (%)	Anti-HBc +ve (%)	HBV +ve (%)	Odds Ratio (95% CI)	P-value
Sexe					
Male	32(74.4)	275(67.7)	310(69.0))	2.86(1.82-4.49)	<0.001
Female	11(25.6)	131(32.3)	139(31.0)	1.00(Reference)	
Category of Donors					
Family Replacement	34(79.1)	198(48.8)	212(47.2)	1.00(Reference)	
Voluntary	09(20.9)	149(36.7)	171(38.1)	3.13 (2.08-4.72)	<0.001
Regular	0(0)	59(14.5)	66(14.7)	3.90 (2.38-6.39)	0.001
Age					
18-25	9(20.9)	133(32.8)	147(32.7)	23.43(9.29-59.04)	<0.001
26-35	17(39.5)	144(35.5)	158(35.2)	1.00(Reference)	
36-45	11(25.6)	78(19.2)	86(19.2)	30.50(11.91-78.07)	<0.001
46-55	6(14.0)	51(12.6)	58(12.9)	1.09 (0.21-5.77)	0.92
Education					
University	17(39.5)	188(46.3)	199(44.3)	1.22(0.34-4.43)	0.763
High	9(20.9)	56(13.8)	64(14.3)	1.02(0.26-4.02)	0.928
Primary	15(34.9)	153(37.7)	173(38.5)	3.13(0.87-11.21)	0.081
No school	2(4.7)	9(2.2)	13(2.9)	1.00(Reference)	
Marital status					
Married	11(25.6)	79(19,5)	81(18,0)	1,04(0,68-1,60)	0.866
Single	32(74.4)	327(80,5)	368(82,0)	1.00(Reference)	
Occupation					
Student	5(11.6)	90(22.2)	92(20.5)	3.6(1.79-7.24)	<0.001
Professional	8(18.6)	143(35.2)	159(35.4)	2.37(1.20-4.67)	0.02
Military	11(25.6)	111(27.3)	120(26.7)	4.2(2.16-8.27)	<0.001
Laborer	19(44.2)	62(15.3)	78(17.4)	1.00(Reference)	

Table 3. Prevalence of HBV serological markers and risks factors by univariate analysis among blood donors

Risks factors	HBsAgs +ve(%)	Anti-HBc +ve(%)	HBV +ve (%)	Odds Ratio (95% CI)	P-value
Family history					
Yes	16(37.2)	74(18.2)	78(17.4)	1.69(1.02-2.81)	<0.0001
No	27(62.8)	332(81.8)	371(82.6)	1(Reference)	
Vaccination					
Yes	1(2.3)	3(1.0)	5(1.1)	1.11(0.21-5.77)	0.902
No	42(97.7)	403(99.0)	444(98.9)	1(Reference)	
Alcohol					
Yes	15(34.9)	101(24.9)	119(26.5)	0.88(0.61-1.27)	0.486
No	28(65.1)	305(75.1)	330(73.5)	1(Reference)	
Dental Surgery					
Yes	11(25.6)	68(16.7)	71(15.8)	0.79(0.52-1.23)	0.303
No	32(74.4)	338(83.3)	378(84.2)	1(Reference)	
Chirurgie					
Yes	27(62.8)	277(68.2)	303(67.5)	2.23(1.58-3.13)	<0.001
No	16(37.2)	129(31.8)	146(32.5)	1(Reference)	
Scarification					
Yes	25(58.1)	311(76.6)	347(77.3)	1.47(1.01-2.14)	0.044
No	18(41.9)	92(22.7)	102(22.7)	1(Reference)	
Tattooing					
Yes	28(65.1)	268(66.0)	287(63.9)	1.34(0.80-1.62)	0.474
No	15(34.9)	138(34.0)	162(36.1)	1(Reference)	
Risk sexual behavior					
Yes	24(55.8)	303(74.6)	337(75.1)	5.19(3.63-7.44)	0.0001
No	19(44.2)	103(25.4)	112(24.9)	1(Reference)	
Multiple partners					
Yes	33(76.7)	327(80.5)	364(81.1)	1.44(0.97-2.14)	0.073
No	10(23.3)	79(19.5)	85(18.9)	1(Reference)	

+ve: positive; CI: confidence interval

Table 4. Logistic regression analysis of risks factors associated with hepatitis B virus markers among blood donors in Brazzaville, Congo

Risks factors	A.OR(95%CI)	P-value
AGE	17.61(9.67-32.09)	0.000
Occupation	2.25(1.53-3.31)	0.000
Risk sexual behavior	6.14(2.42-15.61)	0.000
Family history	5.87(2.68-12.85)	0.000
Scarification	0.36(0.11-1.20)	0.097
Tattooing	0.63(0.36-1.12)	0.113
Donneurs	1.70(1.08-2.67)	0.022
Sexe	0.02(0.01-0.10)	0.000

A. OR: Adjusted odds ratio

4 DISCUSSION

Little data are available on the seroprevalence of markers and risk factors for hepatitis B virus (HBV) infection in blood donors in Brazzaville. We assessed the prevalence of certain serological markers and factors associated with HBV infection in blood donors attending the CNTS of Brazzaville.

Our results showed that, nearly 70% of donors had at least one positive marker of HBV, revealing the significant risk of transmission of the virus in blood donors in Brazzaville.

HBsAg was detected in 6.6% of cases in our study, similar result was obtained by Elira et al. at Brazzaville who found a prevalence of 7.2% [13], high prevalences were observed in some city in Cote d'Ivoire (12.5%) [14], Mali (14.9%) [15], Cameroun (15.02%) [16] and the lowest were observed in countries such as Greece (0,85%) [17], Pakistan (3.3%)[18] , Yemen (5.1%) [19].

The prevalence of anti-HBc with 62.7% was higher compared to studies in some countries, in Italy (8.6%) [20], Saudi Arabia (18.7%)[21], 51.7% in Vietnam [22], 8.3% in Pakistan [20] and lower to those obtained in Burkina Faso (76.4%)[23]. Several factors may explain these differences, the sample size, the recruitment strategy of blood donors, screening tests that have not used all the same single detection and finally the local epidemiology of HBV carrying. Global prevalence of HBV on porting hepatitis B surface antigen (HBsAg) is distributed by its endemicity into three zones, high (> 8%) in Africa, Asia, and the Western Pacific to 2–7% in Southern and Eastern Europe, and to <2% in Western Europe, North America, and Australia [24].

In this study, we evaluated vaccine coverage and HBV immunity in blood donors and prevalence of HBsAb was 13.6% including 42 (47.7%) had isolated, this may reflect an old infection or risk chronic carriers of the virus, the highest prevalence Was observed in Italy by Luisa ROMANO with 86.7% [20] among the blood donors. Every time the anti-HBs can disappear in a significant proportion in vaccinated after the initial success, a booster dose recommended by most national organizations[2].

The frequency of HBeAg (1.1%) was low compared to other markers of this study, similar studies in HBsAg positive blood donors were also obtained from low prevalence of HBeAg, Akinbami et al. in Nigeria (8.6%) [12], Kao et al. in China (27%)[25]. This can be explained by the fact that HBeAg is defined as a marker of infectivity that appears acutely ill, but blood donors are part of a very selective population before donations and those who bear the signs of disease are excluded.

The prevalence of HBV markers was higher among male donors with 69% and 31% for female. This is explained by the fact that the population of blood donors is composed largely of men with 74.4%. There's a lot of work in Africa that show a high prevalence of carriage of hepatitis B among women and even those who are pregnant with a risk of transmission to newborns [26].

The majority of HBV markers (35.2%) were in the age bracket 26-35 years, similar study by Tserenpuntsag at al. in Mogolia found aged 18-19 years [27], in some studies the prevalence increases with age of blood donors by Pillonel J. et al. in France [28] and Ben J. et al. in Tunisia [29], found high prevalence among blood donors aged 40-49, El Beltagy et al. in Saudi Arabia[21] found higher markers among âge > 40 years, Dettori at al. in Italy [30] most carriers of HBV donors are over 50 years of age. These results could be explained by the fact that the significant contamination of hepatitis B at birth and

early childhood in Africa [21, 31]. However, it is unlikely that age is a factor that can affect the quality of the results, because our study included the population of blood donors and blood donation is allowed from 18 years to 55 years.

The frequency of markers elevated in family replacement blood donors compared to other categories, which is identical to the data of the literature [13, 29, 32-34] but work done in Kumasi by Allain J et al. in Ghana [35] revealed no significant difference. However after stratification by age these studies report that older donors over 20 years, all HBV markers were elevated [36, 37]. WHO advocated the voluntary blood donation to ensure blood safety in countries [4, 38]. This donors in interest to save his sick relative, is more likely to hide risky behavior for transfusion transmissible infectious, fear of not being eligible for blood donation [33, 38, 39].

Among the risk factors for transmission of HBV no significant association between HBV markers and education as well as marital status this is in agreement with some studies [14] against by others have found a significant link to find out El Beltagy et al. in Saudi Arabia [21].

In our study population, the risk sexual behavior was predominant, they are similar to those obtained by Kra O et al. in Bouake [14, 31], other studies in do not have a significant association between HBV and the issue of having unprotected sex leading risk factors infectivity Nigeria [12, 21]. The practice of scarification was also found among blood donors, this is explained by the fact that these traditional practices widespread in our society were made in the recent past in precarious hygiene conditions, and other studies have found no link [27]. Pillonel J. et al. in France, found against by injecting drug use as the primary risk factor for hepatitis B with a significant difference by sex [31]. The difference with our study can be explained by the fact that intravenous drug use appears to be rare in our country [14]. The family history of HBV infection was found to be significantly associated with HBV markers. This finding could be due to the close contact between family members because objects such as toothbrushes, towels, and shaving items are common among families of a lower socioeconomic level [21, 39].

In our series 26.6% had isolated profile AchHc among blood donors. This percentage is high compared to other studies in blood donors in Italy [20] and Pakistan [20, 40] with 10.4% and 12.4% respectively. The studies conducted by Allain et al. in Ghana [35] and Silva et al. in Brazil [41] found 45.5% and 42.7% respectively. Some studies report that viremia continues even after clinical recovery from acute HBV infection in some blood donors who were negative for HBsAg but positive for anti-HBc and can transmit HBV, leading to acute hepatitis [42]. These cases reflect the inability of HBsAg screening to identify cases of window period and justified the decision of some countries (USA, Germany and Japan) to continue the anti-HBc screening, which was initially implemented as a marker to prevent hepatitis non-A, non-B before the appearance of anti-HCV antibody screening. This profile is not only compatible with cured hepatitis B, but can also correspond to false positive or AchHc to genuine called occult chronic hepatitis B [43].

5 CONCLUSION

These results show that HBV infection is high among blood donors in Brazzaville and HBsAg screening alone is not enough in this target population. Additional research of other markers of HBV infection could have a positive impact on blood safety in the Congo. However, other studies are needed in the country in order to provide global strategies adapted to our context.

COMPETING INTERESTS

The authors declare that they have no competing interests.

AUTHORS' CONTRIBUTIONS

BMA and LMAB conducted all handling and the overall design of the experiment. ABD and FRN L conceived and designed the study. GA, DM, MME and JRI were responsible for the implementation of the project. All authors critically reviewed the manuscript and approved the final version.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are grateful to all the pregnant women who participated in this study. We thank also the staff of CSI: Bissita, Jeanne Vialle, Marien Ngouabi and University Hospital of Brazzaville for their assistance in the sample establishment.

REFERENCES

- [1] Kramvis A, Kew MC. Epidemiology of hepatitis B virus in Africa, its genotypes and clinical associations of genotypes. *Hepatology Res.* 2007;37(1):9-19.
- [2] Hou J, Liu Z, Gu F. Epidemiology and prevention of hepatitis B virus infection. *Int J Med Sci.* 2005;2(1):50.
- [3] Van Damme P, Zanetti AR, Shouval D, Van Herck K. Strategies for global prevention of hepatitis B virus infection. In : *Hot Topics in Infection and Immunity in Children VI.* Springer New York. 2010:175-188.
- [4] World Health Organization et al. Global database on blood safety. Report 2001–2002. World Health Organization Press. (http://www.who.int/bloodsafety/GDBS_Report_2001-2002.pdf), 2004.
- [5] Makuwa M, Bakouetela J, Bassindikila A, Samba-Lefebvre MC. Etude des marqueurs sérologiques de l'hépatite B chez les patients congolais testés pour l'infection à VIH. *Med d'Afr. Noire.* 1996;43:198-200.
- [6] Bossali F, Taty-Taty R, Houssissa P, N'suele W, Lingouala LG, Ontsira EN. Séroprévalence de la co-infection hépatite B, hépatite C et VIH chez des femmes accouchées à la maternité de l'hôpital Adolphe Sicé de Pointe-Noire en 2010. *J. Afr. Hépatol. Gastroentérol.* 2012;6(4):315-319.
- [7] Taty Taty R, Yala F, Courouce A, Arthaud M, Saliou P, Biendo M, Wassoumbou E. Prevalence of chronic carriage of HBs Ag and anti-HBc in Brazzaville (Congo): seroepidemiological survey in health workers and general population. *Bull Soc Pathol Exot.* 1990;83(2):149-154.
- [8] Makuwa M, Ngoli D, Jannin J, Moulia-Pelat JP. Marqueurs sérologiques du virus de l'hépatite B et du virus VIH dans la zone semi-rurale et rurale congolaise. *Med d'Afr. Noire.* 1992;39:12.
- [9] Ibara JR, Itoua-Ngaporo A, Maniez-Montreuil M, Dupressoir MV, Huart JJ, Paris JC, [Serological markers of hepatitis B virus in hospitalized patients (Gastroenterology and Internal Medicine Service of the University Hospital Center of Brazzaville-Congo)]. *Medecine tropicale: revue du Corps de sante colonial.* 1990;51(1):9-13.
- [10] Jayaraman S, Chalabi Z, Perel P, Guerriero C, Roberts I. The risk of transfusion-transmitted infections in sub-Saharan Africa. *Transfusion.* 2010;50(2):433-442.
- [11] Dwyre DM, Fernando LP, Holland PV. Hepatitis B, hepatitis C and HIV transfusion-transmitted infections in the 21st century. *Vox Sang.* 2011;100(1):92-98.
- [12] Akinbami AA, Oshinaike OO, Dosunmu OA, Adeyemo TA, Adediran A, Akanmu S et al. Seroprevalence of hepatitis B e antigen (HBe antigen) and B core antibodies (IgG anti-HBcore and IgM anti-HBcore) among hepatitis B surface antigen positive blood donors at a Tertiary Centre in Nigeria. *BMC Res Notes.* 2012;5(1):167.
- [13] Elira-Dokekias A, Okandze-Eleng JP, Dzia-Lepfoundzou A, Parra HJ. Prévalence des marqueurs viraux majeurs chez les donneurs de sang à Brazzaville. *Gazette de la transfusion.* 2002;177:4-6.
- [14] Kra O, N'Dri N, Ehui E, Ouattara B, Bissagnene E. Prévalence de l'antigène HBs chez les donneurs de sang au centre régional de transfusion sanguine de Bouaké (Côte d'Ivoire) en 2001. *Bull Soc Pathol Exot.* 2007;100(2):127-129.
- [15] Tounkara A, Sarro Y S, Kristensen S, Dao S, Diallo H, Diarra B, Guindo O. Seroprevalence of HIV/HBV coinfection in Malian blood donors. *J Int Assoc Provid AIDS Care.* 2009;8(1):47-51.
- [16] Mbanya D, Binam F, Kaptue L. Transfusion outcome in a resource-limited setting of Cameroon: a five-year evaluation. *Int J Infect Dis.* 2001;5(2):70-73.
- [17] Zervou EK, Dalekos GN, Boumba DS, Tsianos EV. Value of anti-HBc screening of blood donors for prevention of HBV infection: results of a 3-year prospective study in Northwestern Greece. *Transfusion.* 2001;41(5):652-658.
- [18] Khattak MF, Salamat N, Bhatti FA, Qureshi, T Z. Seroprevalence of hepatitis B, C and HIV in blood donors in northern Pakistan. *J Pak Med Assoc.* 2002;52(9):398-402.
- [19] Al Waleedi AA, Khader YS. Prevalence of hepatitis B and C infections and associated factors among blood donors in Aden city, Yemen. 2012.
- [20] Romanò L, Velati C, Cambiè G, Fomiatti L, Galli C, Zanetti AR., et al. Hepatitis B virus infection among first-time blood donors in Italy: prevalence and correlates between serological patterns and occult infection. *Blood Transfus.* 2013;11(2):281-8.
- [21] El Beltagy KE, Al Balawi IA, Almuneef M, Memish ZA. Prevalence of hepatitis B virus markers among blood donors in a tertiary hospital in Tabuk, northwestern Saudi Arabia. *Int J Infect Dis.* 2008;12(5):495-9.
- [22] Le Viet NTNL, Ty P X, Björkqvist B, Hoel H, Gutteberg T, Husebekk, A, et al. Prevalence of hepatitis B & hepatitis C virus infections in potential blood donors in rural Vietnam. *Indian J Med Res.* 2012;136(1):74.
- [23] Collenberg E, Ouedraogo T, Ganamé J, Fickenscher H, Kynast-Wolf G, Becher H, et al. Seroprevalence of six different viruses among pregnant women and blood donors in rural and urban Burkina Faso: A comparative analysis. *J Med Virol.* 2006;78(5):683-92.
- [24] Hwang EW, Cheung R. Global epidemiology of hepatitis B virus (HBV) infection. *N Am J Med Sci.* 2011;4(1):7-13.
- [25] Kao JH, Chen P J, Lai MY, Chen D. S. Clinical and Virological Aspects of Blood Donors Infected with Hepatitis B Virus Genotypes B and C. *J Clin Microbiol.* 2000;40(1):22-25.

- [26] Eke AC, Eke UA, Okafor CI, Ezebialu U, Ogbuagu C. Prevalence, correlates and pattern of hepatitis B surface antigen in a low resource setting. *Viol J.* 2011;8:12.
- [27] Tserenpuntsag B, Nelson K, Lamjav O, Triner W, Smith P, Kacica, M et al., Prevalence of and risk factors for hepatitis B and C infection among Mongolian blood donors. *Transfusion.* 2010;50(1):92-9.
- [28] Pillonel J, Le Marrec N., Girault A, David D. Laperche, S. Epidemiological surveillance of blood donors and residual risk of blood-borne infections in France, 2001 to 2003. *Transfus Clin Biol* 2005;12(3):239-46.
- [29] Jemia R B, Gouide E. Seroprevalency of transfusion-transmitted infections in first-time volunteer and replacement donors in Tunisia. *Transfus Clin Biol.* 2014;21(6):303-8.
- [30] Dettori S, Candido A, Kondili LA, Chionne P, Taffon S, Genovese D et al. Identification of low HBV-DNA levels by nucleic acid amplification test (NAT) in blood donors. *J Infect.* 2009;59(2):128-133.
- [31] El Ghitany EM, Farghaly AG, Serological pattern of hepatitis B virus among HBsAg negative blood donors in Alexandria. Egypt. 2013.
- [32] Tagny CT, Owusu-Ofori S, Mbanya D, Deney V. The blood donor in sub-Saharan Africa: a review. *Transfus Med.* 2010;20(1):1-10.
- [33] Batina A, Kabemba S, Malengela R. Marqueurs infectieux chez les donneurs de sang en République Démocratique du Congo (RDC). *Rev Med Brux.* 2007;28(3):145-149.
- [34] Sarkodie F, Adarkwa M, Adu-Sarkodie Y, Candotti D, Acheampong JW, Allain JP. Screening for viral markers in volunteer and replacement blood donors in West Africa. *Vox Sang.* 2001;80(3):142-147.
- [35] Allain J P, Candotti D, Soldan K, Sarkodie F, Phelps B, Giachetti C, et al. The risk of hepatitis B virus infection by transfusion in Kumasi, Ghana. *Blood.* 2003;101(6):2419-2425.
- [36] Allain JP, Sarkodie F, Asenso-Mensah K, Owusu-Ofori S. Relative safety of first-time volunteer and replacement donors in West Africa. *Transfusion.* 2010;50(2):340-343.
- [37] Meena, M., Jindal, T., Hazarika, A. Prevalence of hepatitis B virus and hepatitis C virus among blood donors at a tertiary care hospital in India: a five-year study. *Transfusion.* 2011;51(1):198-202.
- [38] Tagny CT, Diarra A, Yahaya R, Hakiziman M, Nguessan A, Mbensa G. Le centre de transfusion, le donneur de sang et le sang donné dans les pays d'Afrique francophone. *Transfus Clin Biol.* 2009;16(5):431-438.
- [39] Mayaki Z., Dardenne N, Kabo R, Moutschen M, Sondag D, Albert A, et al. [Seroprevalence of infectious markers among blood donors in Niamey (Niger)]. *Rev Epidemiol Sante Publique.* 2013;61(3):233-40.
- [40] Bhatti F A, Ullah Z, Salamat N, Ayub M, Ghani E. Anti-hepatitis B core antigen testing, viral markers, and occult hepatitis B virus infection in Pakistani blood donors: implications for transfusion practice. *Transfusion.* 2007;47(1):74-9.
- [41] Silva CMD, Costi C, Costa C, Michelon C, Oravec R, Ramos A B. Low rate of occult hepatitis B virus infection among anti-HBc positive blood donors living in a low prevalence region in Brazil. *J Infect.* 2005;51(1):24-9.
- [42] Maheswari KS, Arun R, Arumugam P. The prevalence of the hepatitis B core antibody and the occult hepatitis B infection among voluntary blood donors in Chennai, India. *J Clin Diagn Res.* 2012;6(10):1710-2.
- [43] Allain JP. Occult hepatitis B virus infection: implications in transfusion. *Vox Sang.* 2004; 86(2):83-91.

ETAT PHYTOSANITAIRE DU MANIOC (*Manihot esculenta crantz*) EN MILIEU RURAL DU SUD-KIVU, COTE OCCIDENTALE DU LAC-KIVU, REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO

[STATUS PHYTOSANITARY OF CASSAVA (*Manihot esculenta crantz*) IN RURAL AREA OF SOUTH KIVU, WESTERN COAST OF LAKE KIVU, DEMOCRATIC REPUBLIC OF CONGO]

Thomas MUPENDA Kikuni¹ and Jean WALANGULULU Masamba²

¹Section Agronomie Générale, Institut Supérieur d'Etudes Agronomiques et Vétérinaires, ISEAV-MUSHWESHWE, Bukavu, Sud-Kivu, RD Congo

²Faculté des Sciences Agronomiques, Université Catholique de Bukavu, UCB, 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: The goal fundamental of this work, consist in studying the state phytosanitary of cassava in the rural area on the west coastline of Lake Kivu in South Kivu Province (DR Congo). So five illnesses have been signaled like constraints to the culture of cassava in the rural area of the South Kivu. The higher incidence of Cassava Mosaic Virus (CMV) has been recorded in Mudaka grouping with 77.6%. The severity in that area was 3.25. The lower incidence was found in Irhambi-Katana area with 67.3%. The overall average of CMV incidence in the rural area was 69.49%. The overall average CMV severity was 3.14. The Cassava Green Mite (CGM) was signaled in the rural area with an incidence of 27.38% and severity of 2.49. The highest incidence was found in Miti area with 52.17%. The severity in that area was 3.08. The anthracnose was signaled in rural area of South Kivu province with an incidence of 8.59% and severity of 2.39. The higher incidence was recorded in Mudaka area with 15.68% and lower incidence in Miti area with 5.46%. The Cassava leaf disease task was signaled in the rural area with an incidence of 49.3% and severity of 2.36. The highest incidence was recorded in Miti area with 65.44% and lower incidence in Irhambi-Katana area with 40.29%. The Mealy Bug (MB) has been signaled in the rural area with an incidence of 12.11% and severity of 2.3.

KEYWORDS: The mosaic, the cochineal, the acarien, the cassava disease task, Kabare-North.

RESUME: Le but fondamental de ce travail, consiste à étudier l'état phytosanitaire du manioc en milieu rural du Sud-Kivu, RD Congo. Ainsi cinq ennemis de la culture du manioc ont été signalés comme contrainte à la culture du manioc en milieu rural du Sud-Kivu, RD Congo. La mosaïque est la maladie la plus désastreuse dans tous les groupements. Le groupement de Mudaka a enregistré l'incidence élevée par rapport aux autres, soient 77.60%. La sévérité dans ce groupement a été de 3.25. L'incidence faible a été trouvée à Irhambi-Katana soient 67.3%. L'incidence moyenne dans le milieu d'étude a été de 69.49% et la sévérité moyenne de 3.14. Les acariens verts ont été signalés dans tous les groupements enquêtés. Le groupement de Miti a enregistré l'incidence la plus élevée soient 52.17% et sa sévérité a été de 3.08. L'incidence moyenne dans le milieu d'étude a été de 27.38% et 2.49 comme sévérité moyenne. L'anthracnose a été signalée dans tous les groupements. Mudaka a enregistré l'incidence élevée soient 15.68%. Le groupement de Miti a enregistré l'incidence la moins élevée soient 5.46%. L'incidence pour l'ensemble a été de 8.59% et la sévérité moyenne de 2.39. La tacheture foliaire a été présente dans tous les groupements. L'incidence la plus élevée a été trouvée à Miti soient 65.44% et l'incidence la moins élevée a été trouvée à Irhambi-Katana soient 40.29%. L'incidence moyenne pour tous les groupements a été de 49.3% et la sévérité moyenne de 2.36. La cochenille du manioc a été signalée dans tous les groupements. Irhambi-Katana a enregistré l'incidence la plus élevée soient 20.07% et l'incidence la moins élevée a été trouvée à Bushumba soient 6.52%. L'incidence pour l'ensemble a été de 12.% et la sévérité moyenne de 2.3.

MOTS-CLEFS: La mosaïque, l'acarien, la cochenille, la tacheture foliaire, Kabare-Nord.

1 INTRODUCTION

Le manioc est à travers le monde, la denrée alimentaire de base pour plus de 800 millions de personnes [1].

Le manioc est une culture clé en termes de sécurité alimentaire à travers toute l'Afrique subsaharienne du fait de sa tolérance à produire dans les conditions marginales de sol et de climat, notamment sa tolérance aux conditions sèches.

Le manioc une plante amyliacée d'une valeur rurale de 2 milliards de dollars dans les pays en développement, source principale de calories pour habitants des tropiques humides [2].

En effet, la production annuelle calculée sur trois ans est de 164 millions de tonnes fraîches, dont 53% en Afrique, 29% en Asie, 18% en Amérique Latine.

Le Congo est le quatrième producteur mondial avec 16 millions de tonnes après le Nigéria, le Brésil et la Thaïlande [3].

De toutes les plantes cultivées en RD Congo, le manioc est la plus rependue, sa culture est pratiquée dans toutes les provinces et représente 70% de la totalité de l'offre vivrière [4].

La culture du manioc est une des activités qui permet de contribuer à la disponibilité de nourriture et moyen financier dans les ménages agricoles du milieu rural du Sud-Kivu, ce qui explique son intérêt [5].

Dans les zones de conflits, on a noté que le manioc est devenu la culture la plus intéressante, malgré son cycle long, il offre des avantages qui sont devenus primordiaux pour les populations contraintes de fuir. Le manioc amer n'est que peu concerné par les pillages.

Peu de recherche ont été menées à l'Est de la RD Congo, précisément à Kabare-Nord dans le milieu rural du Sud-Kivu pour déterminer l'Etat phytosanitaire des maladies et ravageurs du manioc. L'objectif de ce travail est de s'enquérir de l'Etat phytosanitaire de la culture du manioc, de proposer la solution dans les Groupements de Kabare-Nord: Mudaka, Miti, Bushumba, Bugorhe et Irhambi-Katana, situés sur la côte occidentale du Lac-Kivu.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MILIEU D'ETUDE

L'étude a été conduite du mois de Décembre 2014 au mois de Mars 2015 dans Kabare Nord plus précisément dans les groupements de Mudaka, Miti, Bushumba, Bugorhe et Irhambi-Katana. Ces groupements ont été choisis sur base de leur accessibilité et de leur caractère producteur. Kabare-Nord jouit d'un climat tropical humide, tempéré par l'altitude. Ce climat est du type Aw suivant la classification de Köppen caractérisé par deux saisons dont une est sèche qui va de Juin à Août: les pluies sont abondantes et atteignent une hauteur moyenne annuelle de 1500mm. L'altitude varie entre 1460m au niveau du lac Kivu et 1900m. Le sol y est argileux lourd et fertile à cause de son origine volcanique [6].

2.2 MATERIEL ET METHODE

L'étude a porté sur les plants de manioc (*Manihot esculenta Crantz*) des variétés locales et exotiques cultivés dans les champs des agriculteurs des groupements de Kabare-Nord.

Nous avons procédé par la revue de littérature et l'enquête phytosanitaire précédée d'une pré-enquête qui a été menée du mois d'Avril 2014 au mois de Juin 2014 dans les groupements choisis de Kabare-Nord. La méthode d'observation a été utilisée pour la détermination des maladies rencontrées et pour l'identification des photographies ont été utilisées. Elles sont proposées par Autrique et Perreaux en 1989.

Le GPS/GARMAIN a été utilisé pour déterminer les coordonnées géographiques des différents groupements ainsi que leur altitude.

Une étude bibliographique sommaire nous a permis de repérer les publications concernant la culture du manioc.

Lors de ce travail de terrain les protocoles utilisés exigeaient certains principes. Le premier champ de la sortie du groupement doit être prospecté, ces prospections ne reprendront qu'après 15 Km parcourus. Elles ne concernent que les plants de 3 à 6 mois.

Cette prospection était faite toujours en diagonale pour chaque champ et a consisté à observer la présence de peste sur tous les pieds qui se trouvaient sur cette diagonale [7].

Le calcul de l'incidence a permis de connaître le nombre des plants de manioc attaqués et de ceux non attaqués. La sévérité moyenne de la peste a été trouvée en faisant la somme des produits entre les fréquences observées à chaque niveau de cotation de l'échelle divisée par la somme de l'échantillon portant les symptômes de la maladie ou du ravageur.

Les échelles de cotation des maladies et ravageurs utilisées ont été établies par l'IITA et varient de 1 à 5 pour chaque ennemi de culture [8].

a) Echelle de cotation de la mosaïque africaine du manioc.

1. Pas des symptômes observables,
2. Légère décoloration et petite distorsion des feuilles,
3. Décoloration modérée et distorsion moyenne des feuilles,
4. Décoloration jaune vive couvrant beaucoup des feuilles, distorsion sévère, réduction de la taille des feuilles et pétioles renversées,
5. Décoloration jaune vive affectant presque toute la feuille, distorsion sévère des feuilles dont la dimension est réduite, pétioles retournés avec la chute des feuilles, plant foudroyé.

b) Echelle de cotation de l'acarien vert du manioc

1. Aucun dégât d'acarien,
2. Présence des taches chlorotiques sur moins de 5% de la surface totale de la feuille.
3. Chlorose plus grave couvrant entre 5% et 50% de la surface totale de la feuille.
4. Chlorose plus grave couvrant plus de 50% de la surface totale de la feuille: la feuille est jaunâtre en raison de l'absence de chlorophylle, la feuille est rabougrie,
5. La feuille est morte et tombée suite aux attaques d'acarions.

c) Echelle de cotation de l'antracnose

1. Pas de symptômes observables.
2. Chancre sur les parties inférieures et médianes des vieux plants, dépression sur les parties basses et médianes de vieux plants,
3. Chancre sur les parties inférieures et médianes de vieux plants, dépression sur les parties basses et médianes des vieux plants accompagné d'un étranglement de quelques lobes foliaires.
4. Elargissement des souillures sous feuilles déchargées, étranglement des lobes foliaires de jeunes plants, chancre sur les tiges vertes,
5. Elargissement des souillures sous feuilles déchargées, étranglement des tiges, distorsion des tiges, mort des plants.

d) Echelle de cotation de la Tacheture foliaire

1. Pas de symptômes observables,
2. Présence des tâches arrondies sur moins de 20% des feuilles,
3. Présence des tâches arrondies sur 20 à 40% des feuilles,
4. Symptômes observés sur 40 à 60% des feuilles,
5. Symptômes présents sur plus de 60% des feuilles, suivi de leur mort.

e) Echelle de cotation de la cochenille du manioc

1. Pas de dégâts observables,
2. Présence de flocons blancs ou de la cire sur moins de 20% de la surface totale de la plante,
3. Dégâts observés sur 20 à 40% de la surface totale de la plante,
4. Dégâts observés sur 40 à 60% de la surface totale de la plante,
5. Plante entièrement recouverte de la cire ou des flacons blancs, plante complètement défoliée, mort de la plante.

Les attaques seront qualifiées de faibles pour une sévérité de côte 2, de moyenne pour une sévérité de côte 3 et de fortes pour une sévérité de côte 4 ou 5.

3 RESULTATS

1° Incidence et sévérité de la mosaïque africaine du manioc dans le milieu d'étude

Les données relatives à l'incidence et à la sévérité de la mosaïque africaine du manioc figurent dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1 : Incidence et sévérité de la mosaïque africaine du manioc dans le milieu d'étude.

	GROUPEMENTS					RESUME
	MUDAKA	MITI	BUSHUMBA	BUGORHE	IRHAMBHI-KATANA	
Incidence%	77.6	63.73	70.4	68.12	67.3	69.43
Sévérité	3.2	3.37	3.5	2.65	3	3.14

Il ressort des résultats du tableau ci-dessus que le groupement de Mudaka a une incidence plus élevée par rapport aux autres groupements soient 77,6%. Sa sévérité a été de 3,25.

Le groupement de Bushumba vient en deuxième position en terme d'incidence soient 70,4% et la sévérité dans ce groupement a été de 3,5.

Le groupement de Bugorhe a enregistré une incidence de 68,12% et une sévérité de 2,65. Irhambi-Katana a enregistré une incidence de 67,3% et une sévérité de 3.

L'incidence la moins élevée a été trouvée à Miti soient 63,73% et la sévérité y a été de 3,37.

Vus ces résultats, on peut dire dans tout Kabare-Nord, l'incidence de la mosaïque Africaine du manioc dépasse 60% et la sévérité reste moyenne soient 3.14.

Ces résultats seraient dus dans la globalité au faible usage des variétés améliorées tolérantes à la peste, à l'utilisation de boutures infectées, aux pratiques culturales qui favorisent la transmission mécanique du virus d'un plant à un autre, à l'accès difficile aux semences de qualité, au non encadrement d'un grand nombre d'agriculteurs par les intervenants dans le secteur agricole.

Si les mesures phytosanitaires ne sont pas respectées par les agriculteurs, cette incidence va continuer à augmenter et la sévérité même et dans ce contexte les pertes dues à la maladie seront énormes au risque d'abandonner la culture au profit d'une autre.

2° Incidence et sévérité de l'acarien vert du manioc

Les données relatives à l'incidence et à la sévérité de l'acarien vert dans le milieu d'étude figurent dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2 : Incidence et sévérité de l'acarien vert du manioc.

	GROUPEMENTS					RESUME
	MUDAKA	MITI	BUSHUMBA	BUGORHE	IRHAMBHI-KATANA	
Incidence%	13.28	52.57	21.94	23.83	25.28	27.38
Sévérité	2.47	3.08	2.47	2.28	2.15	2.49

En observant le tableau 2, nous constatons que l'incidence la plus élevée de l'acarien vert a été trouvée à Miti soient 52,17% et la sévérité y a été de 3,08. L'incidence la moins élevée a été trouvée à Mudaka soient 13,28% et la sévérité y a été de 2,47. A Irhambi-Katana, l'incidence a été de 25,28% et la sévérité de 2,15. A Bugorhe, l'incidence a été de 23,84% et la sévérité de 2,28. A Bushumba, l'incidence a été de 21,94% et la sévérité de 2,74.

Ces résultats montrent que le seul groupement qui a enregistré une incidence dépassant 50% a été Miti et avec comme sévérité 3.08.

Cette situation serait due à l'ignorance de ce ravageur par les agriculteurs, l'usage des variétés sensibles à cet animal, au manque d'ennemis naturels de ce ravageur dans ce milieu et à la faible pluviométrie.

Par contre dans tous les autres groupements les incidences ont varié entre 13% et 26% et la sévérité a été inférieure à 2,5.

Cette situation serait due à la période humide durant laquelle l'étude a été effectuée, car la pluie a un effet mécanique sur les acariens.

Vus ces résultats, on peut dire que dans les groupements situés dans la partie Nord du territoire de Kabare, l'acarien vert du manioc n'est jusque-là pas responsable de la perte économique pour la culture du manioc, toute fois la bonne gestion de la peste s'avère indispensable pour réduire les risques ultérieurs susceptibles de causer des dommages à la culture.

3° Incidence et sévérité de l'antracnose dans le milieu d'étude

Les données relatives à l'incidence et à la sévérité de l'Antracnose figurent dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3 : Incidence et sévérité de l'Antracnose dans les groupements enquêtés.

	GROUPEMENTS					RESUME
	MUDAKA	MITI	BUSHUMBA	BUGORHE	IRHAMBHI-KATANA	
Incidence%	15.68	5.46	6.05	7.9	7.9	8.59
Sévérité	2.1	2.5	2.1	2.39	2.86	2.39

En observant le tableau 3, nous constatons que l'incidence la plus élevée a été trouvée à Mudaka soient 15,68% et la sévérité dans ce groupement a été de 2,1. L'incidence la moins élevée a été trouvée à Miti soient 5,46% et la sévérité 2,5. Le groupement d'Irhambi-Katana a enregistré une sévérité légèrement supérieure aux autres soient 2,86 et son incidence a été de 7,9%. Le groupement de Bugorhe a enregistré une incidence de 7,9% et une sévérité de 2,39. Le groupement de Bushumba a quant à lui enregistré une incidence de 6,05% et une sévérité de 2,1.

Ces résultats montrent que le nombre pourcentage de plants de manioc souffrant d'antracnose est faible et ne dépasse pas 16%. Pour ce qui concerne l'indice de gravité de la maladie, on peut dire que les plants sont attaqués faiblement.

Cette situation serait due aux conditions édapho climatiques moins favorables au développement de la maladie et au jeune âge des plants de manioc trouvés pendant la période d'étude bénéficiant plus de soins de la part des agriculteurs.

Vus ces résultats, on peut dire que l'Antracnose n'est pas à craindre car il y a peu des plants de manioc atteints par l'Antracnose dans notre milieu d'étude et ceux atteints sont faiblement attaqués.

4° Répartition de la tacheture foliaire.

Les données relatives à l'incidence et à la sévérité de la tacheture foliaire figurent dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4 : Incidence et sévérité de la tacheture foliaire dans le milieu d'étude

	GROUPEMENTS					RESUME
	MUDAKA	MITI	BUSHUMBA	BUGORHE	IRHAMBHI-KATANA	
Incidence%	52.27	65.44	41.02	47.51	40.29	49.3
Sévérité	2.65	2.12	2.44	2.47	2.14	2.36

En observant le tableau 4, nous constatons que le groupement de Miti a enregistré l'incidence la plus élevée soient 65,44% et la sévérité y a été de 2,12 tandis que le groupement d'Irhambi-Katana et Bushumba ont enregistré des incidences moins élevées soient respectivement 40,29% et 41,02%. Leurs sévérités étaient respectivement de 2,14 et 2,44. Le groupement de Mudaka a enregistré une incidence de 52,27% et une sévérité de 2,65 et Bugorhe a enregistré une incidence de 47,51% et une sévérité de 2,47.

Si dans certains groupements l'incidence dépassait 50% c'est parce que les agriculteurs utilisent des cultivars sensibles et les conditions climatiques dans ce milieu sont favorables au développement du champignon responsable de la maladie.

Par contre dans les groupements de Bushumba, d'Irhambi-Katana et de Bugorhe, les incidences ont été inférieures à 50%. Ceci serait dû à l'usage des cultivars sensibles à la peste.

Vus ces résultats, on peut dire que la maladie n'est pas à craindre car elle cause peu des dégâts à la culture et s'attaque plus aux feuilles âgées.

5° Répartition de la cochenille du manioc.

Les données relatives à l'incidence et à la sévérité de la cochenille du manioc figurent dans le tableau ci-dessous :

Tableau 5 : Incidence et sévérité de la cochenille farineuse du manioc dans le milieu d'étude.

	GROUPEMENTS					RESUME
	MUDAKA	MITI	BUSHUMBA	BUGORHE	IRHAMB-KATANA	
Incidence%	10.24	8.51	6.52	15.3	20	12.11
Sévérité	2.43	2.22	2.21	2.33	2.34	2.3

Il ressort des résultats du tableau ci-dessus que le groupement d'Irhambi-Katana a enregistré l'incidence la plus élevée soient 20,07% et la sévérité de 2,34. Le groupement de Bushumba a enregistré l'incidence la moins élevée soient 6,52% et la sévérité de 2,21. Bugorhe a eu une incidence de 15,3% et une sévérité de 2,33. Mudaka et Miti ont enregistré des incidences inférieures à celle de Bugorhe respectivement 10,24% et 8,51%. Leurs sévérités ont été respectivement 2,43 et 2,22.

Dans la globalité, le nombre de plants du manioc attaqué par la cochenille est faible et la sévérité est également faible, c'est-à-dire que le manioc est faiblement attaqué.

Cette situation serait due à la pluie qui s'abattait durant la période d'enquête, pluie qui a un effet mécanique sur la cochenille et de ce fait ne favorise pas le développement de ce ravageur.

4 DISCUSSION

Le manioc est le premier produit vivrier en République Démocratique du Congo. La culture est pratiquée sur toute l'étendue du territoire en général en particulier dans la partie Nord du territoire de Kabare et permet de nourrir plus de la moitié de la population. Cependant, cette culture vitale pour le pays mérite d'y accorder une attention particulière et surtout de la protection contre les maladies et ravageurs plus particulièrement la mosaïque africaine du manioc qui est une maladie dévastatrice. Cette maladie a été signalée dans plusieurs pays africains comme la première menace contre la culture du manioc.

Les épidémies qu'elle a causées en Afrique de l'Est ont été désastreuses [9]; [10] ayant engendré d'énormes pertes de rendement.

Ainsi l'incidence globale de la maladie dans notre milieu d'étude a été de 69.43%.

Les incidences de la maladie dans tous les groupements ont été comprises entre 63% et 77.6%. Cette situation serait due à l'usage des boutures infectées et au faible usage des variétés exotiques résistantes à la maladie. Néanmoins l'incidence de la mosaïque du manioc dans Kabare-Nord est moins élevée soient 69.43% comparée à celle trouvée en République Centre Africaine en 2008, soient 84.95% [11].

L'indice de gravité des symptômes pour tout Kabare-Nord a été de 3.14. L'indice de gravité la plus élevée a été trouvée à Bushumba soit 3.5 et la moins élevée à Bugorhe soit 2.65.

Cette variabilité de la sévérité de symptômes s'expliquerait par le fait que dans certaines localités on continue à utiliser les variétés locales non tolérantes à la maladie ou à bouturer le matériel végétal contaminé augmentant ainsi la charge virale dans la plante et dans d'autres localités on commence à abandonner progressivement les variétés locales au profit des variétés exotiques résistantes à la mosaïque africaine du manioc.

Pour les maladies et ravageurs du manioc considérés comme les plus répandus en RD Congo, nous constatons que:

- Les symptômes des acariens verts du manioc ont été rencontrés dans tous les groupements. L'incidence moyenne a été de 27.38% et la sévérité moyenne de 2.49%.
- Les symptômes de l'antracnose ont été signalés dans tous les groupements avec une incidence globale de 8.59% et une sévérité de 2.36.
- La tacheture foliaire a été signalée dans tous les groupements avec une incidence de 49.3% et une sévérité de 2.36.
- La cochenille a été signalée dans tous les groupements avec une incidence de 12.11% et une sévérité de 2.3.

L'acarien vert constitue un danger grave pour le manioc après la mosaïque en République Centre Africaine [11]. En RD Congo où ce ravageur a été signalé il constitue également un danger pour la culture du manioc. La lutte biologique reste le moyen efficace pour contrôler ce ravageur au cas où son incidence et sa sévérité seraient élevées jusqu'à causer une perte économique.

5 CONCLUSION

L'étude a été faite dans la province du Sud-Kivu, précisément dans la partie Nord du territoire de Kabare. Les groupements concernés par cette étude étaient: Mudaka, Miti, Bugorhe, Irhambi-Katana et Bushumba où le manioc est cultivé à grande échelle. Nous avons procédé par le dépouillement bibliographique et l'enquête phytosanitaire précédée d'une pré-enquête et selon la technique de diagonale.

Il ressort de ces résultats que :

- Tous les groupements ont des incidences de la mosaïque africaine du manioc variant entre 63% et 78%. Les attaques se sont avérées moyennes mais tendent à devenir forte. Le groupement qui a le nombre élevé de plants de manioc atteint par la mosaïque est Mudaka avec une incidence de 77,6% et celui qui a un nombre inférieur des plants de manioc attaqués par la mosaïque par rapport aux autres groupements, c'est Miti avec une incidence de 63,73%. La sévérité la plus élevée a été enregistrée à Bushumba soient 3,5 et son incidence a été de 70,4%. Cette situation serait consécutive à l'usage du matériel végétal infecté et non résistant au virus par la plupart des agriculteurs de Kabare-Nord.
- Tous les groupements enquêtés ne sont pas épargnés par les attaques de l'acarien vert du manioc, mais les incidences restent faibles ainsi que les sévérités sauf à Miti où l'incidence a été de 52,17% et la sévérité de 3,08. Le groupement qui a enregistré une incidence moins élevée a été celui de Mudaka soient 13,28% et sa sévérité a été de 2,47. Les groupements de Bushumba, Bugorhe et Irhambi-Katana ont enregistré comme incidence respectivement 21,94%, 23,83 et 25,28%. L'acarien prolifère en général en période de faible pluviosité et régresse en période humide. Si dans la plupart des groupements les incidences ont été faibles, c'est parce que durant la période d'étude il pleuvait abondamment.
- Aucun groupement de Kabare-Nord n'est épargné par l'anthracnose. Le groupement de Mudaka est celui qui a enregistré l'incidence élevée soient 15,68% et la sévérité 2,1. Le groupement de Miti a enregistré l'incidence la moins élevée soient 5,46% et la sévérité de 2,5. Les groupements de Bushumba, Bugorhe et Irhambi-Katana ont enregistré des incidences variant entre 6% et 8%. Cette faible incidence dans tous les groupements s'explique par le fait que le champignon responsable de la maladie s'attaque beaucoup plus aux plants âgés ne bénéficiant pas de beaucoup de soins or la plupart de plants de manioc rencontré dans les champs des agriculteurs avaient un âge inférieur à 7 mois, de ce fait ils bénéficiaient de beaucoup de soins.
- Le groupement de Miti a enregistré une incidence plus élevée de la tacheture foliaire soient 64,44% et une sévérité de 2,12. Bushumba et Irhambi-Katana ont enregistré des incidences moins élevées comparativement aux autres groupements soient respectivement 41,02% et 40,29%. La tacheture foliaire a des effets mineurs sur la production car elle s'attaque plus aux plants âgés et aux vieilles feuilles de manioc.
- La cochenille du manioc est présente dans tous les groupements. Le groupement d'Irhambi-Katana a enregistré une incidence élevée comparativement aux autres groupements soient 20,07% et une sévérité de 2,34. C'est à Bushumba qu'on a trouvé l'incidence la moins élevée soient 6,52% et une sévérité de 2,33. A Mudaka et à Miti, on a enregistré respectivement 10,24% et 8,51% d'incidence.

En général, le nombre de plants de manioc attaqué par la cochenille est faible et la sévérité est également faible. Ceci serait dû aux pluies abondantes qui s'abattent dans la région qui ne favorisent pas le développement des cochenilles sur le manioc.

Ainsi, les propositions suivantes comme solution au contrôle des maladies et à la protection de manioc contre les maladies et les insectes pouvant aider les cultivateurs de manioc de Kabare-Nord sont :

- Pour la mosaïque africaine du manioc, il est indispensable que les agriculteurs utilisent des boutures saines et appartenant aux variétés résistantes. Que les intervenants dans le secteur agricole vulgarisent et disponibilisent pour les agriculteurs des variétés résistantes dans Kabare-Nord.
- Pour l'acarien vert, il s'avère indispensable de semer au début de la saison des pluies.
- Pour l'anthracnose, il est important que les agriculteurs utilisent des boutures saines et qu'ils mettent le manioc dans de bonnes conditions de culture.
- Pour la tacheture foliaire, il s'avère nécessaire d'utiliser des boutures saines et résistantes.

- Pour la cochenille du manioc, il est indispensable que les agriculteurs sèment le manioc dès le retour des pluies, que les chercheurs introduisent des ennemis naturels de la cochenille dans Kabare-Nord et que les agriculteurs aient l'habitude d'arracher et de brûler les plants attaqués.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements s'adressent à nos parents Vincent MUPENDA et Albertine WESSA ainsi qu'à tous nos collègues pour leur soutien dans la réalisation de cette étude.

REFERENCES

- [1] Raemaekers, R.H., Agriculture en Afrique tropicale, Direction générale de la coopération Internationale (DGCI), Bruxelles, pp.1634, 2001.
- [2] Autrique, A. et Perreaux, D., Maladies et ravageurs des cultures de la région des Grands Lacs d'Afrique Centrale, AGCD, n°24, ISABU, Burundi, pp.280, 1989.
- [3] Anonyme, Mémento de l'Agronome, CIRAD et IMVET, Ministère français des affaires étrangères. France, Paris, pp.638, 2004.
- [4] FAO, La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture, Rome, Italie, pp.280, 2004.
- [5] Anonyme, Rapport annuel de l'Inspection Provinciale de l'Agriculture, Pêche et Elevage du Sud-Kivu, RD Congo, pp.85, 2012.
- [6] Percot, A. et Leonard, A., Carte des sols et de la végétation du Congo Belge et du Ruanda-Urundi, notice explicative de la carte des sols et de la végétation, Bruxelles, pp.124, 1960.
- [7] Metrick, T., Méthode de récolte des données aux champs, Tunis, pp.75, 1996.
- [8] Anonyme, La culture du manioc et ses ennemis en Afrique Subsaharienne, Institut, International d'Agriculture Tropicale, Oyo, Road, Ibadan, Nigeria, pp.32, 2011.
- [9] Gibson, Johnson and Collen, Long-term absence of symptoms in heat-treated African mosaic geminivirus-infected resistant cassava plant. Tropical Science, pp.34, 1996.
- [10] Legg, J. et Fauquet C., Cassava mosaic geminiviruses in Africa. Plant Molecular, Biology, pp.56, 2004.
- [11] Silla, S., Yandia, S., Zinga, I., Dethou, M., Longué, R., Moita, M., Ballot, C., Tocko, M. et Valan, A., Etude de l'état phytosanitaire du manioc en République Centre Africaine et de la variabilité des souches virales en circulation, pp.22, 2008.

L'étude de l'effet insecticide de l'huile essentielle de *Syzygium aromaticum* L. contre les larves de *Tuta absoluta*

[The study of the insecticide effect of the essential oil of *Syzygium aromaticum* L. against larvae of *Tuta absoluta*]

Adil BENCHOUIKH, Tarik ALLAM, Abderahim KRIBI, and Khadija OUNINE

Laboratoire de Biologie et Santé, Equipe de Microbiologie Appliquée, Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, B.P. 242. Kénitra, 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 tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick), is a major pest of tomatoes in Morocco. Since its spread in the 1970s, chemical control was the main method of control. However, reduced effectiveness of some of the recommended insecticides has been observed since the 1980s. This study aims to propose alternative solutions based on the use of natural products "bioinsecticide" to fight against the tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick), which is considered a serious threat to tomato production in Morocco and worldwide.

To achieve this objective, we evaluated the toxicity of the essential oil of *Syzygium aromaticum* L. buds against larvae of *Tuta absoluta*. Bioassays were performed in the laboratory in petri dishes 9 cm in diameter, at an average temperature of 26 ± 2 °C and a relative humidity of 60 to 70%. The determination the lethal dose 50 (LD50) of this essential oil has been made via an analysis by probit method using the software BioStat Pro 5.9.8. The values of LD50 and LD100 are respectively 0.0047 and 0,0111 μ l/cm² calculated after fourths hours of exposure confirms the high degree of toxicity of the essential oil of *Syzygium aromaticum* L. buds on filter paper against the larvae of *Tuta absoluta*.

KEYWORDS: *Syzygium aromaticum* L., *Tuta absoluta*, Bioinsecticide, insect repellent activity.

RESUME: La mineuse de la tomate, *Tuta absoluta* (Meyrick), est l'un des principaux ravageurs de la tomate au Maroc. Depuis sa dispersion dans les années 1970, la lutte chimique a été la principale méthode de contrôle. Cependant, l'efficacité réduite de certains des insecticides recommandés a été observé depuis les années 1980. La présente étude a pour objectif de proposer des solutions alternatives basées sur l'utilisation des produits naturels «bioinsecticide», afin de lutter contre la mineuse de la tomate, *Tuta absoluta* (Meyrick) qui est considérée comme une menace sérieuse pour la production de la tomate au Maroc et au monde entier.

Pour répondre à cet objectif, nous avons évalué la toxicité de l'huile essentielle des clous de *Syzygium aromaticum* L. sur des larves de *Tuta absoluta*. Les bio-essais ont été effectués au laboratoire dans des boîtes de Pétri de 9 cm de diamètre, à une température moyenne de 26 ± 2 °C et une humidité relative de 60 à 70%. La détermination de la dose létale 50 (DL₅₀) de cette huile essentielle a été faite via une analyse par la méthode de probits à l'aide du logiciel BioStat Pro 5.9.8. La plus forte dose de l'huile essentielle des clous de *Syzygium aromaticum* L. occasionne une mortalité totale (100%) des larves est de 0.0111 μ l/cm². La DL₅₀ est de 0,0047 μ l/cm² calculée après quartes heures d'exposition confirme le degré élevé de toxicité de cette huile essentielle sur papier filtre vis-à-vis des larves de *Tuta absoluta*.

MOTS-CLEFS: *Syzygium aromaticum* L., *Tuta absoluta*, Bioinsecticide, activité insectifuge.

1 INTRODUCTION

La tomate *Lycopersicon esculentum* Miller 1754, est originaire d'Amérique du Sud. Actuellement, elle est cultivée partout dans le monde sous serre ou en plein champ [1]. La culture de tomate, a une grande importance dans le monde entier. Elle représente une production annuelle de 107 millions de tonnes [2]. Elle a un rôle socio-économique important dans l'économie marocaine tant par les devises qu'elle génère que par l'opportunité d'emploi qu'elle procure. Elle vient en tête des cultures maraîchères en occupant une superficie globale de 18 642 ha, assurant une production totale d'environ 1 312 305 tonnes [3]. dont plus de la moitié est exportée principalement vers les pays de l'Union européenne [4].

Au Maroc et depuis 2008, cette culture est attaquée par un nouveau ravageur *Tuta absoluta* [5], qui est un micro lépidoptère de 6 à 7 mm de long et de 8 à 10 mm d'envergure [6]. C'est le ravageur clé de la tomate dans son aire d'origine en Amérique latine [7]. La propagation de ce ravageur à d'autres régions de production de la tomate s'est produite par la commercialisation des fruits et des plants. De nouvelles aires sont aussi colonisées par l'insecte grâce au vol actif ou passif dus aux vents. Le ravageur nouvellement introduit trouve les côtes méditerranéennes comme un nouvel habitat favorable à sa multiplication [8]. Il a été découvert pour la première fois dans la province de Castellon en Espagne en 2006. Rapidement, ce ravageur a pu s'installer dans tous les pays méditerranéens et européens [9].

Tuta absoluta se caractérise par un potentiel de reproduction élevé et en plus de son hôte principal, il s'attaque aussi aux autres cultures de Solanacées. Les plantes de tomates peuvent être contaminées de l'état de plantule à celui de plante mature. La larve est le stade nuisible de la mineuse de la tomate. Elle peut attaquer tous les organes de la plante. Après éclosion, Les jeunes larves sont capables de pénétrer dans les différentes parties de la plante de tomate occasionnant des dégâts très importants. En effet, les larves ont été rencontrées sur et dans les feuilles, dans les fruits et dans les tiges de tomate (Figure 1) sur lesquelles ils se nourrissent et se développent en créant des mines et des galeries [10]. Ce ravageur est considéré comme un grand obstacle à la production de tomates, dû à son cycle de vie calqué sur le cycle de la culture de tomates et aux pertes occasionnées qui peuvent atteindre 100% [11].

Cependant, la lutte chimique reste, pour des raisons économiques et de facilité de mise en œuvre, la méthode la plus utilisée. Néanmoins, l'application abusive et non raisonnée des produits conventionnels a fait apparaître une pollution de l'environnement et aussi un phénomène de résistance [12].

Les pesticides naturels constituent une alternative intéressante face aux insecticides conventionnels. Le choix de ces molécules, relativement récentes, permet de répondre non seulement aux problèmes liés à la résistance vis-à-vis des insecticides classiques, mais s'accorde aussi aux principes de développement durable, du fait de leur faible impact écotoxicologique [13].

La présente étude a pour objectif de proposer des solutions alternatives basées sur l'utilisation des produits naturels «bioinsecticide», afin de lutter contre la mineuse de la tomate, *Tuta absoluta* (Meyrick) qui est considérée comme une menace sérieuse pour la production de la tomate au Maroc et au monde entier.

Pour répondre à cet objectif, nous avons évalué la toxicité de l'huile essentielle des clous de *Syzygium aromaticum* L. à l'égard des larves de *T. absoluta*.



Fig. 1. Symptômes et dégâts de *Tuta absoluta* sur fruits et feuilles de tomates en plein champ dans la région du M'nasra (Juin 2015)

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 EXTRACTION DES HUILES ESSENTIELLES

Les clous de *Syzygium aromaticum* L. ont été broyées puis distillées à la vapeur pendant 3 heures dans un appareil de type Clevenger. [14],[15].

Après extraction, le volume d'huile essentielle obtenue dans chaque extraction a été mesuré et conservé dans des flacons en verre hermétiquement fermés avec des couvercles en caoutchouc, recouverts de papier d'aluminium pour protéger le contenu de la lumière et conservés au réfrigérateur à moins de 8°C jusqu'à leur utilisation [16].

2.2 MATÉRIEL ANIMAL

Dans le souci d'obtenir une population homogène et suffisante des larves de *Tuta absoluta* pour les différents tests biologiques, Les larves utilisées dans notre étude a été collectés à partir de trois parcelles touchées par le ravageur *Tuta absoluta* dans la zone du M'nasra de la région du « Gharb-Chrarda-Beni hsen ».

2.3 ESSAIS BIOLOGIQUES

Les bio-essais ont été effectués au laboratoire dans des boîtes de Pétri de 90mm de diamètre, à une température moyenne de 26 ± 2 °C et une humidité relative de 60 à 70%.

2.3.1 TOXICITÉ PAR CONTACT DE L'HUILE ESSENTIELLE SUR PAPIER FILTRE

Plusieurs tests préliminaires ont été effectués afin de choisir les doses à utiliser. Ainsi, les différentes doses de chaque huiles essentielles ont été préparées en diluant dans 5 ml d'acétone le volume de 10 μ l d'huile essentielle à tester, puis on diluant 1ml de solution préparée dans 1ml d'acétone et ensuite, une dilution en cascade à base de $\frac{1}{2}$ est effectuée dans des flacons contenant chacun 1 ml d'acétone, de manière à obtenir une gamme de doses comprise entre 1 μ l/ml et 0.125 μ l/ml. Chacune des solutions ainsi préparées a été répandue uniformément sur une rondelle de papier filtre (Whatman n° 1) de 9 cm de diamètre (soit 63,62 cm² de surface) posée dans une boîte de Pétri [17],[18] en verre de même diamètre. Cette rondelle a été laissée à la température ambiante pendant 15 minutes pour permettre l'évaporation complète du solvant de

dilution. Ainsi, si l'on veut exprimer les différentes quantités d'huile essentielle (1, 0.5, 0.25 et 0.125 μ l) par unité de surface de papier filtre (63,62 cm²) ceci correspond aux doses 0,0019; 0,0039; 0,0079 et 0,0157 μ l/cm² respectivement. Pour la cinquième dose ou témoin, la rondelle était traitée uniquement à l'acétone.

Un lot de 20 larves de *Tuta absoluta* fraîchement prélevés de leurs feuilles d'origine a été introduit dans chaque boîte de Pétri contenant une rondelle traitée; puis les boîtes ont été immédiatement refermées. Quatre répétitions ont été effectuées pour chaque dose et les larves morts ont été comptés (et maintenus dans les boîtes) toutes les heures pendant quatre heures.

Les mortalités dans les boîtes traitées (Mo) ont été exprimées selon la formule d'Abbott [19] en mortalités corrigées (Mc), tenant compte des mortalités naturelles observées dans les boîtes témoins (Mt) selon la formule suivante:

$$Mc = \frac{Mo - Mt}{100 - Mt} \times 100$$

La méthode de Finney basée sur la régression des probits des mortalités en fonction des logarithmes des doses d'huile essentielle a permis de déterminer la DL₅₀ [20]. Ceci a été faite à l'aide du logiciel BioStat Pro 5.9.8.

2.3.2 EFFET REPULSIF DE L'HUILE ESSENTIELLE SUR PAPIER FILTRE

L'effet répulsif de l'huile essentielle à l'égard des larves de *Tuta absoluta* a été évalué en utilisant la méthode de la zone préférentielle sur papier filtre décrite par McDonald et al. en 1970 [21]. Ainsi, les disques de papier filtre de 9 cm de diamètre utilisés à cet effet ont été coupés en deux parties égales ayant chacune 31,80 cm² de surface. Quatre doses d'huile ont été préparées (1, 0.5, 0.25 et 0.125 μ l) par dilution dans 1ml d'acétone. Ensuite, 0,5 ml de chacune des solutions ainsi préparées a été répandue uniformément sur une moitié du disque correspondant donc respectivement aux doses de 0,0019; 0,0039; 0,0079 et 0,0157 μ l/cm² tandis que l'autre moitié a reçu uniquement 0,5 ml d'acétone.

Après quinze minutes, temps nécessaire pour l'évaporation complète du solvant de dilution, les deux moitiés des disques ont été ressoudées au moyen d'une bande adhésive. Le disque de papier filtre ainsi reconstitué a été placé dans une boîte de Pétri et un lot de 20 Larves, fraîchement prélevés de leurs feuilles d'origine a été placé au centre de chaque disque. Quatre répétitions ont été effectuées pour chaque dose.

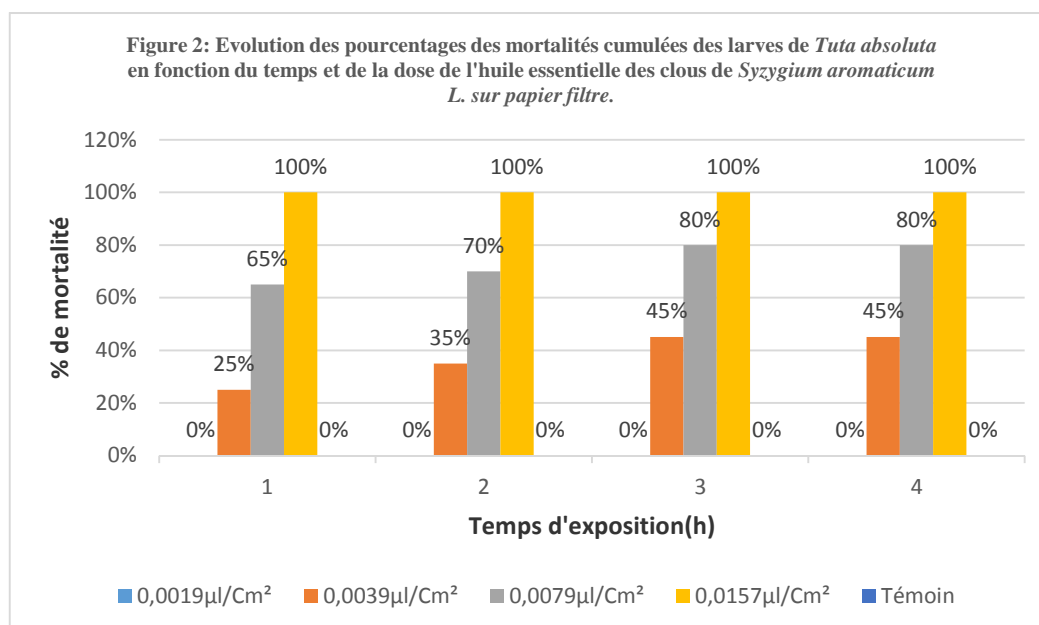
Au bout de deux heures, le nombre des larves présents sur la partie de papier filtre traitée à l'huile essentielle (Nt) et le nombre de ceux présents sur la partie traitée uniquement à l'acétone (Nc) ont été relevés. Le pourcentage de répulsion (PR) a été calculé en utilisant la formule suivante:

$$PR = \frac{Nc - Nt}{Nc + Nt} \times 100$$

Le pourcentage moyen de répulsion pour l'huile essentielle a été calculé et attribué selon le classement de McDonald et al. en 1970 [21] à l'une des différentes classes répulsives variant de 0 à V: classe 0 (PR < 0,1%), classe I (PR = 0,1 – 20%), classe II (PR = 20,1 – 40%), classe III (PR = 40,1 – 60%), classe IV (PR = 60,1 – 80%) et classe V (PR = 80,1 – 100%).

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

La figure 2 illustre l'évolution des pourcentages des mortalités cumulées et corrigées par rapport au témoin des larves de *Tuta absoluta* en fonction du temps et de la dose de l'huile essentielle des clous de *Syzygium aromaticum*. On observe une variation du taux de mortalité avec la dose d'huile essentielle testée et le temps. La dose de 0.0111 μ l/cm² occasionne une mortalité totale des larves à la quatrième heure d'exposition. La valeur de la DL₅₀ est de 0,0047 μ l/cm² calculée après quatre heures d'exposition confirme le degré élevé de toxicité de cette huile essentielle sur papier filtre vis-à-vis des *Tuta absoluta*.



Les pourcentages de répulsion des différentes doses de l'huile essentielle des clous de *Syzygium aromaticum* L. sont récapitulés dans le tableau 1. Il en ressort qu'après deux heures d'exposition, les différentes doses de l'huile essentielle des clous de *Syzygium aromaticum* L. (0,0019; 0,0039; 0,0079; et 0,0157 µl/cm²) ont occasionné respectivement 55; 75; 85 et 98,75% de répulsion vis-à-vis des larves de *Tuta absoluta*. Ceci montre clairement que le pourcentage de répulsion augmente en fonction de la dose. A la lumière de ces résultats, on peut noter que l'huile essentielle des clous de *Syzygium aromaticum* L. a également une forte activité insectifuge à l'égard des larves de *Tuta absoluta* et appartiendrait selon le classement de McDonald et al. [21] à la classe répulsive IV avec un taux de répulsion moyen de 77,19%.

Tableau 1 : Pourcentages de répulsion sur papier filtre de l'huile essentielle des clous de *Syzygium aromaticum* L. vis-à-vis des larves de *Tuta absoluta*

Doses (µl/cm ²)	Taux de répulsion en %
0,0019	55 ± 7,07
0,0039	75 ± 4,08
0,0079	85 ± 4,08
0,0157	98,75 ± 2,5
Moyenne	77,19 ± 4,43
Classe répulsive	IV

La nature volatile des constituants des huiles essentielles; nous amène à penser que le principe actif serait probablement un ou des constituants volatils contenus dans l'huile essentielle. Les effets toxiques et répulsifs de cette huile essentielle pourraient dépendre de sa composition chimique et du niveau de sensibilité des insectes [22]. Les huiles essentielles contiennent par définition des métabolites secondaires produits par les plantes comme moyen de défense contre les ravageurs phytophages [23]. En effet, des chercheurs scientifiques ont mise en évidence trente et un composants dans l'huile essentielle des clous de girofle (*Syzygium aromaticum*) [24], dont les principaux étant eugénol (72,40%), β-caryophyllène (12,61%) et l'acétate d'eugénol (9,59%) [25]. Les propriétés insecticides de l'eugénol ont déjà été démontrées vis-à-vis *Tribolium castaneum* et *Sitophilus zeamais* Motsch [26]. Cependant, il serait difficile de penser que l'activité insecticide de cette huile se limite uniquement à certains de ses constituants majoritaires; elle pourrait aussi être due à certains constituants minoritaires ou à un effet synergique de plusieurs constituants [27].

4 CONCLUSION

L'huile essentielle de *Syzygium aromaticum* a montré une activité insectifuge ainsi qu'une forte activité insecticide vis-à-vis des larves de *Tuta absoluta* in vitro. Leur intégration en gestion de *Tuta absoluta* au niveau des parcelles touchées peut

être envisagée. Ces résultats nous encouragent à poursuivre nos recherches scientifiques sur l'activité insecticide des constituants de l'huile essentielle de *Syzygium aromaticum* à l'égard des larves de *Tuta absoluta* in vivo.

RÉFÉRENCES

- [1] Lange W.H. & Bronson L. (1981). Insect Pests of Tomatoes. Annual Review of Entomology 26, p. 345-371.
- [2] Sabbour M. M., Singer, S. M., 2014, Evaluations of Two *Metarhizium* varieties against *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in Egypt. International Journal of Science and Research (IJSR). September 2014. V. 3 Issue 9, p. 1983-1987.
- [3] Anonyme, 2015. Gestion phytosanitaire de la mineuse de la tomate, *Tuta absoluta* Myrick, 13p, URL/http://onssa.gov.ma/onssa/fr/doc_pdf/guide_pratique_gestion_de_la_tomate.pdf / page consultée le 30 juillet 2015.
- [4] Hormatallah, A., M. El Morsli, A. Dermouni, R. Salghi and L. Bazzi, 2010. Gestion des pesticides et contrôle de leurs résidus en culture de tomate sous serre dans quelques exploitations de la région du Souss-Massa. Proceedings du Septième Congrès de L'Association Marocaine de Protection de Plantes, Mai 2010, Rabat, Maroc, pp. 271-279.
- [5] Guenaoui Y. (2008). Nouveau ravageur de la tomate en Algérie: Première observation de *Tuta absoluta*, mineuse de la tomate invasive, dans la région de Mostaganem, au printemps 2008. Phytoma-La Défense des Végétaux 617, p. 18-19.
- [6] Lebdi Grissa Kaouther, Skander Manel, Mhafdhi Mouna et BelHadj Ridha, 2011, Lutte intégrée contre la mineuse de la tomate, *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) en Tunisie. Entomol. faun. 2011(2010) 63 (3), 125-132.
- [7] Siqueira H.A.A, Guedes R.N., & Picanço M.C., 2000. Cartap resistance and synergism in populations of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). J. Appl. Ent. 124: 233- 238.
- [8] Desneux N., Wajnberg E., Wyckhuys K. A. G., Burgio G., Arpaia S. C. A., Narváez-Vasquez, González-Cabrera J., Ruescas D. C., Tabone E., Frandon J., Pizzol J., Poncet C., 2010, Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta* : ecology, geographic expansion and prospects for biological control. Journal of Pest Science. August, V : 83, Issue 3, pp : 197-215.
- [9] Harizanova V., Stoeva A., Mohamedova M., 2009, Tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Povolny) (Lepidoptera: gelechiidae) – first record in Bulgaria. Agricultural Science and Technology, Vol. 1, No 3, pp 95 - 98.
- [10] Khaled A., 2015, Etude de l'évaluation des dégâts provoqués par *Tuta Absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelichidae) sur tomate en plein champ au Maroc. IJETST- Vol.02, Issue.03, Pages 2046-2053.
- [11] Allache Farid, Houhou Mohamed Amine, Osmane Ismail, Naili Lamari & Demnati Fatma. 2012, Suivi de l'évolution de la population de *Tuta absoluta* Meyrick (Gelichiidae), un nouveau ravageur de la tomate sous serre à Biskra (sud-est d'Algérie). Faunistic Entomology 2012 (65), 149-155.
- [12] Yang, M.L., Zhang, J.Z., Zhu, K.Y., Xuan, T., Liu, X.J., Guo, Y.P. & Ma, E.B. (2009).- Mechanisms of organophosphate resistance in a field population of oriental migratory locust, *Locusta migratoria manilensis* (Meyen). Arch. Insect Biochem. Physiol., 71(1), 3-15.
- [13] Chaabane M., Benchaabane S., Kilani-Morakchi S. et Aribi N., 2012, Physiotoxicité du spinosad, évaluée sur deux générations, chez une espèce invasive, *Tuta absoluta* (Lepidoptera), et chez un modèle de référence, *Drosophila melanogaster* (Diptera). Bull. Soc. zool. Fr., 2012, 137(1-4) : 61-72.
- [14] Kouamé R. O. et al. (2004). Activités antibactériennes des huiles essentielles de trois plantes aromatiques de Côte-d'Ivoire. C. R. Chimie 7 : 1081–1086.
- [15] Dossou Sika S. K. et al. (2011). Chemical composition and seasonal variation of essential oil of *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst subsp birrea leaves from Benin. Journal of Medicinal Plants Research Vol. 5(18), pp. 4640-4646.
- [16] Botelho M.A. et al. (2007). Antimicrobial activity of the essential oil from *Lippia sidoides*, carvacrol and thymol against oral pathogens. Brazilian Journal of Medical and Biological Research 40: 349-356.
- [17] Obeng-Ofori D., Reichmuth C.H., Bekele J. & Hassanali A., 1997, Biological activity of 1,8-cineole, a major component of essential oil of *Ocimum kenyense* (Ayobangira) against stored product beetles. Journal of Applied Entomology, 121, 237-243.
- [18] Tapondjou L.A., Alder C., Fontem D.A., Bouda H. & Reichmuth C., 2005, Bioactivities of cymol and essential oils of *Cupressus sempervirens* and *Eucalyptus saligna* against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium confusum* du Val. Journal of Stored Products Research, 41, 91-102.
- [19] Abbott W.S., 1925, A method of computing the effectiveness of an insecticide. Journal of Economic Entomology, 18, 265-267.
- [20] Finney D.J., 1971, Statistical Methods in Biological Assay, 2nd edition. London: Griffin, 333 p.
- [21] McDonald L.L., Guy R.H. & Speirs R.D., 1970, Preliminary evaluation of new candidate materials as toxicants, repellents and attractants against stored product insects. Marketing Res. Rep. n° 882. Washington: Agric. Res. Service, US. Dept of Agric., 183 p.

- [22] Casida J.H., 1990, Pesticide mode of action, evidence for implications of a finite number of biochemical targets. *In*: Casida J.E. (ed.). Pesticides and alternatives. Innovative chemical and Biological Approaches to Pest Control. Amsterdam: Elsevier, pp. 11-22.
- [23] Cseke, L.J. et P.B. Kaufman. 1999. How and why these compounds are synthesized by plants. Pages 37-90 in P.B. Kaufman, L.J. Cseke, S. Warber, J.A. Duke et H.L. Brielmann (eds.), Natural Products from Plants. CRC Press, Boca Raton, FL.
- [24] Gaylor Razafimamonjison, Michel Jahiel, Panja Ramanoelina¹, Fanja Fawbush¹, Pascal Danthu, 2013, Effects of phenological stages on yield and composition of essential oil of *Syzygium aromaticum* buds from Madagascar. International Journal of Basic and Applied Sciences, 2 (4) (2013) 312-318.
- [25] Iwan Safrudin, Askal Maimulyanti, Anton Restu Prihadi, 2015. Effect of crushing of clove bud (*Syzygium aromaticum*) and distillation rate on main constituents of the essential oil. American Journal of Essential Oils and Natural Products 2015; 2 (3): 12-15.
- [26] Yan Huang, Shuit-Hung Ho, Hsien-Chieh Lee, Yen-Ling Yap, 2002, Insecticidal properties of eugenol, isoeugenol and methyleugenol and their effects on nutrition of *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). Journal of Stored Products Research Volume 38, Issue 5, 2002, Pages 403-412.
- [27] Agnès F. N., Taponjou¹ A.L., Tendonkeng F., Tchouanguép F. M., 2009, Evaluation des propriétés insecticides des feuilles de *Callistemon viminalis* (Myrtaceae) contre les adultes d'*Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera; Bruchidae). TROPICULTURA, 2009, 27, 3, 137-143.

Challenges & Innovations in Technology of Fertilizer Industry: NO_x Abatement Techniques

Priyanka Agarwal and Uma Melkania

Department of Environmental Science, G.B. Pant University Of Agriculture & Technology, Pantnagar, U. S. Nagar- 263 145, Uttarakhand, India

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: Attempts to develop new technologies for reduction of nitrous oxide (NO_x) emissions are still carried out all around the world. However, most of them as literature survey suggests is focused on emission control from power plants and mobile vehicles. Fewer investigations are conducted on the NO_x emissions abatement from the chemical industry. While the growing concern to preserve our environment is critical to society and consumers, industries also realize additional benefits of higher production efficiency and lower costs. Current research has focused on identifying the key points of emissions in fertilizer industry by undertaking the life cycle assessment of products. Little work has been done on establishing methodologies that standardize these attempts. The results of research focuses on existing approaches, identifies commonly utilized methodologies and look beyond emissions criteria for sustainable manufacturing. This paper also discusses possible technological approaches to alleviate shortcomings in current process design in fertilizer manufacturing, focusing on NO_x emission abatement, as new techniques for the manufacturing of nitrogen (N) containing fertilizers are available that can lead to drastic reductions of NO_x emission.

KEYWORDS: NO_x emissions, abatement techniques, sustainable development, LCA, new technology.

1 INTRODUCTION

In most regions of the world N is the most important mineral nutrient for crop production and an adequate supply is essential for high yields and quality[1]. The production and application of nitrogen (N) fertilizers causes a lot of greenhouse gases emissions and is based on high energy consumption[2]. With the growing concern about climate change and environmental issues, sustainable manufacturing and efficient resource utilization are gaining popularity with significant potential in theoretical study as well as industrial applications[3]. In the near future, this might lead to a new direction in product production. Not only the price and quality of a product are increasingly important in the consumption chain, but society will increasingly focus on the sustainability of the entire production process[4].

In many studies, it was shown that fertilization is responsible for a high amount of greenhouse gases (GHG) emissions. The fertilizer industry is one of the sectors that contribute to climate change, accounting for roughly 5% of the total GHG emissions worldwide. Therefore reducing these emissions is a primary goal in order to comply with the objectives laid down in the Kyoto protocol to combat climate change.

The aim of our study was to assess the environmental management of fertilizer industry & to analyze the environmental impact of fertilizer products along the production chain. Additionally we studied different components of fertilizer industry and have accounted emissions during production process using life cycle assessment (LCA) as a tool, which also enabled us to suggest alternatives in technology that can be used in process design, in order to verify the environmental preferable one.

2 METHODOLOGY

The present study was conducted in Aonla plant of Indian Farmers Fertiliser Cooperative Limited (IFFCO), having production over 38 million tonnes of fertilizers in 2013-14 and contributed about 18.4% to the total Nitrogen and 23.4% to the total P₂O₅ produced in India. Aonla plant of IFFCO is one of the six natural gas based fertilizer plants set up in the country on the H.J.B. pipe line. This project has been designed to produce 7.26 lakhs tons of Urea per year with plant capacity of 1.148 million metric tons ammonia and 2.000 million metric tons of urea per year. The site is 28 km southwest of Bareilly on Bareilly Aonla Road in the state of Uttar Pradesh, INDIA.

A cradle-to-field life cycle assessment (LCA) for the fertilizer production chain, from extraction of raw materials, via fertilizer production, transportation and storage until final application in the field was taken into consideration [5]. Additionally, a scenario analysis was carried out focusing on nitrous oxide (NOx) emissions, as new techniques for the manufacturing of nitrogen (N) containing fertilizers are available that can lead to drastic reductions of NOx emissions.

2.1 GOAL AND SCOPE OF THE STUDY

The goal of this study was to locate the strong and weak points of fertilizer industry in overall functioning. Study will help to improved IFFCO’s environmental practice and help in whole-system optimisation for GHG emissions reduction and finding the best available techniques for pollution prevention and control in fertilizer industry.

The system boundaries are from ‘cradle to grave’, comprising the following life cycle stages: extraction of fuels and raw materials, processing and transportation of fuels; manufacture and construction of infrastructure; operation of power plants to generate electricity; construction and decommissioning of power plants and waste disposal.

A site specific life cycle inventory, LCI, was developed for an existing fertilizer plant using data collected on site visits and via discussion with plant engineers. All energy and material flows as well as emissions associated were identified and quantified in detail. Moreover, the most critical stages from an environmental point of view (hotspots) were identified and alternatives were proposed in order to reduce the impact and improve the environmental and energy profiles which also help to modify and rebuild the existing processes as well to design new methods.

2.2 EMISSIONS FROM FERTILIZER PRODUCTION

Of the major contributors, fertilizer plants contribute the most NOx to the environment resulting from fossil fuel combustion. Emissions to the atmosphere from ammonia plants include sulfur dioxide (SO₂), nitrogen oxides (NOx), carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂), hydrogen sulphide(H₂S), volatile organic compounds (VOCs), particulates, methane, hydrogen cyanide and ammonia[6]. The primary sources of pollutants (table 1), with typical reported values, for pollutants in kilograms/ton (kg/t) are as follows:

Table 1:

Flue gas from primary reformer	Carbon dioxide removal
CO ₂ : 500 kg/ton NH ₃	CO ₂ : 1,200 kg/ton
NOx: 0.6–1.3 kg/ton NH ₃ as NO ₂	
SO ₂ : less than 0.1 kg/ton	
CO: less than 0.03 kg/ton	

Emissions of ammonia have been reported in the range of less than 0.04 to 2 kg/t of ammonia produced.

In a urea plant, ammonia and particulate matter are the emissions of concern. Ammonia emissions reported as in recovery absorption vent (0.1–0.5 kg/t), concentration absorption vent (0.1–0.2 kg/t), urea prilling (0.5–2.2 kg/t) and granulation (0.2–0.7 kg/t). The prill tower is a source of urea dust (0.5–2.2 kg/t), as is the granulator (0.1–0.5 kg/t).

2.3 CURRENT EMISSION CONTROL TECHNIQUES

The Indian fertilizer industry also kept pace with the fast developments in fertilizer technology taking place elsewhere in the world. Cleaner technologies, improved design features and innovative measures are adopted to conserve resources and minimize pollution. Retrofitting and revamping of the existing plants, process modifications, recovery of valuable

products, substitution of toxic materials with nontoxic materials, *etc.*, have helped in achieving cleaner production. The best available techniques being used in fertilizer production include:

- Low pressure ammonia synthesis loop for hydrogen recovery
- Membrane based methane recovery from the methanator
- CO₂ removal using physical absorption processes and solvents such as selexol
- Use of high efficiency catalysts like caesium for improving efficiency of SO₂ to SO₃ conversion
- Low NO_x burner & catalytic reduction techniques for reducing NO_x in the tail gas
- CO₂ recovery plant to tap CO₂ from flue gases & to increase urea production
- Hydrolyser stripper for recovery of urea, NH₃ and CO₂ and conserve water through recycling of treated water along with purge gas recovery (PGR) unit
- S-50 converter with new horizontal boiler and steam drum to save energy
- Use of non-chromate based cooling water treatment
- Adoption of dual pressure process (high pressure absorption and medium pressure oxidation) for ammonia production to improve production efficiency
- Multi-stage scrubbing system for reduction of ammonia /particulate matter /fluoride, *etc.* & scrubbing of off-gases with process condensate prior to venting inerts to atmosphere
- Installation of high efficiency cyclones for reduction in dust emission & wet scrubbing of prill tower and granulation plant air to recover urea and NH₃
- Dry de-dusting system along with bag filtration of dust laden air from transfer points, screens, bagging machines, *etc.* coupled with a dissolving system
- Flash melting of solid urea over-size product for recycle to the process

3 RESULTS & DISCUSSION

Several technical solutions for the reduction of NO_x emissions in fertilizer plants have been discussed during the last few years. It is difficult to develop alternative technology for total elimination of NO_x generation [6]. Accordingly, less polluting technologies have emerged for reducing NO_x in exhaust air from the Sulfuric/ Nitric/Ammonia/ Phosphate/ Nitro-Phosphate plants. The results of the study identifies techniques for abatement of NO_x emissions, few out of these techniques are currently being practiced in different fertilizer plants.

3.1 NO_x EMISSION ABATEMENT TECHNOLOGIES

NO_x control techniques operate either through suppression of NO_x formation or through physical or chemical removal of NO_x from stack gases. The types of control technology which are currently available is divided into two (1) Primary measures or combustion control, also called clean techniques and (2) Secondary measures or post combustion control, also called clean up techniques or flue gas treatment[7]. Depending upon the stages in the process, the approaches of lowering NO_x & N₂O from fertilizer plants can be classified into three groups:

- Primary: preventing NO_x from being formed in the ammonia burner
- Secondary: removal of N₂O from NO_x gases between the ammonia converter and the absorption column.
- Tertiary: removal of NO_x from the tail gas downstream

3.1.1 TECHNOLOGIES FOR PRIMARY ABATEMENT

The catalytic oxidation of ammonia over platinum-rhodium gauzes takes place through several reaction paths depending on the temperature. Under current industrial operating conditions, the process yields up to 97% NO, the desired product in nitric acid production. Although the process is well established, optimising the NO selectivity by improving the catalyst, reactor design and operating conditions are considered as part of primary abatement along with changes in the geometry and configurations of gauzes as well as the development of oxide-based catalysts [8].

3.1.2 TECHNOLOGIES FOR SECONDARY ABATEMENT

THERMAL DECOMPOSITION:

Norsk Hydro developed a reactor technology based on the thermal gas phase decomposition occurring down-stream from the reactor chamber[9]. The technology has been implemented in an acid plant in Porsgumn, Norway.

CATALYTIC DECOMPOSITION:

The catalytic reduction of N₂O include the decomposition of N₂O into N₂ and O₂ over various types of noble metal, metal oxide and mixed oxide catalysts. However, an ideal catalyst is one that satisfy the N₂O reduction target of >90% under severe oxidising environments at high temperature and pressure and with a minimal loss of NO.

Norsk Hydro patented a series of catalysts comprising Co_{3-x}M_xO₄ where M=Fe or Al and x= 0 to 2 supported on CeO₂. The presence of a small amount of ZrO₂ was reported to prevent the degradation of catalyst activity[10]. This catalyst is claimed to be non-NO destructive and thermally stable, which can be applied over a wide temperature and gas composition range, in the presence of oxygen and water vapour.

A Ce-Co catalyst was commercialised by Yara International as Yara 58-Y1. It contains >80% cerium oxide, <1% cobalt (II, III) oxide and <1% aluminium cobalt tetraoxide [11]. This catalyst is claimed to be able to achieve upto 90% N₂O conversion and has been installed in 11 Yara plants and 11 locations under the clean development mechanism (CDM) or joint implementation (JI) countries as defined by the Kyoto Protocol[12].

Hermsdorfer Institut Für Technische Keramik (HITK) has produced and patented a ceramic based catalyst consisting of metal oxides such as Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu and La on a porous ceramic support[13], which claims 100% N₂O conversion at temperature above 800°C.

3.1.3 TECHNOLOGIES FOR TERTIARY ABATEMENT

The tail-gas, leaving the absorber column, contains N₂O, NO_x, O₂ and H₂O at temperatures from 523-773K at pressures of 3-13 bar[14].

Uhde has developed a system for the removal of N₂O and NO_x from the tail gas of nitric acid plants under the trade name EnviNO_x[®][15]. The system features a tail gas reactor consisting of two beds of iron-zeolite catalyst with intermediate ammonia injection installed directly upstream of the tail gas turbine. The EnviNO_x[®] catalysts are manufactured by Süd-Chemie with brand names EnviCat[®]-N₂O and EnviCat[®]-NO_x. The system was first implemented in 2003 in a 1000 Mt/day dual-pressure nitric acid plant by AMI in Linz (Austria)[15] and still operates at an efficiency of 98%[16].

The Energy Research Center of the Netherlands (ECN) has developed a combined catalytic technology for the removal of NO_x and N₂O based on selective catalytic reduction (SCR) using propane as a reducing agent. Iron and cobalt-containing zeolites are placed in series in a single reactor operated at pressure upto 10 bar. The conversions of N₂O and NO_x ~ 90% was achieved[17].

In 2006, ECN tested a trimetallic zeolite-based ECN catalyst at nitric acid plant in Ijmuiden, the Netherlands. This catalyst requires no addition of a reducing agent. It can be operated at temperatures of 475-525°C and at pressures of 1-12 bar, with N₂O conversion efficiency of 70-95%.

N.E. Chemcat has developed a catalyst named DASH-30D D812. The catalyst consists of palladium supported on alumina silica and magnesium oxide and has been installed in many plants like Caprolactam production plant in Thailand and nitric acid plant of Kaifeng Jinkai Chemical Ind. Co., Ltd, China[18] and is found to have an efficiency of 80-90%.

3.1.4 NO_x CONTROL TECHNOLOGIES FOR COMBUSTION PROCESSES

In combustion processes, NO_x is formed due to the oxidation of fuels like coal, residual oils and natural gas which produce NO_x in significant amounts.

The most common NO_x control technology for the combustion process is *Low-NO_x burners (LNB)*, used separately or in combination with post-combustion control technologies like catalytic reduction and involves the modification of the process into a two stage combustion process: a fuel-rich zone where primary combustion takes place and a fuel-lean zone for secondary combustion at lower temperature. LNB technology affords up to 60% reduction for the combustion process[19].

Selective Non-Catalytic Reduction (SNCR) and Selective Catalytic Reduction (SCR) are based on the chemical reduction of NO_x molecules into molecular nitrogen (N₂) and water vapour (H₂O) by a nitrogen-based reducing agent such as ammonia or urea. In these processes the reducing agent is injected into the post-combustion flue gas stream and heat from the boiler provides the energy for the reduction reaction, except that SCR has a solid catalyst bed installed downstream of the combustion chamber. NO_x reductions upto 90% can be achieved by optimising the reactor design and operation such as ammonia dosage and mixing[20]

Another technique offered is the hybrid SNCR/SCR concept, which uses the excess ammonia (ammonia 'slip') of the SNCR to promote additional NO_x reduction in a downstream SCR catalyst and to compensate for the reduction of flue gas temperatures, a Regenerative Selective Catalytic Reduction (RSCR™) System is used which allows the efficient use of an SCR downstream of a particulate control device. The primary application of an RSCR system is the reduction of NO_x emissions taking place on a conventional SCR catalyst using anhydrous or aqueous ammonia, where the flue gas is typically at 300-400°F[21]. Additionally, some oxidation of CO to CO₂ in the flue gas occurs.

The RSCR also combines a regenerative thermal oxidizer (RTO) (e.g., retention chamber burner) with SCR technology, having an ability to control flue gas temperatures, allowing high NO_x reduction under varying temperature conditions[22]. The RSCR is able to reduce NO_x by 60 to 75% and CO by about 50%.

Another technologies such as Over-fire Air (OFA) and Reburn can also prove to be efficient in reducing NO_x emissions upto 5-55% or even higher.

Reburn, destroys or chemically reduces NO_x shortly after it is formed rather than minimizing its formation, simply by introducing the reburn fuel (natural gas) into the boiler above the main burner region. A portion of the heat input from the primary fuel is replaced by the reburn fuel. Subsequently, this 'fuel-rich' environment reacts with and destroys the NO_x formed in the main burners. One important feature of reburn is its compatibility with a particular type of boiler – 'Cyclone' – for which the previously mentioned technologies are not well suited. Reburn performance has been shown to range from 30 to 60% reduction in NO_x emissions.

Over-fire air(OFA) offers NO_x reductions upto 30 to 65% by minimizing the formation of NO_x during combustion and by controlling the quantities and the way in which fuel and air are introduced and mixed in the boiler (usually referred to as 'fuel or air staging'). These technologies are prevalent in the electric power industry and in ICI boilers at present.

4 CONCLUSIONS

All industries are moving towards more efficient and low or zero emission processes due to economic benefit, regulation and concern for the environment. New materials and process technologies are playing an important role in emission treatment and by-product utilisation. This research has focussed on technologies that offer the highest efficiencies and lowest emissions including physical and chemical mechanisms in industrial production. Results show that different technologies offers innovative options for mitigating emissions at production level, some are even 90% efficient and should be promoted in order to deal with the increasing NO_x emissions in all countries.

REFERENCES

- [1] R.L. Mulvaney, S.A. Khan and T.R. Ellsworth, "Synthetic nitrogen fertilizers deplete soil nitrogen: A global dilemma for sustainable cereal production", *J. Environ. Qual.*, vol. 38, pp. 2295–2314, 2009.
- [2] F. Brentrup and C. Pallière, "GHG emissions and energy efficiency in European nitrogen fertiliser production and use", *Proc. Int. Fert. Soc.*, vol. 639, pp. 1–26, 2008.
- [3] M. Gaussin, G. Hub, S. Abolghasem, S. Basu, M.R. Shankar and B. Bidanda, "Assessing the environmental footprint of manufactured products: A survey of current literature", *Int. J. Production Economics*, vol. 146, pp. 515–523, 2013.
- [4] H. Spiertz, "Food production, crops and sustainability: restoring confidence in science and technology", *Curr. Opin. Environ. Sus.*, vol. 2, pp. 439–443, 2010.
- [5] K. Hasler, S. Broring, S.W.F. Omta and H-W. Olf, "Life cycle assessment (LCA) of different fertilizer product types", *Europ. J. Agronomy*, vol. 69, pp. 41–51, 2015.
- [6] R.P. Prajapati and R. Singhai, "Impact Assessment of Fertilizer Industry Waste on Environment", *JECET*, vol.1, no.3, pp. 311-315, 2012.
- [7] A.N. Awad, H.G. Ibrahim, M.M. Aboabboud, and A.Y. Okasha, "Available Control Technologies For Sox And Nox Emission From Industrial Sources: A Review", *Proceedings of the 11th international conference on environmental science and technology, Chania, Crete, Greece, sept. 3-5, 2009.*

- [8] M. Groves, R. Maurer, M. Schwefer and R. Siefert, "Abatement of N₂O and NO_x from nitric acid plants with the Uhde EnviNOX[®] process – Design, Operating Experience and Current developments", *Proceedings Nitrogen 2006 International Conference, Vienna, Austria*, march 12 – 15, 2006.
- [9] J. Pérez-Ramírez, "Method For Preparation And Activation Of Multimetallic Zeolite Catalysts, A Catalyst Composition And Application For N₂O Abatement", WO 2004/047960 A1, 2004, assigned to Yara.
- [10] Ø. Nirisen, K. Schoffel, D. Waller, and D. Ovrebo, D., "Catalyst for decomposing nitrous oxide and method for performing processes comprising formation of nitrous oxide", US 2004/0023796 A1, 2004.
- [11] MSDS, "MSDS for N₂O Abatement Catalyst 58-Y1, 58-Y1-S", by Yara International, 2008.
- [12] Matthey, 2008,
[Online] available: <http://www.noble.matthey.com/pdfs-uploaded/NitroTechnologies%20-%20Brochure.pdf> (Oct. 11, 2015)
- [13] W. Burckhardt, F. Seifert and G. Winterstein, WO 00/13789, 2000.
- [14] J. Perez-Ramirez, F. Kapteijin, K. Schoffel and J.A. Moulijn, "Formation and control of N₂O in nitric acid production: Where do we stand today?", *Applied Catalysis B: Environmental*, vol 44, no. 2, pp.117-151, 2003.
- [15] M. Groves and A. Sasanow, "Uhde EnviNOx[®] Technology for NO_x and N₂O abatement – A contribution to reducing emissions from nitric acid plants", *Fifth International Symposium on Non-CO₂ Greenhouse Gases (NCGG-5)*, Wageningen, Netherlands, june 30-july 3, 2009.
- [16] M.A.G Hevia, and J. Pérez-Ramírez, "Assessment of the low-temperature EnviNOx (R) variant for catalytic N₂O abatement over steam-activated FeZSM-5", *Applied Catalysis B: Environmental*, vol.77, no. 3-4, pp. 248-254, 2008.
- [17] M. Schwefer, R. Maurer and T. Turek, "An Apparatus And A Process For Removing N₂O During Nitric Acid Production", WO 01/51415 A1, 2001.
- [18] CDM, 2006, [Online] available:
<http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/Y8EP1I75XRZSEDZ3V44KY9IJTIWUXG>(oct. 11, 2015)
- [19] J.U.Watts, A.N. Mann, and D.L. Russell, "An Overview of NO_x Control Technologies Demonstrated under the Department of Energy's Clean Coal Technology Program", U.S. Department of Energy, Federal Energy Technology Centre, 2000.
- [20] M. Hesser, H. Lüders, and R.S. Henning, "SCR Technology for NO_x Reduction: Series Experience and State of Development", *DEER Conference*, august 21–25, 2005.
- [21] R.F. Toupin, "Efficient and Low Emission Stoker Fired Biomass Boiler Technology in Today's Marketplace". Worcester: Babcock Power Environmental Inc., 2007.
- [22] BPEI, Babcock Power Environmental Inc., "Regenerative SCR", Worcester: Babcock Power Environmental Inc, 2006.

Vers une bonne gestion des déchets plastiques et d'autres déchets ménagers dans la commune d'Ibanda, ville de Bukavu en RDC

Balumisa Mubolwa Jules¹, El Kent ATUMISHI Mubangu², and Mourad Madrane³⁻⁴

¹Etudiant de 3ème cycle de la politique et socio-économie de gestion de l'environnement UEA/Bukavu, licencié en santé publique, RD Congo

²Institut Supérieur Médical de Kabare, RD Congo

³Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Ingénierie Pédagogique, Ecole Normale Supérieure – Tétouan, Université Abdelmalek ESSAADI, B.P: 7310, 93030 Tétouan, Morocco

⁴Chercheur Associé CREDE, Université de Moncton, Canada

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 makes it possible to contribute to the comprehension of the management of domestic waste and especially waste plastic in the commune of Ibanda.

Analysis of the data, it arises that the households of the Commune of Ibanda have a bad practice on the modes of management of the plastic sachets because some throw them in main street of the commune, others without Trier nor to recycle them, throw them in the lake Kivu, the Kawa river or the Ruzizi river. Indeed, due to the practice of not controlled wild discharges, waste is currently carted towards Lake Kivu, and this phenomenon contributes to increase the imbalance of this ecosystem. In this Commune, the day laborers production of waste by the population is on average of 0,96kg/j. Vis-a-vis the impacts of these risks, the commune of Ibanda, must put public dustbins in the principal arteries of the commune at least 200 with 500m separating them.

KEYWORDS: Domestic waste, management of plastic waste, cleansing, environment, Ibanda.

RESUME: Cette étude vise la compréhension de la gestion des déchets ménagers et surtout les déchets plastiques dans la commune d'Ibanda. De l'analyse des données, il ressort que les ménages de la Commune d'Ibanda ont une mauvaise pratique relativement aux modes de gestion des sachets plastiques car certains les jettent dans les grandes rues de la commune, d'autres sans les trier ni les recycler, les jettent dans le lac Kivu, dans la rivière Kawa ou dans la rivière Ruzizi. En effet, dû à la pratique de décharges sauvages non contrôlées, les déchets sont actuellement charriés vers lac Kivu, et ce phénomène contribue à augmenter le déséquilibre de cet écosystème. Dans cette Commune, la production journalière de déchets par la population est en moyenne de 0,96kg/j. Face aux impacts possibles et risques liés à ces pratiques, la commune d'Ibanda, doit mettre des poubelles publiques dans les artères principales de la commune.

MOTS-CLEFS: Déchets ménagers, gestion des déchets plastiques, assainissement, environnement, Ibanda.

1 INTRODUCTION GENERALE

Notre production de déchets a un impact non négligeable sur l'environnement. Jeter quelque chose fait partie des tâches de notre quotidien, cependant, une fois la poubelle fermée, peu de gens savent ce qu'il advient de nos détrit. Sont-ils incinérés, enfouis, recyclés, réutilisés ? Dans la majorité des cas, il est impossible de le dire. Tout ce qui importe est d'en être

débarrassé, que l'on soit chez soi ou sur son lieu de travail : la responsabilité des déchets est quelque chose que l'on délègue sans arrière-pensée.

De nos jours, les questions touchant la collecte et la gestion des déchets urbains et, par extension la planification et la gestion de l'environnement urbain comptent parmi les plus complexes auxquelles doivent répondre les gestionnaires urbains en raison de leurs effets sur la santé humaine, les écosystèmes et le développement durable [2]. Si autrefois la gestion des déchets dans les villes africaines se posait comme une activité de nature technique, organisationnelle et financière, on se rend actuellement compte qu'elle comporte une dimension essentiellement culturelle et constitue un défi de taille, à relever pour les villes africaines et les pouvoirs publics.

Le problème d'assainissement constitue un sujet d'actualité partout dans le monde et particulièrement dans les pays du Sud [5].

Les risques environnementaux et sanitaires liés à la problématique de la gestion des déchets solides ne sont pas parfaitement maîtrisés par les états centraux, les appareils municipaux, et les organisations communautaires de base. Aussi la collecte ne dépasse guère les 50 % des déchets produits et les municipalités de la plupart des villes du Sud y consacrent près de la moitié de leur budget [7]. Pour pérenniser la salubrité dans la ville, cette loi a sollicité l'implication effective de toutes les autorités municipales ainsi que celles de la Police. Bien plus, elle a prévu des « sanctions financières à l'égard des contrevenants, allant de 5 à 100 dollars américains pour les maisons d'habitations, de 100 à 1000 dollars américains pour les maisons commerciales et des services et de 1000 à 10.000 dollars américains pour les industries. Et en cas de récidive, l'amende sera portée au double du montant originel [11].

Une prise de conscience mondiale sur les problèmes environnementaux après le sommet de la terre, tenu à Rio de Janeiro en 1992, a conduit la plupart des pays du monde à prendre des dispositions pour une meilleure maîtrise des impacts des activités humaines sur l'environnement. En dépit de cette prise de conscience et des efforts fournis, l'insalubrité dans les villes africaines demeure une réalité préoccupante avec la prolifération des dépotoirs sauvages qui continuent de joncher les rues et les grandes artères [1].

Il a été démontré qu'à la suite des activités diverses, l'homme produit des déchets et des résidus d'une manière exorbitante. Dans les villes des pays en développement, la production des déchets serait en moyenne de l'ordre de 0,75 kg par habitant et par jour avec des disparités entre les quartiers d'habitat spontané (0,3 kg par habitant et par jour) et les quartiers de "luxe" (1,4 kg par habitant et par jour)[10].

Une recherche sur la Ville de Bujumbura au Burundi, a montré que la gestion des déchets ménagers solides à Bujumbura constitue une préoccupation majeure tant pour les responsables de la ville que pour les citoyens. La quantité est petite comparativement à la moyenne des pays à faible revenu : 0,31 Kg /hab./jour en 2005 contre 0,50 Kg/hab./jour en 2008 [4]. On assiste à l'existence des montagnes de déchets autour des places publiques et dans beaucoup de quartiers, surtout ceux à moyen et à bas standing. Ceci s'explique par le fait que le taux de 25% de déchets ménagers solides collectés est très insignifiant pourtant ont devraient collectés à 95%.

Au sein du groupement d'Irhambi-Katana, les déchets sont éparpillés dans la nature sans respect des règles d'hygiène et de la législation en matière de gestion des déchets. Ainsi, ces déchets peuvent se répandre dans le milieu par la percolation des lixiviats, le ruissellement d'eaux de lessivage vers des cours d'eau voisins, ou encore par dégazage des composés volatils piégés dans la matrice des déchets qui s'échappent dans l'air extérieur ou par envol des débris et poussières. La quantité des déchets domestiques produits journalièrement dans les ménages, mais aussi la variété peut augmenter dans le milieu rural d'Irhambi-Katana à cause de la tendance de l'urbanisation des milieux ruraux, le changement des habitudes de consommation des produits avec l'expansion de la globalisation. Les ménages du groupement d'Irhambi Katana produisent en moyenne 0,3 kg de déchets par jour [9].

La production journalière d'un habitant d'Uvira est évaluée à 0,45 kg/j.hab, le tri systématique de déchets présente 60 % de fermentescibles, 13 % de tissus, 2 % de mitrailles, 11 % de papiers-cartons et 14 % de sachets-plastique [8].

Dans la Ville de Bukavu, une étude menée dans la commune d'Ibanda sur la caractérisation et la quantification des différents types de déchets révèlent qu'en moyenne 2183 kg de déchets fermentescibles, 69 kg de déchets papiers cartons, 8kg de déchets textiles et 100 kg de déchets plastiques ont été produits dans 30 ménages enquêtés pendant 30 jours; ce qui représente une moyenne de 2,7 kg de déchets par jour et par habitant dans cette commune. Le compostage proposé comme mode de valorisation des déchets ménagers solides fermentescibles dans cette commune a été testé pendant 8 semaines [3].

Notre travail porte essentiellement sur le cas des déchets plastiques et d'autres déchets ménagers. La présence du plastique dans les déchets est un phénomène relativement nouveau dans le monde. Dans les pays en développement, le

plastique serait ainsi devenu le moyen d'emballage favori pour la nourriture industrielle et l'eau en sachet. L'augmentation de la consommation de plastique a contribué à l'accroissement de sa présence dans la nature. Léger, le plastique s'envole au premier coup de vent, jonche les aires de grande surface et le bord des routes. Quand il n'est pas récupéré, le plastique est un désastre : pollution visuelle, problème d'infiltration des eaux, intoxication des animaux qui les ingèrent, fumée toxique due aux habitudes de brûler les déchets [6]. Notre préoccupation dans cette étude porte sur la gestion des déchets plastiques et collecte, mais mal géré. (fig.1 et 2). Cette contribution va essayer d'apporter une identification, une description et des explications sur les effets de ces types des déchets sur l'environnement urbain et proposer des mesures durables pour leur collecte, leur gestion et leur élimination par les responsables publics et la population.



Fig.1. Décharge des déchets à l'Ibanda



Fig.2. Décharge publique à kidodobo

Cette étude permet de contribuer à la compréhension de la gestion des déchets ménagers et surtout les déchets plastiques dans la commune d'Ibanda. Les ménages de la Commune d'Ibanda ont des mauvaises pratiques sur les modes de gestion des sachets plastiques car certains les jettent dans les grandes rues de la commune, d'autres sans les trier ni les recycler, les jettent dans le lac Kivu, dans la rivière Kawa ou dans la rivière Ruzizi. Dans la Commune d'Ibanda, la production des déchets serait inférieure à 1 Kg par ménage et par jour.

Contribuer à la bonne gestion des déchets ménagers et surtout les déchets plastiques dans la commune d'Ibanda. De ce fait, nous devons : Analyser les pratiques actuelles de gestion des déchets ménagers dans la commune d'Ibanda. Quantifier les déchets produits dans les ménages de la commune d'Ibanda. Puis faire des recommandations pour une bonne gestion des déchets ménagers dans cette commune d'Ibanda. Tels sont nos objectifs que nous devons atteindre pour ce travail.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODE

2.1 DESCRIPTION DU MILIEU

La Commune d'Ibanda située au 2°30' S et 26°50' E. Elle est limitée à l'Est par la rivière Ruzizi, à l'Ouest par la rivière Kawa qui la sépare de la commune de Kadutu, au Nord par le Lac Kivu et au Sud par le quartier Cahu de la commune de Bagira. Dans sa situation géographique, la Commune d'Ibanda s'étend sur une superficie de 11,57 km². Notre milieu d'étude est la Commune d'Ibanda dont la carte administrative ci-dessous décrit les limites géographiques et administratives :

2.2 MÉTHODES

Dans son élaboration, nous avons fait recours aux méthodes et techniques suivantes :

La méthode mixte, qualitative et quantitative, a été utilisée afin de comprendre profondément les aspects de la gestion des déchets ménagers dans la commune d'Ibanda mais aussi d'avoir la possibilité de généraliser les résultats de l'échantillon sélectionné à tous les ménages de la commune d'Ibanda.

La méthode qualitative a été utilisée afin de faciliter l'expression libre des répondants sur la question des déchets dans la commune d'Ibanda.

La méthode quantitative de sa part, a consisté à prélever les quantités des déchets produits par les ménages sélectionnés. Les déchets ont été prélevés par quartiers, par manages et par semaine.

La présente étude a été effectuée au cours de la période allant du 18/08 au 18/09/2014. En vue d'analyser la quantité de déchets produite par ménage et la pratique de la population sur la gestion des déchets ménagers, il a fallu procéder à :

- Une identification des ménages surtout aux chefs de ménages et aux autorités politico-administratives de la commune d'Ibanda c'est-à-dire le bourgoumestre, les chefs des quartiers les chefs des cellules et les chefs des avenues qui seront enquêtés ;
- Une distribution de sacs en polyéthylène dans les différents quartiers, 76 ménages répartis (Ndendere 38 ménages, Nyalukemba 11 ménages et Panzi 27 ménages) a été effectuée.

Tous ces ménages ont été choisis de manière aléatoire, suivant le critère ci-haut des ménages par quartier, en plus un essai de 3 à 4 échantillonnages a été réalisé pour chaque ménage en vue d'établir la moyenne. Un sac en polyéthylène par ménage, pour déterminer la quantité et caractériser le type de déchets produits par habitat, par jour, et par catégorie sociale en vue d'établir une moyenne de la commune d'Ibanda. Chaque ménage ciblé mettait dans ce sac tous les déchets journalièrement produits. Des balances (Un peson de marque "Salter" de 25kg) pour le prélèvement des poids de déchets ménagers solides non biodégradables et ceux biodégradables; des gans et cache-nez pour le tri manuel des déchets ménagers solides non biodégradables de ceux biodégradables, stylo marqueurs des différentes couleurs et cahiers de terrain ont été utilisés pour quantifier et copier les résultats des déchets produits dans les ménages des trois quartiers d'Ibanda. Les déchets étaient triés systématiquement et pesés suivant leur nature, après lecture de la masse, les échantillons étaient déversés dans les sacs puis ramenés au dépotoir de Kidodobo.

Un véhicule pour les déplacements dans les 3 quartiers était mis à la disposition de l'équipe des enquêteurs par semaine. Une fois retiré les sacs remplis dans un ménage, on remettait d'autres dans le même ménage. Les données ont été traitées avec le tableur Excel 2007, ensuite analysées par le logiciel SPSS version 17.0.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

3.1 RÉSULTATS

3.1.1 LES PRATIQUES ACTUELLES DE LA GESTION DES DECHETS MENAGERS DANS LA COMMUNE D'IBANDA

Pratique de la gestion des déchets plastiques dans la commune d'Ibanda par quartier.

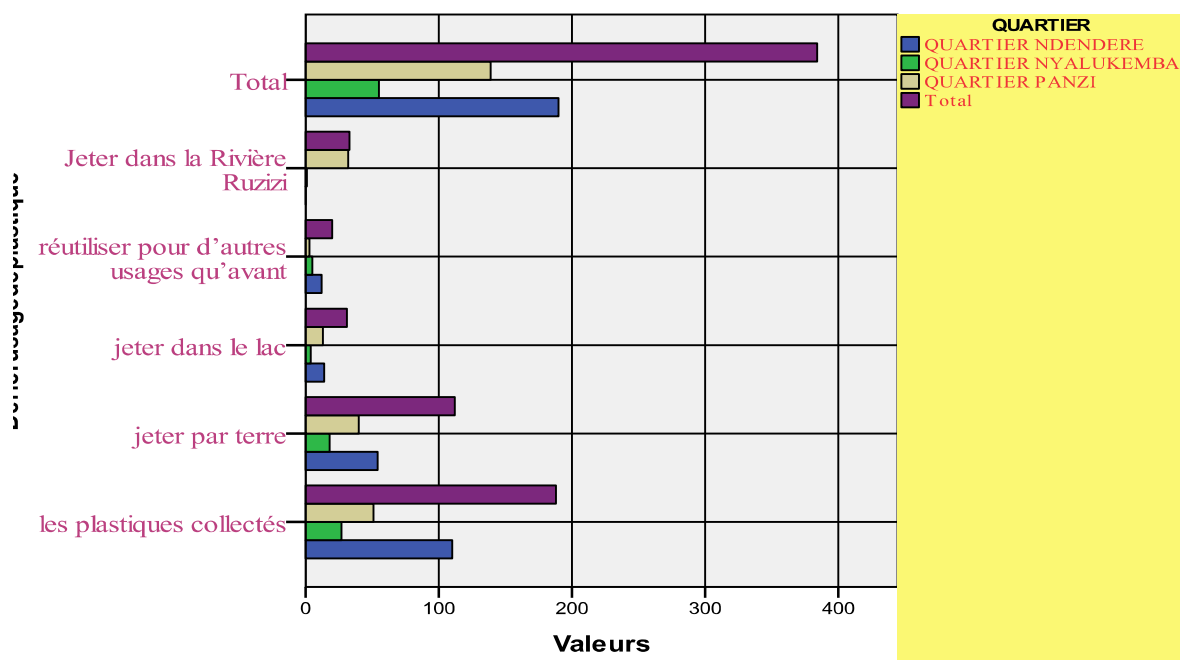


Figure 1 : La pratique de la gestion des déchets plastiques par la population selon les quartiers de la commune d'Ibanda

La mauvaise pratique est plus dominée par le rejet des sachets-plastique, tissus et papier-cartons qui sont jetés par terre, dans la rue et dans les rivières. Mais d'autres sont réutilisés par la population dans les différents quartiers. En comparant les pratiques selon les quartiers de la commune d'Ibanda, le test de probabilité fait à SPSS montre que Sig ou $p = 0,000$ cette différence est très significative.

Tableau N°2 : Niveau d'étude et la gestion des déchets dans les ménages

Niveau scolaire des enquêtés dans les ménages	Gestion des déchets						Total
	jeter dans la poubelle commune		jeter dans la rue soit dans les rivières		Trous à ordures		
		%		%		%	
Primaire	18	22,5	30	10,79	2	7,69	50
Secondaire	27	33,75	145	52,15	13	50	185
Supérieur	32	40	91	32,73	10	38,46	133
aucun niveau	3	3,75	12	4,31	1	3,84	16
Total	80	100	278	100	26	100	384

Il ressort de ce tableau que tout le niveau de scolarisation gère mal les déchets : le niveau secondaire 52,15%, le niveau supérieur 32,73%, le niveau primaire 10,79% et sans niveau 4,31%. Sur le plan statistique malgré ces pourcentages, il n'y a pas de différence significative dans tous le niveau de scolarisation $p=0,049>0,05$

Aux questions relatives à la possession d'une poubelle ou d'un trou à ordures hermétiques dans la parcelle, nous avons recueilli les réponses portées sur le tableau suivant :

Tableau N° 3. De la possession d'une poubelle ou d'un trou à ordures hermétiques dans la parcelle

Réponses	Effectifs	Pourcentage
Oui	155	40,4
Non	229	59,6
Total	384	100,0

Il ressort de ces résultats que moins des ménages de la commune d'Ibanda soit 40,4% des effectifs ont des poubelles ou des trous à ordures hermétiques dans leurs parcelles tandis que 59,6% des sujets interrogés n'en ont pas dans leurs parcelles. Ceci serait à la base de l'attraction des mouches mais aussi de la prolifération des certaines maladies graves comme la fièvre typhoïde, vermineuse dans ce milieu.

3.1.2 DETERMINATION DE LA QUANTITE DES DECHETS PLASTIQUES PRODUITS PAR MENAGES DANS LES QUARTIERS DE LA COMMUNE D'IBANDA

(Il est souhaitable de mettre un petit paragraphe pour introduire ce tableau tel que :)

Les mesures et les données recueillies par différentes techniques ont permis de déterminer les quantités des déchets inférieurs à 1kg/j représentées dans le tableau suivant :

Tableau n° 4 : Quantité des déchets ménagers collectés dans les poubelles témoins

Nombre	Qualité de déchet	Quartier Ndendere	Quartier Nyalukemba	Quartier Panzi	Ensemble de la Commune/Mois	Moyenne/jour/ménage
	Déchets plastiques	81,8kg	23,6kg	54,9kg	160,3kg	0,070kg
	Déchets organiques	91,5kg	34,6kg	48,3kg	174,4kg	0,076 kg
	Papier	22,8kg	3,8kg	16,8kg	43,4kg	0,019 kg
	Verre	25,05kg	2,1kg	3,3kg	30,45kg	0,013Kg
	Métaux	12,35kg	4,8kg	7,05kg	24,2kg	0,010Kg
	Cailloux	53,4kg	6,25kg	44,25kg	103,9kg	0,045Kg
	Fine	170,2kg	62,1kg	123,6kg	355,9kg	0,156Kg
	Carton	17,45kg	4,4kg	9,25kg	31,1kg	0,013Kg
	Caoutchouc	68,3kg	16,8kg	41kg	126,1kg	0,055Kg
	Bois	9,2kg	5,6kg	13,28kg	28,08kg	0,012Kg
	Os	12,75kg	2,95kg	7kg	22,7kg	0,0099Kg
	Blaise	6,15kg	5,35kg	4,15kg	15,65kg	0,0066Kg
	Paille	13,45kg	1kg	6,05kg	20,5kg	0,0089Kg
	Textile	31,7kg	10,6kg	28,6kg	70,9kg	0,031Kg
	Végétaux	29,75kg	31,7kg	138,5kg	199,95kg	0,087Kg
	Pile	6kg	1,5kg	5,55kg	13,05kg	0,0057Kg
	Le reste	360kg	88,8kg	347kg	795,8kg	0,349Kg
Total/30jrs		1011,85kg	305,95 kg	898,58kg	2216,38kg	0,972kg
Moyenne/jour/Quartier		33,72kg	10,19kg	29,95kg		
Moyenne/jour/ménage		0,88kg	0,92kg	1,10kg		

Il ressort de ce tableau que 33,72kg a été divisé par 38 ménages, 10,19kg divisé par 11 ménages et 29.95kg a été divisé par 27 ménages. Donc, la quantité journalière de déchets produits par ménage dans les 3 quartiers de la commune d'Ibanda varie en moyenne de 0,96kg/jour et ont été prélevés respectivement dans le quartier de Ndendere, Nyalukemba et de Panzi.

3.2 DISCUSSIONS

3.2.1 DE LA PRATIQUE ACTUELLE DE LA GESTION DES DECHETS MENAGERS DANS LA COMMUNE D'IBANDA

La mauvaise pratique est plus dominée par le rejet des sachets-plastique, tissus et papier-cartons qui sont jetés par terre, dans la rue et dans les rivières. Par manque d'une décharge publique dans la commune d'Ibanda, la grande quantité de déchet est charriée vers le lac Kivu affecte les écosystèmes. Les déchets jetés dans le lac et rivières détruisent les sites de frayères des poissons, augmentent la turbidité de l'eau qui bloque pénétration de la lumière dans les eaux profondes. Les déchets ménagers riches en matières organiques et contiennent les nutriments (azote et phosphore) envoyés dans le lac expliquent largement la prolifération de plantes qui finissent par s'approprier aux berges. La présence d'une quantité importante de matières organiques dans les eaux d'un cours d'eau conduit à la désoxydation qui active l'activité bactérienne consommant ainsi l'oxygène. Cette pratique varie d'un quartier à l'autre car le test de probabilité fait à SPSS montre que Sig ou $p = 0,000$ cette différence est très significative.

Selon le niveau d'étude n'influence pas également la pratique de la gestion de déchets, il n'y a pas de différence significative dans tous le niveau de scolarisation $p=0,049 > 0,05$

3.2.2 DE LA QUANTITE DES DECHETS PLASTIQUES PRODUITS PAR MENAGES DANS LES QUARTIERS DE LA COMMUNE D'IBANDA

Il est à signaler que, dans les villes des pays en développement, la production des déchets serait en moyenne de l'ordre de 0,75 kg par habitant et par jour avec des disparités entre les quartiers d'habitat spontané (0,3 kg par habitant et par jour) et les quartiers de "luxe" (1,4 kg par habitant et par jour). Les résultats des nos recherches montrent que la quantité journalière de déchets produits par ménage dans les 3 quartiers de la commune d'Ibanda varie en moyenne de 0,96kg/jour. Néanmoins, cette production de 0,96 kg/j est trop faible par rapport à ceux de [3] dans la commune d'Ibanda à Bukavu, lequel a été estimé à 2,7 kg/j ; par ailleurs, [4] a estimé 0,5 kg/j par un habitant de la ville de Bujumbura au Burundi ; contrairement au résultat [9] des ménages du groupement d'Irhambi Katana produisent en moyenne 0,3 kg de déchets par jour et celui de [8] dans la ville d'Uvira.

4 CONCLUSION

Une analyse des données, met en lumière la situation de la gestion des déchets ménagers et surtout les plastiques par la population dans la commune d'Ibanda, les résultats révèlent que la majorité de la population gère mal les déchets dans cette commune. La production journalière de déchets par la population est en moyenne de 0,96kg/j, une quantité non négligeable pourrait être recyclé en vue de produire soit le composte pour amender le sol, la fabrication briquettes combustibles pourrait atténuer la pression sur les arbres au profit de la fabrication de braises, enfin la valorisation énergétique serait également non négligeable. La présence d'une quantité importante de matières organiques dans les eaux d'un cours d'eau conduit à la désoxydation qui active l'activité bactérienne consommant ainsi l'oxygène.

Eu égard à ce qui précède, nous suggérons à l'État congolais de mettre en place, dans sa politique environnementale, des mesures institutionnelles vulgarisées dans la langue locale, dont le rôle est de susciter chez les ménages pollueurs un comportement responsable et moins polluant avec l'internalisation des externalités négatives dues à la pollution provenant des déchets ménagers solides et surtout les déchets plastiques. Et pour la commune d'Ibanda, de mettre des poubelles publiques dans les artères principales de la commune à plus au moins 200 à 500m les séparant. Une sensibilisation de la population en matière d'hygiène, de collecte, ramassage, transport, stockage, triage et traitement des déchets ménagers est indispensable en vue de diminuer les risques de transmission des maladies par les germes pathogènes et autres polluants éventuellement présents dans les déchets. Aussi, une stratégie nationale visant la protection des eaux doit également être envisagée afin de limiter toute contamination. Nous envisageons une bonne gestion qui implique une bonne stratégie de collecte et une décharge publique contrôlée pour la réussite de celle-ci.

REMERCIEMENT

Pour que cet article arrive à ce niveau, nombreuses personnes ont contribué à son aboutissement. C'est ainsi que nos remerciements s'adressent particulièrement au **PROF, DR, PASCAL ISUMBISHO MWAPU, PhD et Prof. JEAN-PIERRE BEYA DIBUE Ph.D** qui malgré leurs multiples occupations, ont accepté de nous superviser avec soin et expérience du début et à la fin de ce travail, qu'ils trouvent ici nos sentiments de gratitude pour les remarques apportées durant l'élaboration de ce travail de troisième cycle. Nous ne pouvons pas terminer cette partie sans exprimer aussi nos remerciements à l'égard des autorités académiques et le corps enseignant de l'Université Evangélique en Afrique, pour les connaissances scientifiques que nous avons reçues d'eux.

REFERENCES

- [1] Attahi K. 1995, *Le problème des déchets à Abidjan et son fondement historique*, BNETD, Abidjan. 29 p.
- [2] Adégnika, F. M. (2009), *La gestion des déchets solides ménagers en milieu urbain d'Afrique sous la double contrainte de service public et d'efficacité économique : Cas de Cotonou*, Université d'Abomey-Calavi-DEA.
- [3] BISIMWA K.D, JUNG C.G, et al. (2013). "Essai de compostage comme voie de Valorisation des déchets ménagers solides dans la ville de Bukavu au sud-kivu." dans *déchets Sciences et techniques* 85: 31-38.
- [4] Citeretse, L. (2008), *Les déchets ménagers solides de la Ville de Bujumbura (BURUNDI): Quelles perspectives pour une gestion durable ?*, Travail de Master de l'Université libre de Bruxelles.
- [5] Diabagate S. 2009, *Analyse de la situation de l'assainissement dans les quartiers défavorisés d'Abidjan : Cas du quartier Sagbé dans la commune d'Abobo*, mémoire de DEA de géographie, option Environnement, Université d'Abidjan Cocody, 60 p.
- [6] Guy Noel OUEDRAOGO, 2011, PTI / Rapport définitif
- [7] Houssenyou. 1997, *Rapport de synthèse des études de cas sur la participation des habitants à la gestion des déchets solides : Bamako, Dakar, Ouagadougou, Uwep Enda - Ecopop Rapport Final*, 33 P
- [8] Kapepula Lumami, 2015, *contribution à l'état de lieux de déchets solides ménagers dans la ville D'Uvira, Sud-Kivu, République Démocratique du Congo*.
- [9] M. Bagalwa, K. Karume, N.G. Mushagalusa, K. Ndegeyi, M. Birali, N. Zirirane, Z. Masheka et C. Bayongwa(2013); Risques potentiels des déchets domestiques sur la santé des populations en milieu rural; Cas d'IrhambiKatana (Sud-Kivu, République Démocratique du Congo)
- [10] Okot-Okumu, J. et R. Nyenje, 2011, *Municipal solid waste management under decentralization in Uganda. Habitat International*, 35, 537 - 543.
- [11] Article 16 de l'arrêté de l'Hôtel de ville de Kinshasa n°/SC 088/MINEECG/BLD/PLS/2010 du 10 mai 2010 portant sur mesures collectives d'assainissement dans la ville de Kinshasa.

LA DUALITE COMME NOTION "FUGS" EN SCIENCES MATHÉMATIQUES

[THE DUALITY CONCEPT AS "FUGS" IN MATHEMATICAL SCIENCES]

David Mapendano

Département de Mathématique-physique,
Institut Supérieur Pédagogique d'Idjwi (ISP/IDJWI),
Idjwi, 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: The mathematical notion of "dual" and "duality" or "proposal dual" in its federating release, unifying, generalizing and simplifying (fugs, in acronym) studied in Linear Algebra (specifically in the areas of theory vector), is a concept that is a common denominator in several branches of mathematics. It appears, in fact, under diverse forms and with apparent differences on the semantic level, both in projective geometry, set theory, topology in differential geometry and crystallography, to name but a few illustrative examples. It is legitimate to ask about the relationship between these different aspects of duality and our purpose in this article is precisely to show that the duality which we call algebraic - that is to say one that is studied in universities in the theory of vector spaces - is one to which identify themselves in one way or another, all other forms of duality studied mathematics. While it must be acknowledged here that, in some cases, the relationship between some of these forms of dualities with algebraic duality is not always easy to establish at first.

KEYWORDS: Duality, dual dual, vector application, crystallography.

RÉSUMÉ: La notion mathématique de « dual », de « dualité » ou de « proposition duale », dans sa version fédératrice, unificatrice, généralisatrice et simplificatrice (FUGS, en sigle) étudiée en algèbre linéaire (spécifiquement dans la théorie des espaces vectoriels), est une notion qui constitue un dénominateur commun à plusieurs branches des mathématiques. Elle apparaît, en effet, sous des formes diversifiées et avec des différences apparentes sur le plan sémantique, aussi bien en géométrie projective, en théorie des ensembles, en topologie, en géométrie différentielle et en cristallographie, pour ne citer que ces quelques exemples illustratifs. Il est légitime de se poser la question sur le rapport existant entre ces différents aspects de la dualité et notre propos, dans le présent article, est de montrer justement que la dualité que nous qualifions d'algébrique – c'est-à-dire celle qui est étudiée dans nos universités dans la théorie des espaces vectoriels – est celle à laquelle s'identifient, d'une manière ou d'une autre, toutes les autres formes de dualité étudiées en mathématiques. Même s'il faut reconnaître ici que, dans certains cas, le rapport entre certaines de ces formes de dualités avec la dualité algébrique n'est pas toujours facile à établir de prime abord.

MOTS-CLEFS: Dualité, bi duale, vecteur, application, cristallographie.

1 INTRODUCTION

1.1 NOTE LIMINAIRE

Nous supposons que sont connues les différentes formes de dualité qui apparaissent dans les différentes branches mathématiques mentionnées dans cet article. Notre propos n'est pas de faire un exposé exhaustif sur chacune d'elles, mais

plutôt d'en mentionner canoniquement les éléments constitutifs qui nous permettrons éventuellement d'établir entre elles. Il s'agit donc, en s'appuyant sur ces notions de dualité qui sont supposées connues par nos lecteurs, de mener une réflexion de type épistémologique sur les rapports existant entre les dualités ensembliste, topologique, algébrique, projective ou algébrique, en vue de dégager l'aspect unificateur de la dualité algébrique, l'épistémologie pouvant être brièvement définie comme la science de la science, c'est-à-dire une réflexion critique sur une science, ses développements, ses difficultés, ses méthodes, etc..

1.2 GENERALITES

La dualité est définie par le dictionnaire *Petit Robert* (1981, p. 582) de la manière suivante : « *caractère ou état de ce qui est double en soi ; coexistence de deux éléments de nature différente.* » En faisant remarquer que ce concept vient du latin « *dualis* » (qui signifie « deux »), ce même dictionnaire précise que des propriétés « duales », en mathématiques, sont des « *propriétés qui sont par deux et qui présentent un caractère de réciprocité.* »

Il y a donc dualité en mathématiques lorsque deux catégories d'objets jouent des rôles analogues l'une envers l'autre. Nous verrons, par exemple, dans notre exemple fondamental illustrant la dualité en algèbre linéaire, que les formes linéaires jouent par rapport aux vecteurs des rôles identiques au rôle que jouent les vecteurs vis-à-vis des formes linéaires. Si un énoncé est vrai dans une catégorie, il sera également vrai dans la catégorie duale. Il existe ainsi des énoncés que l'on a historiquement démontrés indépendamment, avant de s'apercevoir qu'ils étaient duaux l'un de l'autre et qu'une seule démonstration suffisait pour démontrer simultanément les **deux** résultats. Là réside l'intérêt de la dualité. Dans ce qui suit, nous ne donnerons pas de démonstrations des énoncés duaux que nous allons évoquer (cette « préoccupation de preuves » dépasse, d'ailleurs, très largement le cadre de notre modeste étude). Nous nous contentons de donner des exemples d'énoncés duaux, afin d'illustrer ce qu'est la dualité et de montrer le rôle « centralisateur » que ce concept joue dans le développement et l'étude des mathématiques, en servant de « dénominateur commun » entre certaines (si non la plupart) de ses branches.

1.3 LA DUALITE TELLE QU'ELLE APPARAÎT DANS PLUSIEURS BRANCHES DES MATHÉMATIQUES

On trouve de nombreux exemples illustrant la dualité dans plusieurs branches des mathématiques, de la théorie des ensembles à la géométrie différentielle et à la topologie, en passant par la géométrie de l'espace (en ce qui concerne la cristallographie), par la géométrie projective et par l'algèbre linéaire. Voici ceux que nous avons considérés comme les plus prégnants (et que nous reprenons à titre purement illustratif, sans nous appesantir sur les spécificités et la complexité intrinsèque de chacune des branches ou théories mathématiques qui servent de fondements à ces exemples) :

- Commençons notre énumération par l'exemple suivant que nous pouvons considérer à la fois comme le plus « classique » (étant donné qu'il se classe dans la catégorie « élémentaire » des ensembles) et le plus important (car les autres exemples s'y ramènent d'une façon ou d'une autre, comme nous allons l'établir dans la suite) : Dans la *théorie des ensembles* (ou dans l'*algèbre¹ des propositions logiques* dans laquelle les ensembles représentent les domaines d'existence et/ou de réalisation des formes propositionnelles définies sur un référentiel E , et les opérations $\dot{\bar{}}$ et $\dot{\bar{\bar{}}}$ les connecteurs logiques « ou » noté « \vee » et « et » noté « \wedge »), les opérations $\dot{\bar{}}$ et $\dot{\bar{\bar{}}}$ sont des notions duales au moyen du passage au complémentaire (ou par simple distributivité). En effet, si nous considérons un théorème de la théorie des ensembles, dans l'ensemble des parties d'un ensemble E , et si nous y opérons les substitutions suivantes : $\dot{\bar{}}$ « $\dot{\bar{}}$, $\dot{\bar{\bar{}}}$ « E , $\dot{\bar{\bar{\bar{}}}}$ « $\dot{\bar{}}$, A « $CA = A'$ (complémentaire de A)², alors nous obtenons un autre théorème (symétrique par rapport au premier) et parfaitement valide. Par exemple : La propriété « $A \dot{\bar{\bar{}}} CA = \dot{\bar{}}E$ » devient « $CA \dot{\bar{}} A = E$ ». De même, si A , B et C sont des parties de E , la propriété : « $A \dot{\bar{\bar{}}} (B \dot{\bar{}}} C) = (A \dot{\bar{\bar{}}} B) \dot{\bar{}}} (A \dot{\bar{\bar{}}} C)$ » devient, en vertu des substitutions susmentionnées, « $A' \dot{\bar{}}} (B' \dot{\bar{\bar{}}} C') = (A' \dot{\bar{}}} B') \dot{\bar{\bar{}}} (A' \dot{\bar{}}} C')$ ».

¹ On peut, en effet, démontrer que l'ensemble des parties d'une ensemble E (et donc l'ensemble des propositions logiques définies sur le référentiel E) possède la structure mathématique d'algèbre pour les opérations ensemblistes classiques que sont la différence symétrique, la réunion et l'intersection des ensembles. Une algèbre étant, en particulier, un espace vectoriel (et un anneau), nous estimons que ce premier exemple de dualité peut être rapproché de l'exemple fondamental que nous donnons dans la suite, dans le cas de l'algèbre linéaire.

² La double-flèche « $\dot{\bar{\bar{\bar{}}}}$ » indique que l'opération située à gauche est remplacée par celle qui est placée à droite (et réciproquement), par dualité.

Cette dualité résulte de la relation $C(A \zeta B) = CA \dot{\bar{E}} CB$, équivalente à la relation $C(A \dot{\bar{E}} B) = CA \zeta CB$, ces deux égalités étant justement connues, en logique mathématique, sous le nom de « lois de dualité de De Morgan ».

- En géométrie projective, il existe une dualité (en géométrie projective plane³ précisément) entre : « point « droite », « point intersection de deux droites « droite passant par deux points », « points alignés « droites concourantes », « point appartenant à une conique « droite tangente à une conique », Etc.

Cette dualité est très proche de celle que nous verrons dans la suite, en algèbre linéaire, un point correspondant à un vecteur et une droite à une forme linéaire, mais la justification profonde de cette dualité fait intervenir la notion de polarité en géométrie projective (où les droites parallèles sont des cas particuliers de droites concourantes – se coupant au point à l’infini –, notion sur laquelle nous n’allons pas nous appesantir. Donnons simplement quelques détails sur les systèmes de coordonnées caractérisant certains des théorèmes duaux utilisant la conversion exposée ci-dessus.

On rappelle qu’à un point a du plan affine réel, de matrice de coordonnées affines simples $\begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix}$, on peut associer une nouvelle matrice $\begin{pmatrix} ka_1 \\ ka_2 \\ k \end{pmatrix}$, où $k \neq 0$, dite matrice des coordonnées affines homogènes de a . Et que, par définition, toute

matrice $\begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ 0 \end{pmatrix}$, avec $\begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} \neq \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$, représente un point impropre ou encore un point à l’infini. Par ailleurs, l’équation d’une

droite du plan étant, comme on le sait déjà, de la forme $d_1x_1 + d_2x_2 + d_3 = 0$, avec $(d_1, d_2) \neq (0, 0)$, nous pouvons donc associer à une droite du plan une matrice-ligne de la forme $(d_1 \ d_2 \ d_3)$, avec $(d_1, d_2) \neq (0, 0)$. L’équation homogène d’une droite est de la forme $d_1x_1 + d_2x_2 + d_3x_3 = 0$, ce qui peut se noter par le produit matriciel

$(d_1 \ d_2 \ d_3) \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = 0$. En particulier, une droite à l’infini admet comme équation $x_3 = 0$ (et elle admet comme matrice $(0 \ 0 \ d_3)$ avec $d_3 \neq 0$).

On rappelle que le dual de la proposition « les trois points du plan sont alignés (ou appartiennent à une même droite du plan) » est « les trois droites sont concourantes en un point du plan ». En utilisant les notations matricielles respectivement

fixées, la première proposition conduit logiquement à l’annulation du déterminant d’ordre 3 suivant : $\begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} = 0$ (où

$\begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix}$ et $\begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{pmatrix}$ sont les matrices respectives des coordonnées homogènes des trois points alignés), tandis que la

seconde proposition conduit, à son tour, à l’annulation du déterminant $\begin{vmatrix} d_1 & d_2 & d_3 \\ m_1 & m_2 & m_3 \\ n_1 & n_2 & n_3 \end{vmatrix} = 0$ (où

$(d_1 \ d_2 \ d_3)$, $(m_1 \ m_2 \ m_3)$ et $(n_1 \ n_2 \ n_3)$ sont les matrices respectives des trois droites concourantes).

La propriété algébrique d’annulation d’un déterminant d’ordre trois traduit donc aussi bien l’alignement de trois points que la concourante de droites du plan.

³ J. KEIL, (1975). Géométrie analytique plane : exposé moderne, La Procure, Bruxelles, pp. 20 – 40.

Toujours dans le cadre de la géométrie projective⁴, voici deux autres théorèmes duaux utilisant la même conversion susmentionnée :

- **Le théorème de PAPPUS :**

« Soient trois points alignés A_1, B_1, C_1 (ainsi que trois autres points alignés A_2, B_2, C_2). Alors les trois points d'intersection des droites (A_1B_2) et (A_2B_1) , (A_1C_2) et (A_2C_1) , (B_1C_2) et (B_2C_1) sont alignés. »

Le *dual* de ce théorème se formule de la manière suivante : « Soient trois droites concourantes a_1, b_1, c_1 (ainsi que trois autres droites concourantes a_2, b_2, c_2). Alors les trois droites passant par les points $a_1 \zeta b_2$ et $a_2 \zeta b_1$, $a_1 \zeta c_2$ et $a_2 \zeta c_1$, $b_1 \zeta c_2$ et $b_2 \zeta c_1$ sont concourantes. »

- **Le théorème de DESARGUES :**

« Soient A, A', B, B', C, C' six points tels que les droites (AA') , (BB') et (CC') soient concourantes. Alors les trois points intersections de (AB) et $(A'B')$, (BC) et $(B'C')$, (CA) et $(C'A')$, sont alignés. »

Le *dual* de cette proposition s'énonce comme suit : « Soient a, a', b, b', c, c' six droites telles que les points $a \zeta a', b \zeta b'$ et $c \zeta c'$ soient alignés. Alors les trois droites passant par $a \zeta b$ et $a' \zeta b'$, $b \zeta c$ et $b' \zeta c'$, $c \zeta a$ et $c' \zeta a'$, sont concourantes. »

N.B. La validité de ces deux théorèmes peut être aisément vérifiée à l'aide de graphiques.

- En *algèbre linéaire*, soit E un espace vectoriel sur un champ K . L'espace $L(E, K)$ des formes linéaires de E dans K est un K -espace vectoriel noté E^* et appelé espace **dual** de E . L'utilisation du concept « dual » dans ce contexte purement mathématique peut se justifier par le fait que, si x est élément de E et j élément de E^* , alors $j(x)$ est un scalaire qu'on peut voir de deux façons, dites duales : ou bien on applique la forme linéaire j sur le vecteur x , ou bien on applique le vecteur x sur l'application linéaire j . Autrement dit, dans le dernier cas, c'est j la variable et x la fonction. Cette symétrie de rôles découle du fait qu'en dimension finie, le **bidual** (ou dual du dual) de E , noté E^{**} , est isomorphe (et s'identifie donc, à un isomorphisme près) à E . Ce qui signifie que tout élément de E est à la fois un vecteur (en tant qu'élément d'un espace vectoriel) et une forme linéaire (en tant qu'élément du dual $E^{**} = E$ d'un espace vectoriel, à un isomorphisme près).

Plutôt que la dualité projective (évoquée dans l'exemple précédent), c'est la dualité linéaire, c'est-à-dire entre espaces vectoriels qui est désormais considérée comme fondamentale en Mathématiques. Soit E un espace vectoriel (réel ou complexe). Son dual E^* est, comme nous l'avons rappelé ci-dessus, l'espace vectoriel formé des *formes linéaires* sur E , c'est-à-dire des fonctions linéaires (à valeurs réelles ou complexes selon le cas, en supposant que K est le champ des réels ou celui des complexes).

On a donc un accouplement de dualité entre E^* et E , qui à la forme linéaire $\nu^* \in E^*$ et au vecteur $\nu \in E$ associe le nombre (réel ou complexe) $\langle \nu^*, \nu \rangle = \nu^*(\nu)$.

Cet accouplement permet, en prenant les choses à l'envers, de voir ν comme une forme linéaire sur E^* , c'est-à-dire un élément du bidual E^{**} . Lorsque E est de dimension finie, ceci permet d'identifier E et son bidual E^{**} . Dans le cas d'un espace euclidien E , on a déjà un produit scalaire \langle, \rangle sur E .

Celui-ci permet d'identifier E avec son propre dual E^* .

Le lien avec le cas projectif est le suivant. Plutôt que de voir un espace projectif P de dimension n comme un espace usuel vectoriel complété à l'infini, on peut le voir comme l'espace des droites $P(E)$ d'un espace vectoriel E de dimension $n + 1$. L'espace projectif dual P^* n'est autre que l'espace $P(E^*)$ attaché à l'espace vectoriel dual.

- L'exemple fondamental précédent s'étend, en *géométrie différentielle*, à l'étude d'un espace tangent V_x à une variété différentiable M_m (de dimension finie m) en un point x de cette variété (dont on sait qu'il a la structure d'espace vectoriel réel et dont les éléments sont appelés « vecteurs tangents ») et à son espace cotangent (dont les éléments sont dits des « covecteurs ») et qui est, par définition, l'espace dual de V_x . La base canonique de V_x est notée $\left\{ \frac{\partial}{\partial x_i} \right\}_{1 \leq i \leq m}$ tandis

⁴ Daniel LEHMANN, Rudolphe BKOUICHE, *Initiation à la géométrie*, P.U.F., Paris, 1988 (pp. 250-261).

que sa base duale est notée $\{dx_i\}_{1 \leq i \leq m}$, où $\{x_i\}_{1 \leq i \leq m}$ est un système de coordonnées locales de x relativement à une carte locale $(U, \varphi) \ni x$ de M_m .

- Nous citerons également, en passant, la théorie de la mesure et celle de l'intégration, où nous retrouvons également cette notion de dualité entre l'espace noté \mathcal{E}^P des fonctions mesurables, dont la puissance $p^{\text{ième}}$ est Lebesgue-intégrable relativement à la mesure μ de Lebesgue (c'est-à-dire telles que $\int_E |f|^p d\mu < +\infty$, où $1 \leq p < +\infty$, p étant un entier premier), espace dont on démontre qu'il a une structure d'espace vectoriel normé et réticulé, et son espace dual (dit *espace de Lebesgue* et noté simplement L^P). Signalons à ce stade que, pour cet exemple et pour le précédent, la notion de dualité se rapporte directement à l'acception que nous lui avons attribuée précédemment dans le cas de l'algèbre linéaire et des espaces vectoriels.

- En *topologie*, de la même façon, il y a dualité entre **point intérieur** et **point adhérent**, et entre **ouverts** et **fermés** dans les ensembles topologiques, en utilisant le fait que le complémentaire d'un ouvert est un fermé.

Appelons **intérieur** d'une partie d'un référentiel E l'ensemble de ses points intérieurs, et **adhérence** de cette partie l'ensemble de ses points adhérents. Alors on établit aisément que le complémentaire de l'intérieur est égal à l'adhérence du complémentaire.

En effet : x appartient au complémentaire de l'intérieur d'une partie $A \hat{=} x$ n'est pas intérieur à $A \hat{=} \text{non } (\exists r > 0, B(x, r) \cap A) \hat{=} \text{non } (\exists r > 0, B(x, r) \subset A) \hat{=} x$ appartient à l'adhérence du complémentaire de A .

Notons que les espaces topologiques peuvent également être munis (pour les opérations ensemblistes classiques que nous avons citées dans notre premier exemple illustratif) de structures dénommées « clan », « σ -clan », « algèbre », « σ -algèbre (ou « tribu ») des parties du référentiel E , les deux dernières structures étant définies à partir de systèmes d'axiomes dont on peut montrer l'équivalence avec ceux qui caractérisent la structure mathématique d'algèbre ... Nous pouvons donc considérer que, à l'instar de nos autres exemples, l'évocation de la dualité dans le présent exemple illustratif s'apparente à celle que nous avons faite dans notre exemple fondamental sur les espaces vectoriels.

Cela se traduit par exemple par les deux formules duales :

« L'intérieur de A est la réunion des ouverts inclus dans A ».

« L'adhérence de A est l'intersection des fermés contenant A ».

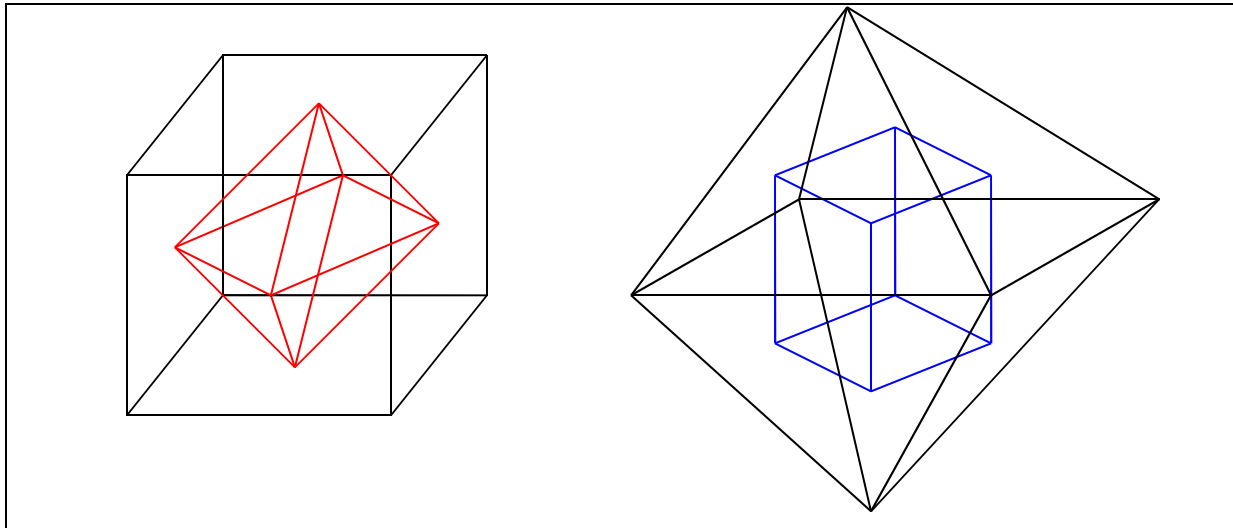
ou bien :

« L'intérieur de A est le plus grand des ouverts inclus dans A »

« L'adhérence de A est le plus petit des fermés contenant A ».

Dans le texte précédent, les notions duales sont telles que le passage au complémentaire permet de transposer l'une en l'autre.

- En *crystallographie*, on est amené à étudier les polyèdres et les groupes laissant globalement invariant ces polyèdres. Il existe une notion de dual dans les polyèdres. Etant donné un polyèdre, on appelle polyèdre dual le polyèdre construit de la façon suivante : à chaque face du premier polyèdre correspond un sommet du second. On relie deux sommets du second polyèdre si les faces du premier possèdent une arête commune. On montre alors que le dual du second polyèdre n'est autre que le premier polyèdre. Ainsi, le cube et l'octaèdre sont duaux, le dodécaèdre et l'icosaèdre sont duaux, le tétraèdre est son propre dual.



L'intérêt de cette notion réside dans le fait que deux polyèdres duaux possèdent le même groupe d'isométries les laissant invariants. Ainsi, le groupe des isométries laissant invariant le cube possède 48 éléments (le cube est donné par un sommet et trois arêtes issues de ce sommet. Il y a 48 images possibles = 8 sommets \times 3! Arêtes). Le groupe des isométries laissant invariant l'octaèdre est identique. Ce groupe ne permet pas de discerner le cube de l'octaèdre. Toute propriété de ce groupe s'appliquera donc aussi bien au cube qu'à l'octaèdre. Suivant le cas, on préférera raisonner sur le cube ou sur l'octaèdre. Ainsi, le groupe de 48 éléments possède :

* 24 isométries directes, à savoir :

- l'identité

- 3 demi-tours autour d'axe passant par des centres de faces opposées du cube (ou passant par deux sommets opposés de l'octaèdre)

- 6 rotations d'angle $\pm \pi/2$ autour des mêmes axes

- 8 rotations d'angle $\pm 2\pi/3$ autour d'axes passant par des sommets diamétralement opposés du cube (ou par les centres de faces opposées de l'octaèdre)

- 6 demi-tours autour d'axe passant par les milieux de deux côtés opposés du cube (ou par les milieux de deux côtés opposés de l'octaèdre)

* 24 isométries indirectes, à savoir :

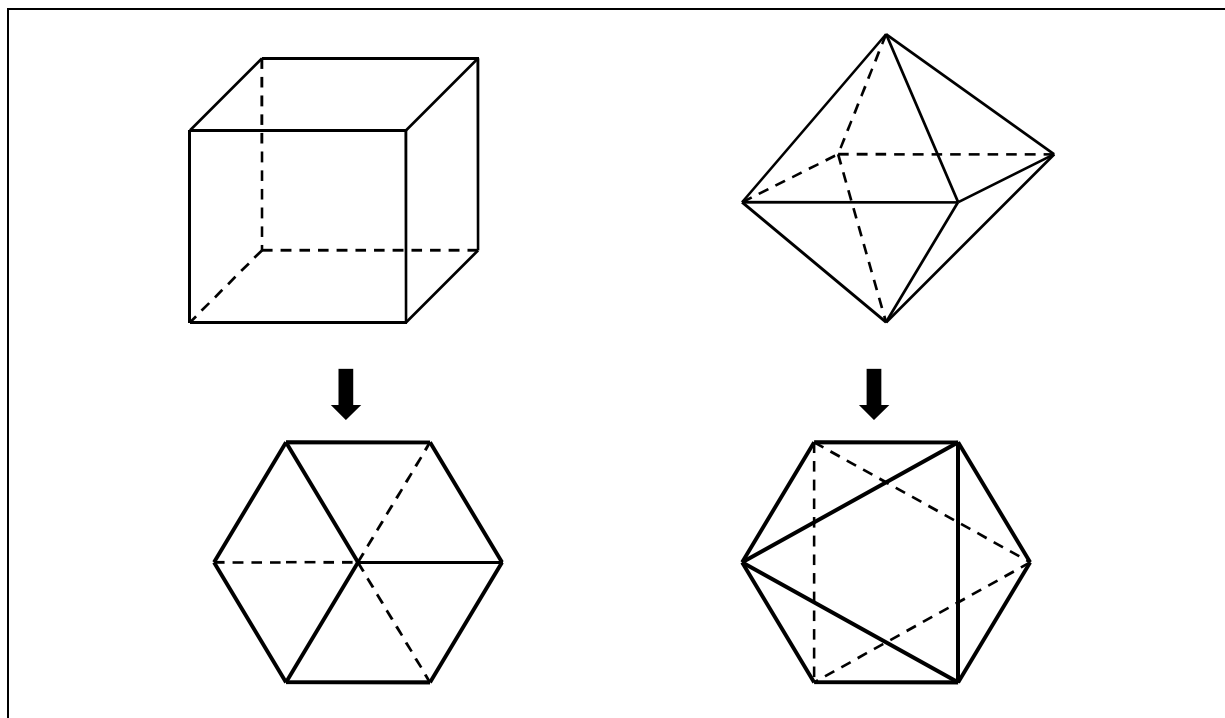
- une symétrie centrale par rapport au centre du cube (ou de l'octaèdre)

- 3 « réflexions » (i.e. symétries orthogonales) par rapport à des plans médiateurs de côtés du cube (ou par rapport aux trois bases carrées de l'octaèdre)

- 6 réflexions par rapport à des plans passant par deux côtés opposés du cube (ou deux côtés opposés de l'octaèdre)

- 6 rotations d'angle $\pm \pi/2$ autour des axes passant par les centres de faces opposées du cube (ou par deux sommets opposés de l'octaèdre), composées avec une réflexion par rapport au plan orthogonal à ces axes et passant par le centre du cube (ou de l'octaèdre)

- 8 rotations d'angle $\pm \pi/3$ (un sixième de tour) autour d'axes passant par deux sommets opposés du cube (ou par les centres de deux faces opposées de l'octaèdre), composées avec une réflexion par rapport au plan orthogonal à ces axes et passant par le centre du cube (ou de l'octaèdre). Si on place son œil selon l'un des axes de rotation, on verra comme profil du polyèdre un hexagone, que ce polyèdre soit un cube ou un octaèdre.



REMARQUE :

Cet exemple peut être étendu à d'autres solides de l'espace. Nous citerons par exemple, à titre indicatif, le cas du tétraèdre qui est auto-dual, que le dual d'un cube est un octaèdre (comme cela a été établi précédemment), que le dual d'un icosaèdre est un dodécaèdre, Etc. Et que la duale de la duale est la configuration originale. A l'aide du principe général découlant de cette dualité on peut démontrer automatiquement de nouveaux théorèmes à partir d'anciens en échangeant les propriétés d'incidence qu'ils renferment.

Les exemples précédents nous montrent combien la notion de dualité est applicable dans plusieurs branches des mathématiques. Ces illustrations légitiment donc l'étude de la dualité dans un cadre centralisateur, généralisateur et unificateur – où tous les objets différents que nous avons évoqués dans chacun des exemples précédents, seront tous appelés indistinctement des « vecteurs » et étudiés comme tels, ce qui permettra de dégager leurs propriétés structurelles et celles qui se rattachent (ou qui sont rattachables) par dualité : c'est justement l'algèbre linéaire qui constituera ce cadre privilégié d'étude de la dualité (et de bien d'autres propriétés qui s'appliquent indistinctement aux différentes catégories d'objets susmentionnés et réduits à l'état de vecteurs, c'est-à-dire des éléments d'un ensemble, muni de deux opérations l'une interne et noté additivement (pour laquelle cet ensemble est un groupe abélien), l'autre externe et notée multiplicativement vérifiant, par rapport à la première loi interne deux conditions se rapportant à une pseudo-distributivité, une associativité mixte et l'existence d'un scalaire unité (mixte pour la loi externe).

Signalons, pour terminer cette section, que la dualité intervient également dans l'étude des systèmes d'équations linéaires. En effet, une équation comme $ax + by + cz = 0$ peut à la fois être interprétée comme l'équation du plan vectoriel défini par les réels a, b et c . x, y et z sont alors variables et représentent les coordonnées d'un point quelconque de ce plan. Mais on peut aussi considérer a, b et c comme variables et x, y et z comme fixes. Dans ce cas, cette même équation représente tous les plans contenant le point de coordonnées x, y et z .

Par ailleurs, toute équation linéaire de la forme $a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_{n-1}x_{n-1} + a_nx_n = b$ peut être interprétée comme l'image par une forme linéaire x^* définie sur R^n d'un vecteur $x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in R^n$. Ce qui peut se noter d'une manière abrégée de la manière suivante :

$$\langle x^*, x \rangle = b \text{ (où } x^*: R^n \rightarrow R : x \mapsto x^*(x) = a_1x_1 + \dots + a_nx_n \text{)}.$$

2 LA DUALITE « NATURELLE » AU SENS DE FROBENIUS

2.1 L'ÉTUDE DE LA DÉPENDANCE LINÉAIRE AU SENS DE FROBENIUS

C'est à travers les travaux de Frobenius que se dégagent plus clairement les notions de rang d'un système linéaire et de dimension d'un ensemble de solutions. Il fut un des premiers à amener un changement dans l'orientation des recherches associées aux systèmes d'équations. Dans son article intitulé *Über das Pfaffsche Problem* de 1875, il montre, en effet, une façon nouvelle d'aborder les systèmes linéaires, en mettant en avant la notion de dépendance (ou d'indépendance) linéaire. Dans ce texte, il commence par donner la définition suivante de l'indépendance linéaire, encore tout à fait « moderne » :

« Soient A_1, \dots, A_n et B_1, \dots, B_n deux solutions particulières quelconques (du système de m équations indépendantes) des équations : $a_1^{(\mu)} u_1 + \dots + a_n^{(\mu)} u_n = 0$ (S). Alors $a A_1 + b B_1, \dots, a A_n + b B_n$ est aussi une solution. Plusieurs solutions particulières $A_1^{(x)}, \dots, A_n^{(x)}$ ($x = 1, 2, \dots, k$) seront dites indépendantes ou différentes si les $c_1 A_\alpha^{(1)} + \dots + c_k A_\alpha^{(k)} = 0$ ne peuvent s'annuler pour tous les $\alpha = 1, 2, \dots, n$, sans que les c_1, c_2, \dots, c_k soient tous nuls, en d'autres termes, si les k formes linéaires $A_1^{(x)} u_1 + \dots + A_n^{(x)} u_n = 0$ sont indépendantes. »⁵

Frobenius innove en reliant directement cette définition à la fois aux équations et aux $n - m$ uplets solutions d'un système linéaire : il réalise un pas important vers le concept moderne de vecteur. Dans la suite de sa démonstration, il s'appuie essentiellement sur cette notion de dépendance linéaire et aussi sur la propriété suivantes sur les déterminants : les équations sont indépendantes si et seulement si tous les mineurs de plus grand ordre du système ne sont pas nuls. Il commence ainsi par montrer qu'un système homogène⁶ de m équations à n inconnues (avec $n > m$) admet $n - m$ solutions indépendantes (en exhibant une sorte de base canonique de solutions) et que c'est le maximum de solutions qu'un tel système peut admettre (en prouvant que $n - m + 1$ solutions seraient toujours dépendantes) :

« Donc m équations linéaires homogènes indépendantes en n inconnues ont exactement $n - m$ solutions différentes, et de plus m équations linéaires homogènes quelconques en n inconnues ont au moins $n - m$ solutions différentes. » (Ibidem, p. 265)

Il affirme ensuite que la solution générale des équations est une combinaison linéaire quelconque de ces $n - m$ solutions indépendantes : la notion de base de solutions est fortement sous-jacente dans son propos suivant :

« Soient c_1, c_2, \dots, c_{n-m} des constantes arbitraires, alors : $A_1 = \sum c_v A_1^{(v)}, \dots, A_n = \sum c_v A_n^{(v)}$ sera appelée solution générale des équations (S). On peut obtenir d'elle toute solution particulière, en donnant aux constantes arbitraires des valeurs déterminées. Ainsi, soient $B_1^{(v)}, B_2^{(v)}, \dots, B_n^{(v)}$ ($v = 1, \dots, n - m$) des solutions différentes quelconques, alors $B_\alpha^{(v)} = c_{v,1} A_\alpha^{(1)} + \dots + c_{v,n-m} A_\alpha^{(n-m)}$ (...). » (Ibidem, p. 265)

2.2 ET VOILA UNE INTERPRÉTATION (IMPLICITE) DE LA « DUALITE » ...

Frobenius introduit ensuite la notion de système « associé » ou « adjoint » à associer au concept moderne de dualité : c'est le système composé d'équations dont les coefficients sont les composantes des éléments d'une base de solutions du système initial.

Pour illustrer cela, notons le système homogène de départ :

⁵ Frobenius (1875, p. 264), cité par J.-L. Dorier (1998, p. 246).

⁶ Frobenius étudie uniquement le cas les systèmes homogènes car seul l'aspect « linéaire » l'intéresse.

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = 0 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = 0 \\ \vdots \\ a_{p1}x_1 + a_{p2}x_2 + \dots + a_{pn}x_n = 0 \end{cases} \quad (S) ;$$

Si $(A_1^{(x)}, \dots, A_n^{(x)})$ ($x = 1, 2, \dots, n - r$), r étant l'ordre maximal des mineurs non nuls extraits de ce système, est une base de solutions de (S), le système associé à (S) est alors :

$$\begin{cases} A_1^{(1)}x_1 + A_2^{(1)}x_2 + \dots + A_n^{(1)}x_n = 0 \\ A_1^{(2)}x_1 + A_2^{(2)}x_2 + \dots + A_n^{(2)}x_n = 0 \\ \vdots \\ A_1^{(n-r)}x_1 + A_2^{(n-r)}x_2 + \dots + A_n^{(n-r)}x_n = 0 \end{cases} \quad (S^*)$$

Maintenant, si $(B_1^{(v)}, \dots, B_n^{(v)})$ ($v = 1, 2, \dots, q$) est une base de solutions du système linéaire homogène associé (S^*) , le système qui lui est, à son tour, associé est :

$$\begin{cases} B_1^{(1)}x_1 + B_2^{(1)}x_2 + \dots + B_n^{(1)}x_n = 0 \\ B_1^{(2)}x_1 + B_2^{(2)}x_2 + \dots + B_n^{(2)}x_n = 0 \\ \vdots \\ B_1^{(q)}x_1 + B_2^{(q)}x_2 + \dots + B_n^{(q)}x_n = 0 \end{cases} \quad (S^{**})$$

Frobenius démontre que, quel que soit le choix des bases à chaque étape, le système (S^{**}) est équivalent au système (S) et que $q = r$. En considérant le système adjoint (S^*) à un ensemble de n -uplets solutions d'un système d'équations linéaires, Frobenius utilise le concept moderne de dualité. Il réitère son raisonnement en travaillant avec le système adjoint du système adjoint précédemment considéré. Bien entendu, Frobenius n'a pas conscience du théorème de réflexivité (ou d'idempotence du passage à l'adjoint), mais c'est bien ce dernier qui est appliqué ici.

Il est alors en mesure de montrer que l'ordre maximal de mineur non nul est un invariant non seulement du système mais aussi de son ensemble de solutions (tout système ayant le même ensemble de solutions a même ordre maximal de mineur non nul). Avec ces résultats, Frobenius définit le concept de **rang** dans toute sa généralité, en ces termes :

« Quand dans un déterminant, tous les mineurs d'ordre $m + 1$ s'annulent, mais que ceux d'ordre m ne sont pas tous nuls, j'appelle rang du déterminant la valeur de m . »

Par la suite, la notion de rang (qui reste associée aux déterminants dans le texte cité) se trouve reliée directement aux matrices. Ainsi l'étude des systèmes linéaires, appliquée à des systèmes de plus en plus abstraits, a permis de dégager des concepts théoriques liés à la linéarité, notamment ceux de « rang » et de « dualité ».

3 ET MAINTENANT, UN PETIT MOT SUR LA DUALITE DITE « FORMELLE »

3.1 ESPACE DUAL D'UN ESPACE VECTORIEL DONNE

Les notions d'espace primal, dual, bi dual, base duale, etc., ont été exposées avec force détails dans la thèse de doctorat de Martine de Vleeschouwer⁷. Le lecteur intéressé par les preuves des propriétés que nous évoquons laconiquement ci-dessous pourra se référer à cette thèse ou à n'importe quel ouvrage d'algèbre linéaire de niveau universitaire. Nous nous contenterons donc de citer ci-dessous laconiquement les éléments qui constituent le fondement de cette dualité.

⁷ Martine De Vleeschouwer, (2010). *Ibidem*, Annexes 9 et 10, pp. 85-104.

Soit E un K -espace vectoriel de dimension finie n . On rappelle qu'une forme linéaire sur E est une application linéaire $\varphi : E \rightarrow K$. Soit E^* l'ensemble des formes linéaires définies sur E . On démontre que E^* est un K -espace vectoriel de dimension n , appelé espace dual de E . L'espace dual de E^* se note E^{**} et s'appelle le "bi-dual" de E . Et on montre également que $E^{**} \stackrel{\text{isomorphe}}{\approx} E$. Par ailleurs, si $B = (e_i)_{1 \leq i \leq n}$ est une base de E , on appelle base duale de B une

base $B^* = (\varphi_i)_{1 \leq i \leq n}$ de E^{**} . Elle est telle que $\varphi_i(e_j) = \delta_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si } i = j \\ 0 & \text{si } i \neq j \end{cases}$

Un élément d'un espace vectoriel E quelconque, de dimension finie n , peut donc être interprété indifféremment comme un vecteur et une forme linéaire sur E . Tout élément de E^* est une forme linéaire sur E et, réciproquement, tout élément de E est une forme linéaire sur E^* .

Signalons, enfin, qu'à propos des dualités « spontanée » et « formelle » présentées succinctement ci-haut, Martine De Vleeschouwer termine, dans sa thèse, son exposé concernant l'apport de Frobenius sur la dualité par la remarque suivante :

« *Un apport intéressant pour l'étude de la dualité serait un approfondissement de la réflexion sur le lien entre la dualité, au sens actuel, et la conceptualisation par Frobenius de la notion de rang, dans le cadre des systèmes d'équations linéaires. Cette réflexion dépassant largement les questions de recherche qui nous préoccupent ici, nous la proposons dans les perspectives d'avenir.* »⁸

Pourtant, il existe, selon nous, des similitudes triviales entre ces deux conceptions de la dualité, comme le montre l'argumentation suivante.

4 RAPPORTS ENTRE LA DUALITE ALGEBRIQUE ET LES AUTRES FORMES DE DUALITES MATHÉMATIQUES ÉVOQUÉES

4.1 INTRODUCTION

Signalons tout d'abord que les rapports entre la dualité en géométrie différentielle et la dualité formelle ou algébrique, ou entre la dualité topologique et la dualité algébrique, ou encore entre la dualité définie dans la théorie de la mesure et de l'intégration (en analyse supérieure) et la dualité formelle ou algébrique, sont trivialement établis par le fait que les référentiels évoqués dans ces deux cas sont en particulier des espaces vectoriels (voir paragraphe 1.1.). En ce qui concerne le cas particulier d'un espace topologique, signalons qu'il peut être muni d'une structure naturelle d'algèbre de Boole pour les opérations ensemblistes d'intersection, de réunion et de complémentation classique. Or, une algèbre est, par définition et en particulier, un espace vectoriel. Ce qui permet de ramener la dualité topologique (et plus généralement la dualité ensembliste) à la dualité formelle ou algébrique.

4.2 QUID DE LA DUALITE « SPONTANÉE » (AU SENS DE FROBENIUS) PAR RAPPORT À LA DUALITE DITE « FORMELLE » OU ALGÈBRE, ENSEIGNÉE DANS NOS UNIVERSITÉS ?

Commençons notre propos par un exemple illustratif qui nous permettra de bien illustrer les opérations algébriques auxquelles nous ferons allusion dans notre analyse des dualités « naturelle » et « formelle ». Nous partons d'un exemple montrant comment les systèmes d'équations linéaires permettent de déterminer l'équation d'un plan de l'espace dont on connaît les coordonnées de trois points non alignés. Cet exemple montre comment on détermine le système adjoint d'un système donné (dualité spontanée ou naturelle). En effet, si l'équation $ax + by + cz + d = 0$ à déterminer peut être assimilée à un système linéaire du type 1×3 , alors le système adjoint correspondant, au sens de Frobenius, est justement le système 3×3 dont on se sert pour résoudre ce problème. Dans une première illustration, nous considérons le cas où $d \neq 0$, tandis que le second exemple se penche sur le cas d'un plan vectoriel ($d = 0$), et donc d'un système linéaire initial homogène. Le troisième exemple nous montre comment se détermine concrètement l'espace dual d'un espace vectoriel donné, dans le cadre de la dualité formelle.

⁸ Martine De Vleeschouwer, (2010). *Ibidem*, p. 49.

4.2.1 DUALITE « SPONTANEE » ET DUALITE ALGÈBRE

4.2.1.1 ILLUSTRATIONS CONCRETES DE LA DUALITE SPONTANEE

4.2.1.1.1 ILLUSTRATION DE LA TECHNIQUE PROPOSÉE DANS NOTRE INGÉNIERIE POUR DÉTERMINER L'ÉQUATION D'UN PLAN CONTENANT TROIS POINTS NON ALIGNÉS DONT ON DONNE LES COORDONNÉES CARTESIENNES

Soit, par exemple, à déterminer l'équation du plan contenant (ou passant par) les points $A(1, -3, 3)$, $B(2, -5, 4)$ et $C(3, -1, 1)$. Nous partons de la forme « canonique » $mx + ny + pz + 1 = 0$ de l'équation cherchée (qui, rappelons-le, est déduite de l'équation générale $ax + by + cz + d = 0$ d'un plan l'espace, en posant $d \neq 0$, $m = a/d$, $n = b/d$ et $p = c/d$).

Puisque ce plan contient les points A, B et C, alors en portant leurs coordonnées respectives dans l'équation canonique ci-dessus, on obtient le système :

$$\begin{cases} m - 3n + 3p + 1 = 0 \\ 2m - 5n + 4p + 1 = 0 \\ 3m - n + p + 1 = 0 \end{cases}$$

Dont la résolution conduit à la solution unique $\begin{cases} m = -1/4 \\ n = -2/4 \\ p = -3/4 \end{cases}$

On obtient alors, par identification : $\begin{cases} a/d = -1/4 \\ b/d = -2/4 \\ c/d = -3/4 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} a = -d/4 \\ b = -d/2 \\ c = -3d/4 \end{cases} \quad (d \in \mathbb{R})$

Il s'agit donc d'une classe d'équivalence $-d/4 \cdot (1, 2, 3, -4)$ de solutions (pour laquelle seule la valeur de d est arbitraire). En posant $d = -4$ (choix dicté par le souci de simplifier les calculs et d'éviter les calculs fractionnaires) on

obtient la solution particulière $\begin{cases} a = 1 \\ b = 2 \\ c = 3 \end{cases}$

Une équation cartésienne du plan donné est donc : $x + 2y + 3z - 4 = 0$

4.2.1.1.2 ILLUSTRATION DE LA DÉTERMINATION DES SYSTÈMES ADJOINTS SUCCESSIFS, EN PARTANT D'UN SYSTÈME LINÉAIRE DU TYPE 1 x 3 (ET EN LIAISON AVEC L'EXEMPLE PRÉCÉDENT), DANS UN CADRE VECTORIEL

- Soit à présent l'équation $x + 2y + 3z = 0$ (S). C'est l'équation cartésienne d'un plan de l'espace. Elle admet donc une infinité de solutions (qui tous les points de ce plan) dont voici, arbitrairement, trois solutions particulières : $A(-3, -3, 3)$, $B(1, -5, 3)$ et $C(2, 5, -4)$ représentant des points non alignés de l'espace (du fait que les accroissements de coordonnées de ces points pris deux à deux ne sont pas proportionnels. Remarquons que, dans le registre vectoriel, et en prenant comme repère $(A, \vec{AB}=(4, -2, 0), \vec{AC}=(5, 8, -7))$, où $\{\vec{AB}, \vec{AC}\}$ est une partie libre du fait

que $\begin{vmatrix} 4 & 5 \\ -2 & 8 \end{vmatrix} = 42 \neq 0$, ces trois points engendrent bien le plan Γ d'équation cartésienne $x + 2y + 3z = 0$.

Notons qu'on pouvait aboutir à cette même conclusion en procédant comme suit : considérons l'ensemble des triplets (x, y, z) de réels tels que $x + 2y + 3z = 0$. On peut écrire:

$$\begin{aligned}\Gamma &= \{(x, y, z) \in \mathbb{R}^3 / x + 2y + 3z = 0\} = \{(x, y, z) \in \mathbb{R}^3 / x = -2y - 3z\} \\ &= \{(-2y - 3z, y, z) / y, z \in \mathbb{R}\} = \{(-2y, y, 0) + (-3z, 0, z) / y, z \in \mathbb{R}\} \\ &= \{y(-2, 1, 0) + z(-3, 0, 1) / y, z \in \mathbb{R}\} = \text{sev}\langle (-2, 1, 0), (-3, 0, 1) \rangle\end{aligned}$$

$\Gamma \neq \emptyset = \{ \}$ car $(0, 0, 0) \in \Gamma$. (Trivial). Et on montre aisément que si $(x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2) \in \Gamma$, alors $\alpha(x_1, y_1, z_1) + \beta(x_2, y_2, z_2) \in \Gamma, \forall \alpha, \beta \in \mathbb{R}$. Comme, en plus, le système $\{(-2, 1, 0), (-3, 0, 1)\}$ est libre (du fait que $\begin{vmatrix} -2 & -3 \\ 1 & 0 \end{vmatrix} = 3 \neq 0$), alors on conclut que Γ est un sous-espace vectoriel de \mathbb{R}^3 de dimension 2, donc un plan vectoriel réel.

Le système adjoint associé au système (S) est alors, dans ce cas :

$$\begin{cases} -3x - 3y + 3z = 0 \\ x - 5y + 3z = 0 \\ 2x + 5y - 4z = 0 \end{cases} \quad (S^*)$$

Il admet une infinité de solutions car $\begin{vmatrix} -3 & 1 & 2 \\ -3 & -5 & 5 \\ 3 & 3 & -4 \end{vmatrix} = 0$. L'ensemble des solutions de ce système adjoint est

$S^* = \{x(1, 2, 3) / x \in \mathbb{R}\}$. C'est donc la droite vectorielle engendrée par $(1, 2, 3)$ qui en est une des solutions particulières. Toutes les autres solutions de ce système sont des multiples de cette solution particulière. Il en résulte que le système adjoint du système (S*) est :

$$x + 2y + 3z = 0 \quad (S^*)^*.$$

Il en résulte que $(S^*)^* = S$. (Idempotence du « passage à l'adjoint »).

On vérifie aisément que tout système adjoint qu'on pourrait s'imaginer à partir de 3 quelconques de solutions indépendantes de l'équation $x + 2y + 3z = 0$ conduira nécessairement à la même solution générale $k \cdot (1, 2, 3)$. Les composantes de cette solution sont, à un facteur près, les coefficients des inconnues d'une forme linéaire $\varphi(x, y, z) = x + 2y + 3z$ définie sur \mathbb{R}^3 dont le noyau⁹ définit en compréhension un espace vectoriel de dimension 2 (i.e. un plan vectoriel). C'est, probablement, ce constat qui a inspiré à Frobenius la notion de rang d'un système adjoint qu'il définira comme la dimension de l'espace engendré par ses solutions.

Ainsi, pour notre exemple illustratif, le rang du système adjoint (S*) est égal à la dimension de l'espace vectoriel $V = \{(x, y, z) \in \mathbb{R}^3 / x + 2y + 3z = 0\}$ qui vaut 2.

4.2.1.1.3 ILLUSTRATION DE LA DETERMINATION DE L'ESPACE DUAL D'UN ESPACE VECTORIEL REEL E DE DIMENSION FINIE 2

Considérons le \mathbb{R} -espace vectoriel $\mathbb{R}^2 = V = \{(x, y) / x, y \in \mathbb{R}\}$, de dimension 2, muni de sa base $B = \{e_1 = (3, 1), e_2 = (1, 2)\}$. Déterminons son espace vectoriel dual V^* . Par définition, V^* est le plan vectoriel réel

⁹ On rappelle qu'il est établi, en algèbre linéaire, que le noyau $\text{Ker } f$ d'une application linéaire $f : E \rightarrow F$ (respectivement son image $\text{Im } f$) est un sous-espace vectoriel de E (respectivement de F).

engendrée par les formes linéaires définies sur V . Pour déterminer V^* , il suffit de déterminer une de ses bases, en l'occurrence la base duale B^* de V^* associée à la base B de V . Cherchons alors B^* : Posons $B^* = \{\varphi_1, \varphi_2\}$, avec

$$\varphi_1 : V \rightarrow \mathbb{R} : (x, y) \mapsto \varphi_1(x, y) = ax + by$$

$$\varphi_2 : V \rightarrow \mathbb{R} : (x, y) \mapsto \varphi_2(x, y) = cx + dy$$

Déterminons alors les constantes (coefficients) a, b, c et d . On rappelle que les bases B^* et B sont telles que

$$\forall i, j \in [1, 3] \cap \mathbb{N}, \varphi_i(e_j) = \delta_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si } i = j \\ 0 & \text{si } i \neq j \end{cases}$$

$$\text{Donc } \begin{cases} \varphi_1(e_1) = 1 \\ \varphi_1(e_2) = 0 \end{cases} \text{ et } \begin{cases} \varphi_2(e_1) = 0 \\ \varphi_2(e_2) = 1 \end{cases}$$

On en déduit les deux systèmes linéaires $\begin{cases} 3a + b = 1 \\ a + 2b = 0 \end{cases}$ et $\begin{cases} 3c + d = 0 \\ c + 2d = 1 \end{cases}$ dont on tire, après résolutions,

$a = \frac{2}{5}, b = -\frac{1}{5}, c = -\frac{1}{5}$ et $d = \frac{3}{5}$. Il en résulte que l'espace dual de V est le plan vectoriel réel V^* dont une base est $B^* = \{\varphi_1, \varphi_2\}$, avec :

$$\varphi_1 : V \rightarrow \mathbb{R} : (x, y) \mapsto \varphi_1(x, y) = \frac{2x - y}{5}$$

$$\varphi_2 : V \rightarrow \mathbb{R} : (x, y) \mapsto \varphi_2(x, y) = \frac{-x + 3y}{5}$$

On rappelle que V^* est tel que son dual est V . i.e. $(V^*)^* = V$.

4.3 RAPPORT ENTRE LA DUALITÉ « SPONTANÉE » ET LA DUALITÉ « FORMELLE » GÉNÉRALISATION DE NOTRE EXEMPLE ILLUSTRATIF

Considérons le système (S) : $ax + by + cz = 0$, à une équation du premier degré à 3 inconnues. On sait qu'une telle équation modélise un plan de l'espace, contenant l'origine $(0, 0, 0)$. Le système obtenu en remplaçant les inconnues x, y et z par les coordonnées respectives de trois solutions distinctes et indépendantes de cette équation (et qui nous permet de calculer les coefficients a, b et c , lorsqu'il s'agit de déterminer l'équation $ax + by + cz = 0$ d'un plan contenant l'origine, connaissant des solutions particulières $A(x_a, y_a, z_a), B(x_b, y_b, z_b)$ et $C(x_c, y_c, z_c)$ de cette équation formant un repère du plan dont on cherche l'équation cartésienne :

$$\begin{cases} x_a a + y_a b + z_a c = 0 \\ x_b a + y_b b + z_b c = 0 \\ x_c a + y_c b + z_c c = 0 \end{cases} \quad (S')$$

équivalent (à un choix de variables près) au système (S*) : $\begin{cases} x_a x + y_a y + z_a z = 0 \\ x_b x + y_b y + z_b z = 0 \\ x_c x + y_c y + z_c z = 0 \end{cases}$

qui est défini par Frobenius comme l'adjoint du système (S) : $ax + by + cz = 0$. Comme ils ont les mêmes coefficients des inconnues, on conclut que ces deux systèmes (S*) et (S') admettent la même classe de solutions qui est précisément $k(a, b, c)$, où $k \in \mathbb{R}$.

Il en résulte que le système adjoint du système (S*), obtenu en remplaçant inconnues x, y et z par les coordonnées de la solution générale $k(a, b, c)$ de (S*) est simplement (S) : $ax + by + cz = 0$, à un facteur multiplicatif réel k près. Par suite, $(S^*)^* = (S)$. Le passage à l'adjoint est donc une opération idempotente : appliquée deux fois de suite, cette opération

nous ramène à la situation de départ. On notera que les équations du système (S^*) peuvent être interprétées comme trois formes linéaires sur Γ :

$$\varphi_a : \Gamma \rightarrow \mathbb{R} : (x, y, z) \mapsto x_a x + y_a y + z_a z,$$

$$\varphi_b : \Gamma \rightarrow \mathbb{R} : (x, y, z) \mapsto x_b x + y_b y + z_b z,$$

$$\varphi_c : \Gamma \rightarrow \mathbb{R} : (x, y, z) \mapsto x_c x + y_c y + z_c z$$

dont l'intersection des trois noyaux représente le système adjoint (S^*) .

Par conséquent, l'équation $ax + by + cz = 0$, obtenue dans $(S^*)^*$, peut être interprétée comme la définition en compréhension du noyau d'une forme linéaire $\varphi_a : D \rightarrow \mathbb{R} : (x, y, z) \mapsto ax + by + cz$ définie sur \mathbb{R}^3 . Faisons remarquer que la solution générale du système adjoint est indépendante du choix des trois solutions particulières indépendantes $A(x_a, y_a, z_a)$, $B(x_b, y_b, z_b)$ et $C(x_c, y_c, z_c)$, vu le fait qu'elles seront toutes des solutions d'une même équation de départ. Le système qu'elles génèrent conduira donc, fatalement, aux coefficients des inconnues de l'équation cartésienne du plan vectoriel contenant les points qui leur correspondent. La dimension 2 de ce plan est donc un « dénominateur commun », une constante de structure commune à tous les systèmes adjoints ainsi obtenus. On l'appellera « le rang du système adjoint ».

Cette situation peut être résumée de la manière suivante : si on considère un plan vectoriel Γ , d'équation cartésienne $ax + by + cz = 0$, les formes linéaires définies sur cet espace (ou plutôt l'intersection de leurs noyaux) engendrent un espace vectoriel Λ (qui est un autre plan vectoriel) qui est tel que la forme linéaire définie sur cet espace est le premier membre de l'équation cartésienne du plan vectoriel de départ Γ . Si nous appelons Λ le dual de Γ , et si nous notons l'opération qui consiste à déterminer le dual d'un vectoriel par $\Gamma^* = \Lambda$, alors nous pouvons conclure que le dual du dual de Γ est égal à Γ lui-même (i.e. $(\Gamma^*)^* = \Gamma$). Ceci nous amène à interpréter les éléments de Γ à la fois comme des vecteurs (puisque ce sont des éléments d'un espace vectoriel) et comme des formes linéaires (car Γ est défini à son tour comme le dual de Λ). Un vecteur d'un vectoriel est une forme linéaire sur ce vectoriel ; réciproquement, une forme linéaire sur un vectoriel est un vecteur de ce vectoriel. C'est là-même l'essence de la dualité.

Nous obtenons ainsi une interprétation de la dualité « naturelle » ou « spontanée » qui la rapproche de la « dualité algébrique formelle » enseignée dans l'enseignement supérieur et universitaire. Ces deux conceptions de la dualité se rejoignent, même si la première n'est pas formalisée en tant que telle.

En termes plus simples, on peut résumer la dualité naturelle de la manière suivante : « le système linéaire ayant comme coefficients des inconnues les solutions d'un système linéaire initial admet comme solution(s) les coefficients des inconnues du système initial. ». On voit bien, dans cette phrase, la réversibilité des concepts « coefficients des inconnues » et « solutions ». C'est bien le principe de dualité. Les phrases énoncées prennent des allures de « palindromes¹⁰ ».

La dualité dite « formelle », quant à elle, peut être résumée par la phrase suivante : « L'espace des formes linéaires définies sur un espace vectoriel E est, à son tour, un espace vectoriel dont le vectoriel des formes linéaires est E ». Comme pour la phrase précédente, la « réversibilité sémantique » caractérisant la dualité, dite l'idempotence du passage au dual, est évidente. Elle se traduit par une « symétrie » au sens mathématique du terme qu'on retrouve également dans la phrase précédente.

4.4 DUALITE PROJECTIVE ET DUALITE ALGEBRIQUE

4.4.1 INTRODUCTION : UNE IDEE D'UN ESPACE PROJECTIF \mathcal{P}

Le principe fondateur de la géométrie que nous allons introduire est la notion de perspective (ou projection centrale). Il n'est peut-être pas inutile d'expliquer en quoi consiste cette opération qui va permettre de comprendre les définitions qui vont suivre. Pour étudier la géométrie d'un plan (affine), on le plonge dans l'espace à trois dimensions. On prendra par

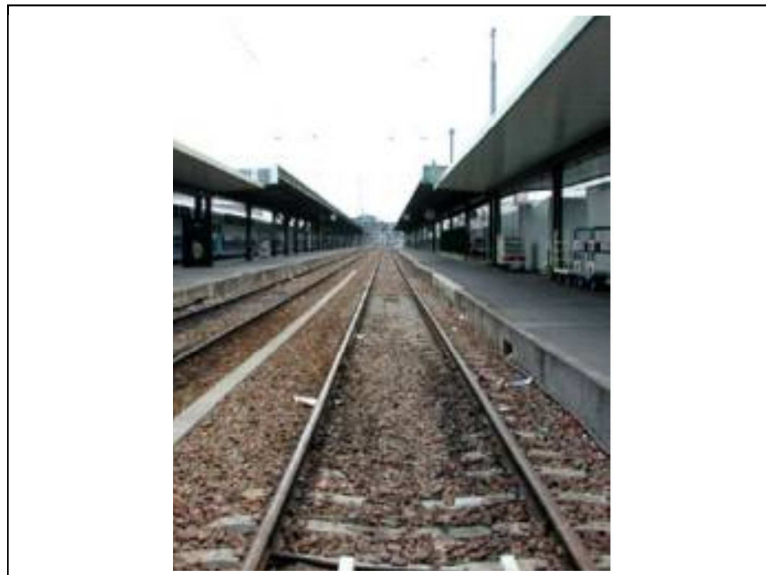
¹⁰ Un exemple de palindrome : « ESOPE RESTE ICI ET SE REPOSE » Lue de gauche à droite, ou de droite à gauche, cette phrase garde le même sens !

exemple ici, dans R^3 muni des coordonnées (x, y, t) , le plan π d'équation $t = 1$. A chaque droite d de l'espace, issue de l'origine $O(0, 0, 0)$ correspond alors un point P du plan π considéré. Si ce point P a comme coordonnées $P(x, y, z)$ dans l'espace, alors ses coordonnées dans le plan π seront x , tandis que ses coordonnées relativement à un repère du plan seront $P(x, y)$.

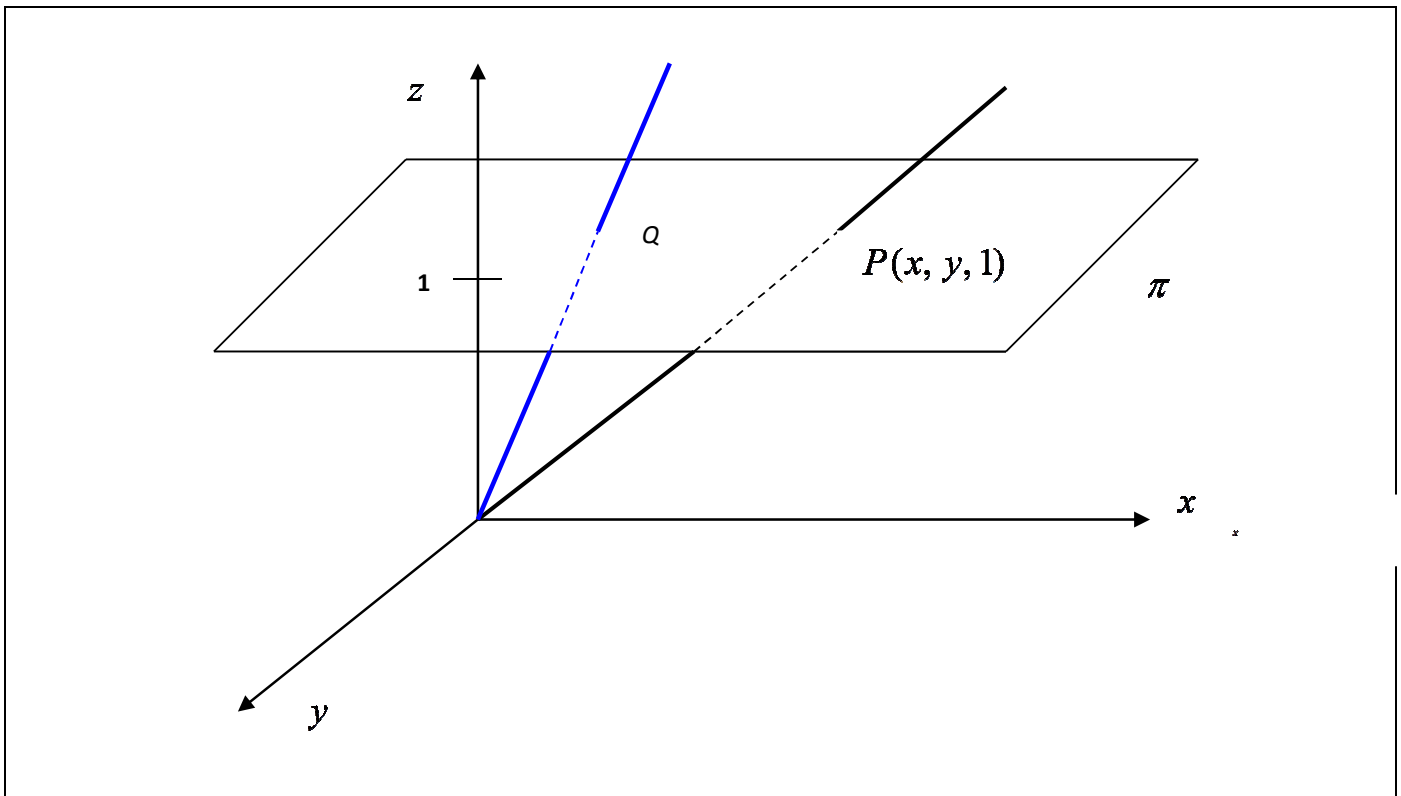
On peut s'imaginer que le plan π se déplace parallèlement à lui-même. Son équation cartésienne sera de la forme $z = k$ ($k \in \mathbb{R}_0$) et le résultat sera le même, à un facteur près, puisque $(x, y, k) = k(X, Y, 1)$ où $X = \frac{x}{k}$, $Y = \frac{y}{k}$ (avec $k \neq 0$). Nous pouvons donc limiter notre étude au cas du plan π . Le seul cas n'autorisant pas la substitution précédente est celui où $k = 0$ (on ne divise pas par 0). Les points non atteints sont les points de la forme $(x, y, 0)$. Ils correspondent alors à ce que nous désignerons par « points à l'infini ». Nous verrons pourquoi, en détails, plus loin.

L'espace ordinaire est donc étendu artificiellement par « le point à l'infini », noté ∞ . La technique la plus répandue pour réaliser des images en perspective centrale est la photographie (ou la peinture). Le centre de l'objectif d'un appareil photographique joue le rôle du « point de vue » (ou centre) et fonctionne comme centre de la représentation. Le film comme plan du dessin se trouve, dans ce cas, derrière le centre.

Une idée de cette perspective centrale (avec point à l'infini) nous est fournie par la photo suivante (prise à la Gare du Nord, Bruxelles). Cette photo nous donne l'idée de deux droites (en l'occurrence les deux rails de chemin de fer) dont on sait qu'elles sont parallèles, mais qui donnent l'illusion de se couper sur la ligne d'horizon (i.e. au point de fuite).



Et voici ci-dessous la représentation de deux points P et Q du plan projectif $\pi \approx \mathbb{R}^2 \cup \{\infty\}$:



Convention de notation : Si P désigne la matrice-ligne (a, b, c) , alors nous noterons par P^T la matrice-colonne $\begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix}$

(et réciproquement). P^T sera dite la « transposée » de P .

4.4.2 ÉQUATION D'UNE DROITE DANS π

L'équation homogène d'une droite d du plan π sera de la forme $ax + by + cz = 0$ (avec $z = 1$ et $c \neq 0$). Soit $P(x, y)$ un point de ce plan π , de coordonnées homogènes $P(x, y, 1)$ où plus généralement $P(xh, yh, h)$, $h \neq 0$ que nous notons $P(x_1, y_1, z_1)$.

- Propriété 1 : Droite contenant un point et point appartenant à une droite

Avec les notations précédentes, on a : $P \in d$ ssi $ax_1 + by_1 + cz_1 = 0$, que nous noterons plus simplement

$(a \ b \ c) \bullet \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix} = ax_1 + by_1 + cz_1 = 0$. L'opération notée « \bullet » sera dite un « produit scalaire ». Posons

$d \equiv (a, b, c)^T$ le triplet représentant les coefficients de la droite d et $P \equiv \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix}$ celui qui représente les coordonnées

du point P . Nous convenons de dire que, par abus de langage, $d = (a, b, c)^T$ et $P = \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix}$ représentent

respectivement les équations ou matrices modélisant la droite d et le point P . Avec cette convention, nous noterons donc simplement :

$$P \in d \Leftrightarrow d^T \bullet P = 0$$

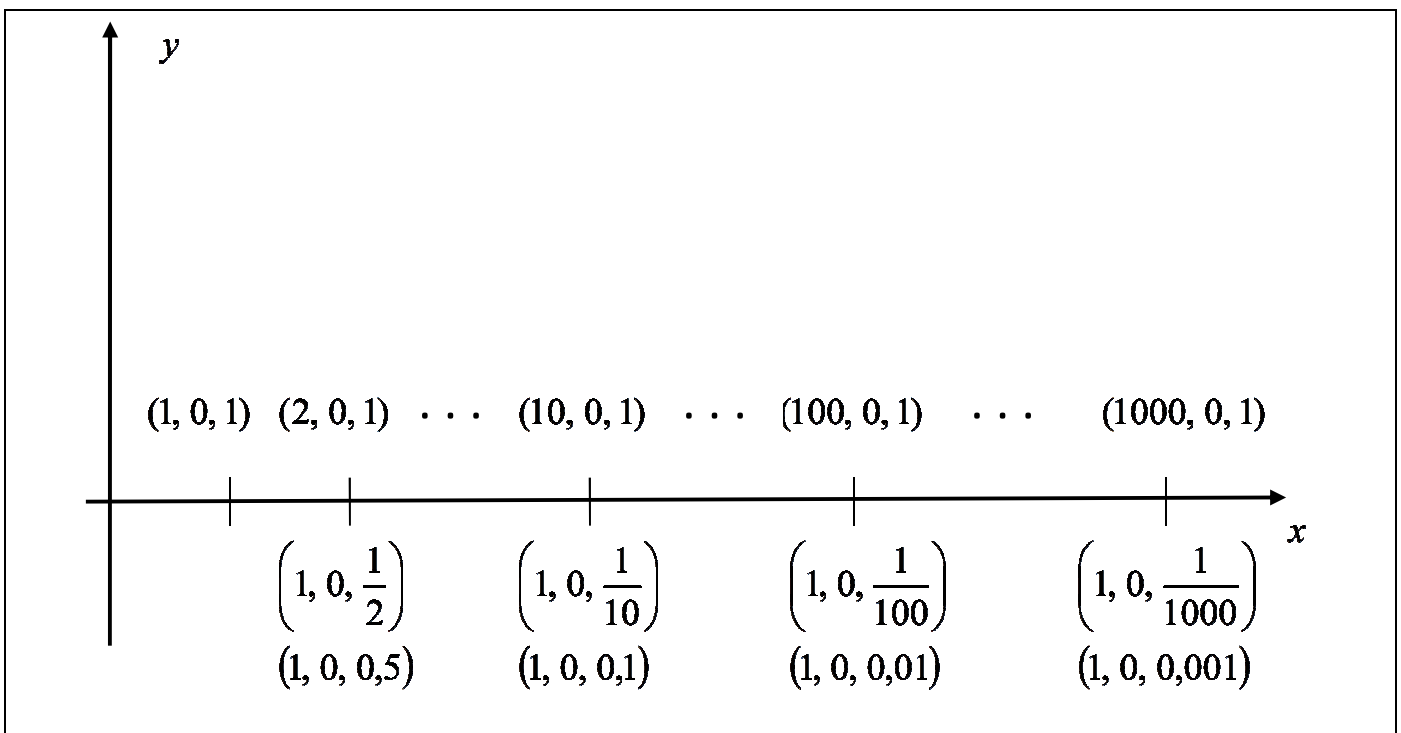
- Réciproquement, nous dirons que la droite d d'équation homogène $ax + by + cz = 0$ contient (ou passe par) le point $P(x_1, y_1, z_1)$ ssi $ax_1 + by_1 + cz_1 = 0$, que nous notons également sous la forme simplifiée :

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix} \bullet (a \ b \ c) = ax_1 + by_1 + cz_1 = 0.$$

Avec les conventions précédentes, on note alors : d passe par le point P ssi $P \bullet d^T = 0$. Nous dirons alors qu'il y a « dualité » entre les deux propositions « le point P appartient à la droite d » et « la droite d passe par le point P » ; leur modélisation algébrique est identique. Elle se traduit, en effet, par une annulation du produit scalaire.

- Point à l'infini :

La particularité de la géométrie projective est la prise en compte d'un point « spécial », dit « point à l'infini » que nous pouvons visualiser à l'aide du schéma suivant :



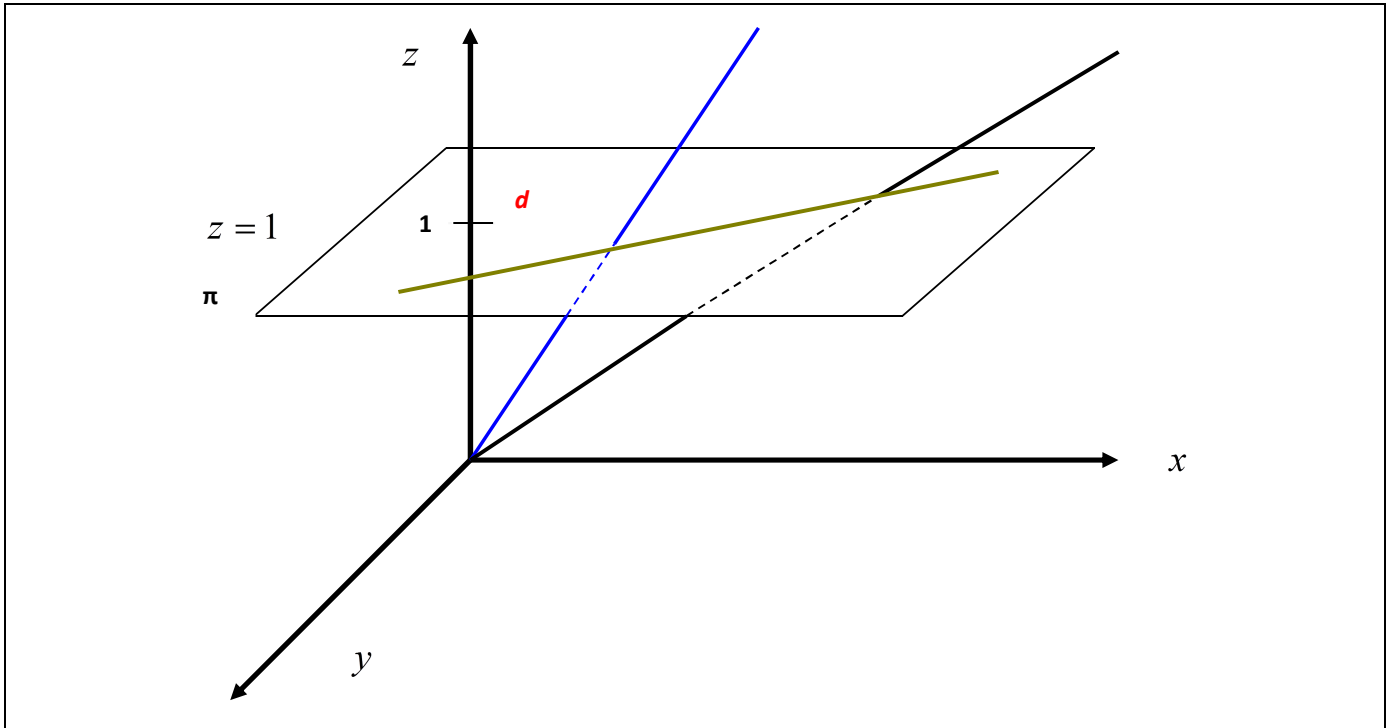
On considère ici un point générique $M(x, y, z)$ qui se « déplace » sur l'axe des abscisses, dans le sens positif (i.e. de gauche à droite). On remarque que plus son abscisse x augmente indéfiniment, plus sa cote z diminue et « tend » vers 0. A l'infini, elle prend donc, à la limite, la valeur 0. Le point que nous obtenons ainsi, à la limite lorsque $x \rightarrow +\infty$, s'appelle « point à l'infini » et se note, dans le cas illustré ci-dessus, $(1, 0, 0)$. Un tel point se caractérise donc par la contrainte selon laquelle sa cote est nulle, i.e. $z = 0$.

On montre que tous les points à l'infini sont des points de la forme $(x, y, 0)$.

Toute droite joignant deux points à l'infini distincts est dite une « droite à l'infini ».

Considérons alors le plan α d'équation cartésienne $z = 0$. Par définition, α est le **plan à l'infini** : tous ses points sont des points à l'infini.

- **Propriété 3 (Propriété d'incidence 1) : équation d'une droite d contenant (ou passant par) deux points distincts $P_1(x_1, y_1, z_1)$ et $P_2(x_2, y_2, z_2)$ du plan π :**



D'après ce qui précède, l'équation de cette droite (dans le plan π d'équation $z = 1$) sera de la forme $ax + by + cz = 0$ (avec $z = 1$). Puisque les coordonnées des points P_1 et P_2 vérifient cette dernière contrainte, alors on obtient le système :

$$\begin{cases} ax_1 + by_1 + cz_1 = 0 \\ ax_2 + by_2 + cz_2 = 0 \end{cases} \quad (\text{d'inconnues } a, b \text{ et } c).$$

En posant $c \neq 0$, et en divisant ces deux équations par c , on obtient le système équivalent :

$$\begin{cases} x_1 m + y_1 n + z_1 = 0 \\ x_2 m + y_2 n + z_2 = 0 \end{cases} \quad (\text{où } m = a/c, n = b/c \text{ et } c \text{ sont les trois inconnues}). \text{ La résolution du sous-système formé} \\ c \in \mathbb{R}_0$$

par les deux premières équations ci-dessus (pour lequel $x_1 y_2 - x_2 y_1 \neq 0$ puisqu'il est compatible, étant entendu que deux points distincts déterminent bien une droite i.e. son équation $ax + by + cz = 0$ existe) donne : $m = \frac{y_1 z_2 - y_2 z_1}{x_1 y_2 - x_2 y_1}$ et

$$n = \frac{x_2 z_1 - x_1 z_2}{x_1 y_2 - x_2 y_1} \quad (c \in \mathbb{R}_0). \text{ On en déduit que } a = \frac{y_1 z_2 - y_2 z_1}{x_1 y_2 - x_2 y_1} c \text{ et } b = \frac{x_2 z_1 - x_1 z_2}{x_1 y_2 - x_2 y_1} c \quad (\text{où } c \in \mathbb{R}_0). \text{ Il en}$$

résulte que l'équation cherchée de d est :

$$\left(\frac{y_1 z_2 - y_2 z_1}{x_1 y_2 - x_2 y_1} c \right) x + \left(\frac{x_2 z_1 - x_1 z_2}{x_1 y_2 - x_2 y_1} c \right) y + c = 0$$

$$\text{i.e. } (y_1 z_2 - y_2 z_1) x + (x_2 z_1 - x_1 z_2) y + (x_1 y_2 - x_2 y_1) = 0.$$

Remobilisons ici les déterminants d'ordre 2 introduits plus haut, en écrivant les écrivant sous forme de tableau matriciel. Cette équation devient :

$$\begin{vmatrix} y_1 & y_2 \\ z_1 & z_2 \end{vmatrix} x + \begin{vmatrix} z_1 & z_2 \\ x_1 & x_2 \end{vmatrix} y + \begin{vmatrix} x_1 & x_2 \\ y_1 & y_2 \end{vmatrix} = 0$$

Sous forme homogène, cette équation devient :

$$\begin{vmatrix} y_1 & y_2 \\ z_1 & z_2 \end{vmatrix} x + \begin{vmatrix} z_1 & z_2 \\ x_1 & x_2 \end{vmatrix} y + \begin{vmatrix} x_1 & x_2 \\ y_1 & y_2 \end{vmatrix} z = 0$$

Il en résulte que :
$$d = \left(\begin{vmatrix} y_1 & y_2 \\ z_1 & z_2 \end{vmatrix}, \begin{vmatrix} z_1 & z_2 \\ x_1 & x_2 \end{vmatrix}, \begin{vmatrix} x_1 & x_2 \\ y_1 & y_2 \end{vmatrix} \right)^T$$

Ce calcul ne dépend que des coordonnées des points P_1 et P_2 et s'exprime en fonction de déterminants d'ordre 2. Afin de faciliter son calcul, introduisons le moyen mnémotechnique suivant, que nous appellerons « **produit vectoriel** » des points P_1 et P_2 et que nous noterons :

$$P_1 \otimes P_2 = \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix} \otimes \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \begin{vmatrix} y_1 & y_2 \\ z_1 & z_2 \end{vmatrix} \\ \begin{vmatrix} z_1 & z_2 \\ x_1 & x_2 \end{vmatrix} \\ \begin{vmatrix} x_1 & x_2 \\ y_1 & y_2 \end{vmatrix} \end{pmatrix}^T = \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix}^T = d$$

qui nous permettra de déterminer directement les coefficients a , b et c de l'équation cartésienne de la droite d contenant les points P_1 et P_2 . Nous retiendrons donc que $P_1 \otimes P_2 = d$ donne l'équation cartésienne de la droite passant par les points P_1 et P_2 .

- Propriété 4 (Propriété d'incidence 2) : coordonnées cartésiennes du point $P(x, y, z)$ d'intersection de deux droites sécantes d_1 et d_2 du plan π

Soient d_1 et d_2 deux droites sécantes du plan π d'équations respectives $a_1x + b_1y + c_1z = 0$ et $a_2x + b_2y + c_2z = 0$, que nous pouvons noter simplement $d_1 = (a_1, b_1, c_1)^T$ et $d_2 = (a_2, b_2, c_2)^T$. Déterminons algébriquement les coordonnées de leur unique point d'intersection M , noté $d_1 \cap d_2 = \{M\}$.

Les coordonnées de ce point sont les composantes de l'unique solution du système $\begin{cases} a_1 x + b_1 y + c_1 z = 0 \\ a_2 x + b_2 y + c_2 z = 0 \end{cases}$ qui est cramérien (du fait que $d_1 \cap d_2$ existe, i.e. $a_1 b_2 - a_2 b_1 \neq 0$). Après résolution par la méthode de Gauss (après avoir posé que $z = 1$), on obtient $\left(x = \frac{b_1 c_2 - b_2 c_1}{a_1 b_2 - a_2 b_1}, y = \frac{a_1 c_2 - a_2 c_1}{a_1 b_2 - a_2 b_1} \right)$. Il en résulte que

$$M = \left(\frac{b_1 c_2 - b_2 c_1}{a_1 b_2 - a_2 b_1}, \frac{a_1 c_2 - a_2 c_1}{a_1 b_2 - a_2 b_1}, 1 \right) \text{ ou encore, plus simplement, en multipliant chaque composante par}$$

$$a_1 b_2 - a_2 b_1 \neq 0 : M^T = \left(b_1 c_2 - b_2 c_1, a_1 c_2 - a_2 c_1, a_1 b_2 - a_2 b_1 \right) = \left(\begin{vmatrix} b_1 & b_2 \\ c_1 & c_2 \end{vmatrix}, \begin{vmatrix} c_1 & c_2 \\ a_1 & a_2 \end{vmatrix}, \begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{vmatrix} \right)$$

Et nous retrouvons le même calcul que celui que nous avons décidé d'appeler « produit vectoriel ». D'où

$$d_1 \otimes d_2 = M^T .$$

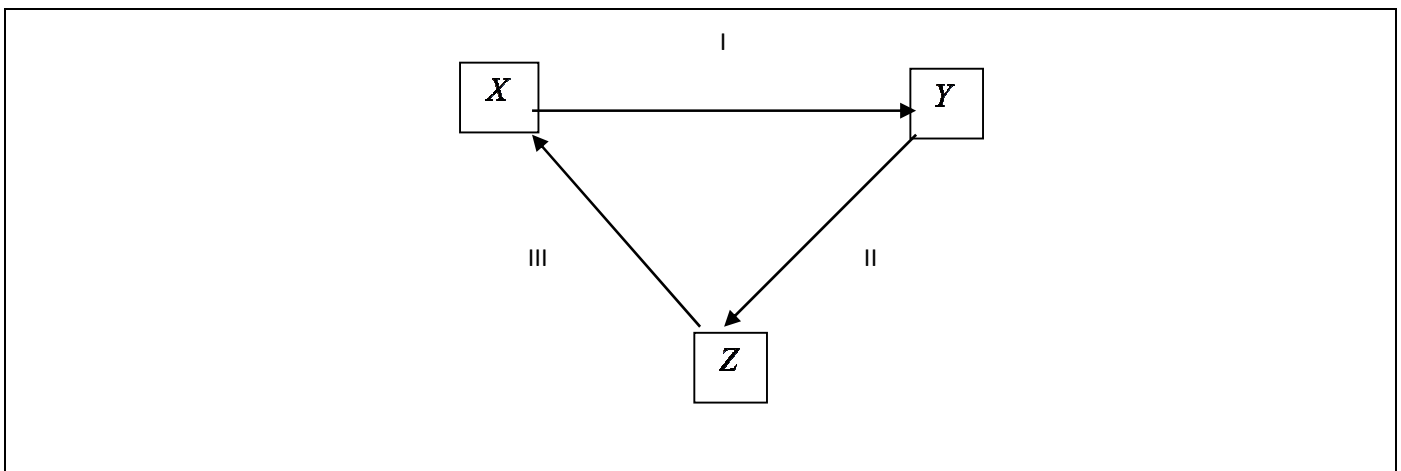
Ce résultat relève également de la *dualité* projective qui se note, en abrégé :

$P_1 \otimes P_2 = d^T \leftrightarrow d_1 \otimes d_2 = M^T$. Et on peut l'énoncer de la manière suivante : « Deux points distincts déterminent une droite du plan » \leftarrow « Deux droites distinctes (sécantes) se coupent en un point » : Ce résultat se généralise aux droites strictement parallèles en vertu du raisonnement développé dans la section suivante.

Remarque : On retient facilement le calcul du produit vectoriel ainsi défini grâce à la disposition pratique et à l'algorithme suivants :

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix} \otimes \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix} \otimes \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix} \\ \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix} \otimes \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix} \\ \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix} \otimes \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \begin{vmatrix} y_1 & y_2 \\ z_1 & z_2 \end{vmatrix} \\ \begin{vmatrix} z_1 & z_2 \\ x_1 & x_2 \end{vmatrix} \\ \begin{vmatrix} x_1 & x_2 \\ y_1 & y_2 \end{vmatrix} \end{bmatrix}$$

Ce calcul peut être résumé de la manière suivante :



Ce qui s'interprète comme suit : « Pour trouver la première composante du résultat (étape I), on supprime les premières composantes x_i et on écrit le déterminant des autres composantes restantes (dans l'ordre où elles sont reliées par la flèche) ; Pour déterminer la deuxième composante du produit vectoriel (étape II), on supprime la lignes des deuxièmes composantes y_i et on écrit le déterminant des composantes restantes (toujours dans l'ordre indiqué par la flèche) ; Enfin, la dernière composante (étape III) du produit vectoriel s'obtient en supprimant les troisièmes composantes y_i et en calculant le déterminant des composantes restantes dans l'ordre indiqué par la flèche qui les relie.

N.B. : L'opération « \otimes » ainsi introduite (et que nous avons appelée « produit vectoriel ») s'applique indistinctement aux « points » et aux « droites » du plan π . Et elle nous permet également de bien illustrer une propriété (que nous allons évoquer plusieurs fois dans la suite) que nous nommerons la **dualité projective**. On constate ce qui suit : *lorsque l'opération \otimes s'applique à deux points distincts, elle donne comme résultat l'équation de la droite contenant ces deux points (ou, du moins, les coefficients qui caractérisent son équation) ; Mais lorsqu'elle s'applique à deux droites, elle donne comme résultat les coordonnées du point d'intersection de ces deux droites.*

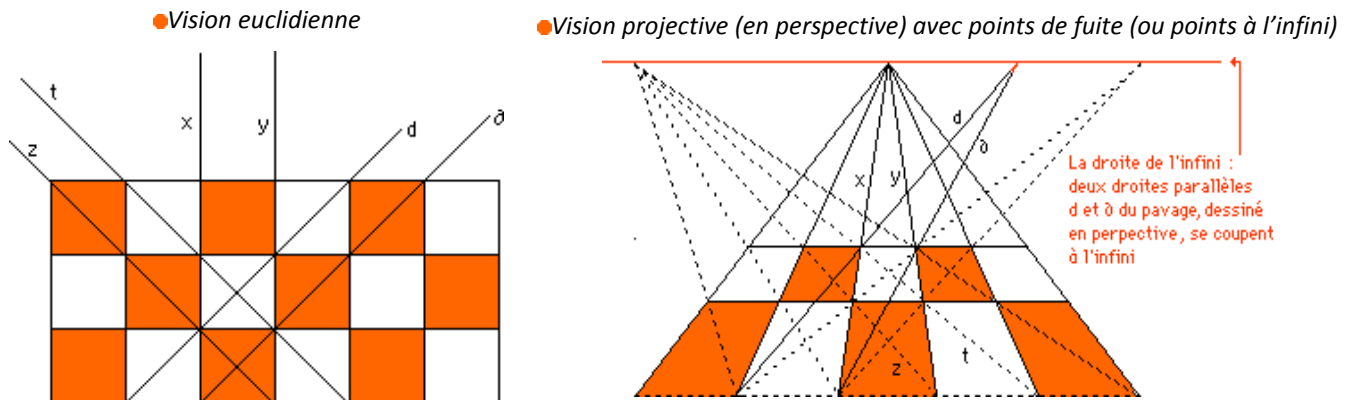
- Propriété 5 : caractérisation du parallélisme de deux droites du plan π

Soient d_1 et d_2 deux droites strictement parallèles du plan π . Posons $d_1 = (a_1, b_1, c_1)^T$ et $d_2 = (a_2, b_2, c_2)^T$. (i.e. $d_1 \equiv a_1x + b_1y + c_1z = 0$ et $d_2 \equiv a_2x + b_2y + c_2z = 0$). Alors les coefficients respectifs de leurs variables x et y sont proportionnels. On en déduit que $\exists \lambda \in \mathbb{R}_0$ tel que $a_2 = \lambda a_1$ et $b_2 = \lambda b_1$. Par suite $d_2 = (\lambda a_1, \lambda b_1, c_2)^T$. Déterminons alors leur intersection notée $d_1 \cap d_2$. D'après ce qui précède, les composantes du point d'intersection

$$d_1 \cap d_2 \text{ seront obtenues par le produit vectoriel : } d_1 \otimes d_2 = \begin{pmatrix} a_1 \\ b_1 \\ c_1 \end{pmatrix} \otimes \begin{pmatrix} \lambda a_1 \\ \lambda b_1 \\ c_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_1 & \lambda b_1 \\ c_1 & c_2 \\ a_1 & \lambda a_1 \\ a_1 & \lambda a_1 \\ b_1 & \lambda b_1 \end{pmatrix}^T = \begin{pmatrix} d_1 \\ d_2 \\ 0 \end{pmatrix}^T.$$

$d_1 \cap d_2$ est donc un point à l'infini (puisque sa cote est nulle i.e. $z = 0$)

En résumé, on a : « **Deux droites parallèles se coupent donc à l'infini** ». Voici une illustration « concrète » de cette propriété :



Sur la figure précédente, les droites z et t sont bel et bien parallèles (sur la vision euclidienne), mais elles se coupent au point de fuite (point à l'infini) sur le même dessin en vision projective (dessin exécuté par un peintre qui s'y connaît, bien entendu) !

Remarque :

Le principe de dualité s'énonce globalement comme suit, en deux dimensions : *pour toute propriété de géométrie projective établie entre des points, il y a un résultat symétrique dans lequel les rôles des droites et des points sont échangés.*

Les points deviennent des droites, les droites des points, la droite passant par un point devient le point sur une droite, etc.

Ainsi, comme nous l'avons vu ci-dessus, la propriété *deux points distincts définissent une droite unique* (portant les deux points), devient *deux droites distinctes définissent un point unique* (d'intersection). Ce résultat n'est valide que dans l'espace projectif : deux droites parallèles dans l'espace affine ne se coupent pas, alors que dans l'espace projectif elles se coupent en un point à l'infini comme cela a été établi plus haut.

- Propriété 6 : Alignement de trois points du plan projectif π .

Soient $P_1(x_1, y_1, z_1)$, $P_2(x_2, y_2, z_2)$ et $P_3(x_3, y_3, z_3)$ trois points du plan π (d'équation cartésienne $z = 1$) qui sont alignés. Alors il existe une droite d du plan telle que d contienne ces trois points. Soit $ax + by + cz = 0$ l'équation cartésienne de cette droite. Puisque les coordonnées des trois points considérés vérifient la contrainte qui définit les points de la droite d , alors on en déduit le système :

$$\begin{cases} ax_1 + by_1 + cz_1 = 0 \\ ax_2 + by_2 + cz_2 = 0 \\ ax_3 + by_3 + cz_3 = 0 \end{cases}$$

Ce système est compatible (et admet au moins une solution non triviale, puisque la solution triviale $(0, 0, 0)$ est exclu dans le plan π) puisque la droite d reliant les trois points donnés existe du fait que ces points sont alignés par hypothèse. D'après la synthèse structurée donnant la résolution d'un système linéaire de type 3×3 , on conclut que le déterminant de ce système est non nul. Donc :

$$\begin{vmatrix} x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ x_3 & y_3 & z_3 \end{vmatrix} = 0.$$

Ce que l'on peut encore noter, en vertu des propriétés des déterminants :

$$\begin{vmatrix} x_1 & x_2 & x_3 \\ y_1 & y_2 & y_3 \\ z_1 & z_2 & z_3 \end{vmatrix} = 0.$$

En définitive :

Nous retiendrons que « **l'annulation d'un déterminant d'ordre 3 caractérise l'alignement de trois points du plan projectif, dont les coordonnées sont justement les colonnes (ou lignes) de ce déterminant** ».

- Propriété 7 : Concourante de trois droites du plan projectif π

Considérons trois droites d_1 , d_2 et d_3 du plan π (d'équation $z = 1$). Posons $d_1 \equiv a_1x + b_1y + c_1z = 0$, $d_2 \equiv a_2x + b_2y + c_2z = 0$ et $d_3 \equiv a_3x + b_3y + c_3z = 0$. Ces trois droites ont donc un unique point commun. Par conséquent, le système :

$$\begin{cases} a_1x + b_1y + c_1z = 0 \\ a_2x + b_2y + c_2z = 0 \\ a_3x + b_3y + c_3z = 0 \end{cases}$$

est compatible. D'après la synthèse structurée établie lors de la résolution et de la discussion d'un système linéaire du

type 3×2 , on conclut que le déterminant du système précédent est nul. Par suite, on a : $\begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} = 0$. Ou encore :

$$\begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{vmatrix} = 0 \text{ (en vertu des propriétés algébriques des déterminants).}$$

On en déduit que « **l'annulation d'un déterminant d'ordre 3 caractérise aussi la concourante de trois droites du plan π** »

On a une nouvelle propriété relevant de la *dualité projective* : « les trois droites du plan sont concourantes » est donc la proposition duale de la proposition : « Les trois points du plan projectif sont alignés ». Toutes deux sont caractérisées par le même critère algébrique, à savoir l'annulation d'un déterminant d'ordre 3.

5 CONCLUSION

De tout ce qui précède, il ressort clairement qu'en dehors de la dualité établie en cristallographie (pour laquelle nous n'avons pas établi explicitement le rapport avec la dualité algébrique), toutes les formes de dualités mathématiques

évoquées dans ce travail peuvent se ramener d'une façon ou d'une autre à la dualité algébrique évoquée dans le cadre des espaces vectoriels. Nous avons, en effet, clairement établi que chacun des espaces ou chacune des structures mathématiques sur lesquels était établie la notion de dualité pouvait, au prix d'une construction structurale plus ou moins évidente (selon le cas), être muni d'une structure d'espace vectoriel. Comme nous l'avons postulé au début du présent travail, la dualité algébrique est donc bien la forme de dualité qui fédère, unifie, généralise et simplifie toutes les autres formes de dualité étudiées en mathématiques.

REFERENCES

- [1] DICTIONNAIRE (1981). *Le Petit Robert*, Dictionnaire Le Robert, Paris.
- [2] DIEUDONNE J. (1977). *Panorama des mathématiques pures : le choix bourbachique*, Bordas, Paris.
- [3] DE VLEESCHOUWER M. (2010). *Enseignement à l'université, perspective institutionnelle et contrat didactique. Le cas de la dualité en algèbre linéaire*. Thèse de doctorat en Sciences, orientation : didactique des mathématiques, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix de Namur (Belgique).
- [4] KEIL J. (1975). *Géométrie analytique plane : exposé moderne*, La Procure, Bruxelles.
- [5] LEHMANN D. (1988). *Invitation à la géométrie*, PUF, Paris.
- [6] QUEYSANNE M. (1968). *Algèbre MP et Spéciales AA'*, Armand Colin, Paris.

Access Control Model for Data Stored on Cloud Computing

Adnan Ahmad Malik¹, Bilal Hussain², and Syed Ozair Hussain Kazmi¹

¹Computer Science, CS Department University of Agriculture Faisalabad, Punjab, Pakistan

²Computer Science, CS Department GC University Faisalabad, Punjab, 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: Cloud Computing (CC) is a internet based computing technology having shared scalable infrastructure that can be used as service by users. Simply CC can be referred as hardware & software deliverable using internet that is also as a service. An outstanding innovation & technology getting popular due to lower-cost, flexibility and scalability as per user's requirement. Regardless of its popularity large organizations, enterprises are reluctant to move on cloud computing due to its security issues, especially user's data security. Organizations have expressed concern over data security as their confidential and sensitive data needs to be stored by service provider at any location globally, that's why security can't be compromised at all. CC has different security issues at different levels like software security, platform security, infrastructure security etc. This research shall take a review and to focus on user's data security i.e. data storage security issues and how to minimize unauthorized access to data, then available solutions will be presented and an access control model will be suggested. It'll help the reluctant users to easily decide to shift on cloud while understanding the risks associated with CC.

KEYWORDS: Access Control Model, Cloud Computing, Data Security, Infrastructure Security, Organization's Data, Platform Security, Unauthorized Access.

1 INTRODUCTION

Cloud computing is promising solution for accessing and using resources over internet. It's powerful and processing and storage solution which is provided on-demand. Cloud provides services to users and has the ability being scalable and reliable. It scales it's and improve its capacity by adding more hardware as per need, which allows to deal the growling need of cloud day by day. User can access his own or hosted data and applications from anywhere in the world. Resources in cloud are shared among many users. These recourses are provided as service on an need bases, as the resources increase when user wants more and decreases when need it less.

In cloud computing, we can get services from geographically spread the sources, instead of from remotely available server. There is no pet definition of cloud computing, but we can say that it is a collection of geographically spread servers known as master computer, offering the demanded services to end-user as and when required on pay per use policy. There are mainly three kinds of services provided by cloud which are SaaS, IaaS, and Paas Amazon EC2 bright is a bright example of cloud computing. Cloud has changed the concept of software development style, as it has become more web centric. Many companies are providing cloud service, currently some prominent are Google corporation, International Business Machines (IBM), M.S (Microsoft), Amazon Inc., Virtual Machine (VM)ware & EMC.

In cloud computing, we can get services from geographically spread the sources, instead of from remotely available server. There is no pet definition of cloud computing, but we can say that it is a collection of geographically spread servers known as master computer, offering the demanded services to end-user as and when required on pay per use policy. There are mainly three kinds of services provided by cloud which are SaaS, IaaS, and Paas Amazon EC2 bright is a bright example of cloud computing.



Fig.1. Cloud Computing

NIST - National institute of standard and technology describes the cloud computing as “a model for enabling ubiquitous, convenient, on-demand network access to shared pool of configurable computing resources (e.g. networks server, storage applications. And services) that can be rapidly provisioned and released with minimal management effort or service provider interaction” [1]. The cloud is being seen as important and vital in the IT industry as time goes on and will impact more on information technology for the society. Cloud infrastructure is mainly relay on deliverable service those are based on servers with different levels of virtualization technology.

2 ACCESS CONTROL MODEL

An access control model (ACM) is a collection of components & methods which determines the legitimacy of user activities by the legitimate users based upon pre- configured access permissions and privileges described in the access security policy [2]. The fundamental goal of any access control model is to restrict a user exactly where he should be able to perform normal activities and protect information from unauthorized access.

There is a vast variety of methods, models, technologies and administrative capabilities used to propose and design access control model. Thus each access control model has its own attributes, methods and functions, which derive from either a policy or a set of policies. Cloud computing is a shared & open environment, which has its own characteristics and features such as on-demand services, mobility, multi-tenancy, and ubiquitous. Thus, cloud service providers need a powered access control model for controlling entrance to their resources with the ability to monitor precisely who accesses them. They should have the ability to deal with dynamic and random behaviors of cloud consumers, heterogeneity and diversity of services.

2.1 WHY CONVENTIONAL ACMS CAN'T BE USED

There are certain reasons exist, some of them are listed below.

- Cloud is very complex and sophisticated due to the dynamic nature of the cloud's resources [3].
- Entities those are cloud based are likely to reside in varied trusted domains and may be located in different countries that have various rules and regulations. Thus, they may not trust each other as per requirement [4].
- Conventional access control models in cloud would suffer from the lack of flexibility in attribute management and scalability.
- Heterogeneity, ubiquitous and variety of services [5].
- Diversity or variety of access control policies and various access control interfaces can cause improper interoperability [6].
- Dealing with a large number of users, different classification, high dynamic performance, mobility features and changes in high frequency is part of cloud [7].
- Different access permissions to a same cloud user, and giving him/her ability to use multiple services with regard to authentication and login time [7],[8].
- Sharing of resources among potentially untrusted tenants, multi-tenancy and virtualization, mechanisms which helps to support transfer customers' credentials across layers to access services and resources are crucial aspects in any access control model that is going to be deployed in cloud computing [9].

3 MANDATORY ACCESS CONTROL MODEL (MAC)

Mandatory Access Control (MAC) model, a central authority-in command for giving access decisions to a subject that request access to objects or information in objects. In order to secure access to objects and the information that flows between objects, MAC assigns an access class to each subject and object in system. An access class is a security level that is used to secure the flow of information between objects and subjects with dominance relationship. Object classifications are security labels that are used to classify objects based upon the sensitivity of information they have. Subject clearances are security levels used to reflect the trustworthiness or rules of subjects. The early formula and most well-known relationships were proposed by Bell and LaPadula in 1973. This model is also known as multilevel security and uses only two properties no-read-up and no-write-down properties.

The Belle-LaPadula model has concentrated on securing and controlling data flow, but protecting the confidentiality in a system is not the only goal in securing information. Hence, Biba (1977) used the same principles utilized by BelleLaPadula model to propose a model for protecting the integrity of objects. Although the mandatory access control model provides protection against information flow and indirect information leakages, it does not guarantee complete secrecy of the information either in the BelleLaPadula model or the Biba model both are vulnerable. For example, any un classified subject can write into top secret objects, and could cause improper modifications to objects and violate their integrity.

In fact, this model is very expensive and difficult to deploy and does not support separation of duties, least privileges, and delegation or inheritance principles. Dynamic activation of access rights for certain tasks is not supported in this model. Moreover, it does not support time and location constraints. It needs a precise management system for dealing with system components that reside either inside or outside of the model. For instance, processes and libraries are considered as trusted components, but sometimes they need to break MAC principles. Thus, they might need to reside outside of the MAC model. Furthermore, over classify subjects or objects can happen in it.

The BLP still does not deal with the creation or destruction of subjects or objects. Security labels are not flexible and convenient for task execution. MAC requires a central authority to determine what information should be made accessible and by whom. For example, a manager might want to access information about a staff member, but s/he should not be able to have full access to the members file, as s/he could access and reveal sensitive information of member such as bank account details. As cloud computing is going to use current web applications to deliver their services to users, MAC has to deal with a lack of sophisticated semantic models, which represent and communicate privileges and constraints that are provided via access control policies[9]

4 DISCRETIONARY ACCESS CONTROL MODEL (DAC)

The Discretionary Access Control (DAC) model, grants the owners of objects the ability to restrict access to their objects, or information in the objects based upon user identity or a membership in certain group. DAC model is generally less secure than mandatory access control model i.e. $DAC < MAC$ secure, so it is used in environments that do not require a high level of protection. However, DAC is the most used model in commercial operating systems such as UNIX and Windows-based platforms because it is more flexible and easier to be utilized than other models. There are two ways to implement a discretionary access control (DAC) model, this can be achieved via identity based access control or by means of an access control matrix (Access Control List (ACL)) or capabilities) [4].

The DAC depends on allowing owners of the objects to control access permissions to objects, yet it has many drawbacks when it is utilized in cloud. For instance, there is no mechanism or method to facilitate the management of improper rights (e.g. risk awareness), which owners of objects can give to users. Occasionally users are required to use privileges that reveal information about objects to third parties. For instance, a user can only read a file in a company, and then s/he can copy file contents to another file in order to pass it to another user. The DAC have not the ability to control information flow or deal with Trojan horses that can inherit access permissions [8], [10].

On the other side, a user may pass their rights to another user, and that can violate the integrity and confidentiality of objects. Finally, it cannot be scaled enough for cloud computing.

5 ROLE BASED ACCESS CONTROL MODEL (RBAC)

Role-based access control (RBAC) is considered as a natural way to control access to resources in organizations, enterprises, firms. The motivation behind RBAC comes from considering "a subject's responsibility is more important than

whom the subject is about” [9] In the RBAC model, a subject can have more than one role or be a member of many groups. For example, an employee within an organization can be a member in secretaries group and employees group [10].

Task-Role Based Access Control (T-RBAC) model is another access control approach that has been proposed, that is based upon the RBAC model (Oh and Park, 2003). However, it assigns permissions to tasks instead of roles. Users in this model are assigned roles, which are assigned tasks that have permissions relevant to it. It uses the workflow authorization model for synchronizing workflow with authorization flow work together. The scheme has used tasks to support active access control and roles to support passive access control.

The RBAC model has many advantages compared to, DAC and MAC models, yet it has its own difficulties and problems, issues when it is deployed in the real-world. Firstly, picking the right roles that represent a system is not an easy task to do and dividing subjects into categories based upon roles might make things worse [11].

Roles in the RBAC model, classify subjects in a number of possible categories; thus each subject has to have a role in order to access the system. Despite that, roles can give a subject more rights than s/he necessarily needs to have, with a possibility of having another role which could lead to the violation of the access security policy.

It fails to handle these issues:

- It does not provide any kind of sensitivity level to the information. For example some information is more sensitive than others such as the medical history in a patient file.
- Relationships are defined according to identities not just roles such as the doctor patient relationship. E.g. a paediatric doctor should not be allowed to access a patient file in the psychology department of hospital.
- It does not support the delegation principle, which is a need in organization for dealing with absences of their staff. Furthermore, it does not consider the time and location constraints, which are utilized for restricting access to system files and minimizing the probability of information leakage. It also fails to deal with dynamic and random behaviors of users.
- It does not support active responsibilities of staff as it does not separate tasks from roles. Moreover, dynamic activation of access rights for certain tasks is not supported.
- The RBAC has to deal with a lack of sophisticated semantic models to represent and communication privileges. For instance, a doctor in a remote area might not be able to access the system via cloud computing due to lack of syntactic and semantic support. It also has to deal with a semantic gap between the user authentication mechanisms and the authorization mechanisms.
- In cloud computing, there is a large demand for testing and verifying access control functions, which are considered as static tests. There are also other dynamic compliance functions that can be used as support functions; for example reporting alerting privileges or conflict of rules and monitor the system current states. For instance, a doctor who has full access to patients’ files in his/her department should not be allowed to move, copy them to another place or even access them from home should be restricted [12].
- Before utilizing the RBAC in cloud computing, it has to assure granting access decisions in a reasonable time and according to system requirements. For example, the response time is critical in many applications such as a health care system. A consultant away from a hospital needs to access the system in a timely manner, disregarding a number of access requests to the RBAC and distance.
- Any critical infrastructure service provider who aims to migrate to the cloud, with thousands of users, hundreds of roles, and millions of permissions face a tremendous task that cannot realistically be centralized by a small team of security administrators that makes it so difficult to migrate [14].

In a health care system, there is always a sequence of operations will need to be controlled. For example, a doctor in order to give a patient the right treatments, s/he needs to check the patient’s physical conditions, look at the patient’s medical history and asks for tests or scans. S/he might ask for help from another doctor or transfer some information to another hospital. Each one of the last operations needs a different set of permissions. Thus, the RBAC may not be able to ensure access for a continue of operations in cloud computing.

6 ATTRIBUTE BASED ACCESS CONTROL MODEL (ABAC)

The Attribute Based Access Control (ABAC) model relies on a set of attributes associated with a requester or a resource to be accessed in order to make access decisions. There are many ways to define or use attributes in this model. An attribute can be a user’s work start date, a location of a user, a role of a user or all of them. Attributes may or may not be related to

each other [4]. After defining attributes that are used in the system, each attribute is considered as a discrete value, and values of all attributes are compared against set of values by a policy or decision making point to grant or deny access [15].

These kinds of models are also known as either Policy-Based Access Control (PBAC) or Claims Based Access Control (CBAC). Moreover, a subject does not have to be known in advance to the system, it just needs to authenticate itself to the system then provide its attributes simply. However, reaching an agreement about what kind of attributes should be used, and how many attributes are take into account for making access decisions is a complex task in cloud computing environment. This model has not been presented and implemented for well-known operating systems [6],[7].

Proposing a security policy that can work accurately with this kind of access control model is essential, because the security policy is responsible for selecting the important attributes that are used to make access decisions.

7 RISK-BASED ACCESS CONTROL MODEL (RBAC)

Risk-Based Access Control model was proposed to deal with multinational organizations that face various kinds of policies and regulations. This model strives to use different kinds of risk levels with environmental conditions and use the principle of “operational need” in order to make access decisions. In Quantified Risk Adaptive Access Control (QRAAC), risk is calculated as $risk = \frac{1}{V} * P$, where V is the information value that reflects the sensitivity level of the resource, and P is the probability of unauthorized disclosure, which reflects the responsibility of the user. The security policy in this model is dynamic; it is changed according to a variety of risk levels stated in the security policy [12],14].

However, this model is difficult to deploy in cloud because of the amount of analysis required and number of systems to be merged to compute risk levels. It needs expertise level that can deal with the model. Finally, security policies and environmental conditions need to be standardized as they play a crucial role on making access decisions [6].

8 ARCHITECTURE OF PROPOSED ACCESS CONTROL MODEL FOR CLOUD

Based on the analysis of the research carried out in the area, the architecture for the access control model in cloud computing environments is shown in the Figure

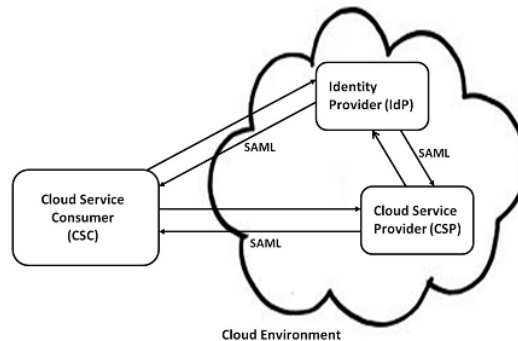


Fig. 2. Architecture of Access Control Model for Cloud

- Cloud Service Consumer (CSC)
- Cloud Service Provider (CSP)
- Identity Provider (IdP).

8.1 CLOUD SERVICE CONSUMER (CSC)

Cloud Service Consumer (CSC) put forward the request for the required resources or services hosted by the Cloud Service Providers (CSPs). Proper authentication of the CSC is necessary to ensure that unauthorized users can not access the services from the CSPs. The cloud users may subscribe to a variety of services depending on their organizational structure and requirements and normally they are charged based on a as pay-per-use model. The main functional modules/components of the Cloud Service Consumer (CSC) component are

- Trust Provider (TP)
- Access Control Request Handler (ACRH)
- Identity Provider Selector (IdPS)

8.1.1 TRUST PROVIDER (TP)

Cloud Computing involves multi-domain environments and the trust is an important part which needs to be built between the service provider and service consumers. The mutual trust between the service provider and service consumers and also between the providers of various services and the identity providers has core importance especially in the case of distributed systems like cloud computing or other computing service. This module also takes into account the trust values or information of the entity from other Trusted Third Parties (TTP).

8.1.2 ACCESS CONTROL REQUEST HANDLER (ACRH)

This module deals with the access requests when the CSC tries to access the services hosted by the service provider. It also then establish contact with the Identity Provider Selector (IdPS) module so that the Identity Provider (IdP) could be selected to meet the identity management requirements for the communication between the entities.

8.1.3 IDENTITY PROVIDER SELECTOR (IDPS)

The service consumer must has to select a suitable Identity Provider (IdP) in order to get the identification token, so that it can be used to access the various services hosted by the Cloud Service Providers (CSP).

8.2 CLOUD SERVICE PROVIDER (CSP)

The Cloud Service Provider hosts and provides a variety of services and/or resources for the service consumers. In order to avoid unlawful or unauthorized access, proper authentication and authorization of the CSCs are compulsory at every stage of access. The cloud computing enables the service providers to present many services such as Software-as-a-Service (SaaS), Platform-as-a-Service (PaaS), and Infrastructure-as-a-Service (IaaS). In SaaS service, the softwares can be used by the user without actually purchasing or installing the required software on the user's computer. For example Google Apps. In PaaS service, the development platform provided from the cloud service providers and the users can use that platform to design and develop cloud-based applications. e.g. Google App Engine. In IaaS service, the computing infrastructure like CPU/processor cycles, storage space etc. are provided by the service providers and the users can utilize these resources as per their resource requirements. For example Amazon S3, Elastic Cloud (EC2) etc. In order to gain effective interaction between various service domains and user domains, the service providers wil support the identity federation by integrating the security tokens using standards such as SAML or OpenID generated by the Identity Providers.

The major different modules of the Cloud Service Provider (CSP) are given below

- Authentication (AuthnN)
- Authorization (AuthzZ)
- Policy Conflict Manager (PCM)
- Identity Provider Selector (IdPS) and
- Trust Provider (TP)

8.2.1 AUTHENTICATION (AUTHN)

This module verifies the identity of the requestor by interacting with the identity provider component by using identity tokens such as SAML assertions. The CSP has many IdPs enlisted in its trusted domain. The CSP and the CSC agree on a specific IdP for subsequent interaction between them.

8.2.2 AUTHORIZATION (AUTHZ)

This module verifies the access rights of all cloud service consumer (CSC) and initialize the Policy Enforcement Point (PEP) and the Policy Decision Point (PDP) components. PEP contacts with PDP for validity of the access request. PDP accesses the local policy database stored alongwith the CSP. PDP also contacts with the Policy Conflict Manager (PCM) model to solve the

policy conflicts, come out of various users trying to access different resources in an organization at the same time. Proper break-glass mechanism needed to be implemented with the PDP in order to handle emergency access requests. The decision made by the PDP is implemented properly by the PEP.

8.2.3 POLICY CONFLICT MANAGER (PCM)

In order to satisfy any access request by any of the cloud user, the access control mechanism has to make sure that the organizational rules and security policies are enforced thoroughly & properly. Policy conflicts, faced by the various access requirements and made by different users are handled by this module before taking any final access decision.

8.2.4 IDENTITY PROVIDER SELECTOR (IDPS)

The role of identity provider selector module in the CSP is to select the trusted IdPs in its domain. IdPS interacts with the trust provider model to get the current trust value of different IdPs. This module do interacts with client or CSC to determine the IdP to select it for authenticating the user before accessing the services hosted on the cloud server, and then selection is based on various factors such as the type of the service requested and preference of user for security and privacy. CSP contacts with the identity provider for authentication of the cloud user.

8.2.5 TRUST PROVIDER (TP)

The role of trust provider module at the cloud service provider (CSP) is to calculate the trust value of cloud service consumers based upon different parameters such as the previous experience with the customer & the current repo value collected from other trusted third parties (TTP). This module also find out the trust values associated with the different identity providers again based on the aforesaid mentioned factors to decide upon the identity providers to be selected as truthful. This trust calculation should adopt dynamic mechanisms as the trust values of a variety of entities change from time to time during transactions.

8.3 IDENTITY PROVIDER (IDP)

In Cloud Computing, a user or an organization may subscribe to services from multiple service providers in order to meet the resource requirements. This scenario underlines the urgent requirement for the proper identity management in cloud computing. Federated identity management approach (like Single Sign-On authentication) is required for the current cloud computing scenario. The cloud users in a cloud federation are not required to use multiple credentials each one for every cloud service provider or service they subscribe to. The CSCs can use the identity tokens generated by the Identity Provider (Ping Identity, Symplified etc.). The users exchange the security tokens (normally SAML assertions) generated by the Identity Provider with various Cloud Service Providers in the federation.

8.4 WORKFLOW MODEL FOR THE ACCESS CONTROL IN CLOUD ENVIRONMENTS

The model of workflow for the access control in cloud computing environments is shown in the Figure 3. It is shown in the figure the different steps performed by the CSCs, CSPs and the IdPs during the contact are given below

- A cloud service consumer i.e. (CSC) wants to access and use the service hosted by the cloud service provider and initiates the access request.
- In the first step dynamic trust value of the CSP is calculated by the CSC which is based on the previous transaction performed and the information provided by the trusted third parties (TTP).

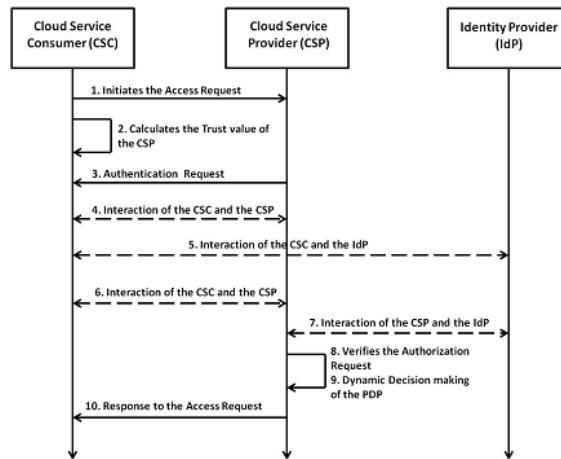


Fig. 3. Workflow Model for the Access Control in Cloud Environment

- The authentication request is sent to CSC by the CSP.
- The CSC communicates with the CSP to decide the suitable IdP based on the type of service request and the security’s preferences. It is assumed that the cloud service provider (CSP) selects the IdPs in which is available in its trusted domain relying on the trust values of different IdPs, and also based on the previous history of communication and, the trust and/or reputation value provided by other trusted entities.
- The CSC then communicates with the selected IdP to get the security tokens (e.g. SAML assertions).
- The CSC then contacts with the CSP, using the tokens issued in the step (v) by the IdP.
- CSP verifies and run the authentication process of the CSC by interacting with the IdP.
- Authorization request is handled by the PEP & PDP modules of the CSP.
- PDP decides whether the request could be allowed, by contacting the local policy storage database. It also considers the policy conflict management, dynamic trust management of the CSC and the proper break-glass mechanism for dealing with the user requests.
- The response to the access request is communicated to the CSC.

9 ANALYSIS AND RESULTS

As far as the confidentiality and privacy of the cloud computing scenario is concerned, Distributed Access Control is an issue which needs the proper design and deployment of its solutions. Dynamic trust management of various cloud service providers and cloud consumers requires further research and effective solutions. Protecting the privacy of the various cloud consumers is of paramount importance in the widespread acceptance of the cloud computing paradigm.

The analysis of the work carried out in this area reveals that most of the works do not give effective approaches for the dynamic policy conflict management, and hence needs to be explored further. Also, efficient break-glass mechanism should be associated with the authorization process to deal with the emergency access needs in the cloud environments, while developing an efficient, reliable and scalable access control mechanism.

10 CONCLUSION

The security issue is the biggest barrier when promote and apply the cloud computing technologies on a large-scale. Yet cloud computing security related researches are still at the initial stage. In cloud computing the users’ data are stored in the clouds, the confidentiality of the data is facing great challenge. As the key technology of information security, the technology of access control is an important mechanism for privacy protection in cloud computing, and it is also an important approach to avoid the data in the clouds being illegally accessed, distorted and used. With the popularization of cloud computing, people’s attention to the confidentiality of data will be continually enhanced, and the researches in this field will get more and more intensive.

ACKNOWLEDGEMENT

The work presented in this manuscript is accomplished under the sympathetic attitude, animate directions, observant pursuit, scholarly criticism, cheering perspective and enlightened supervision of **Mr. NayyarIqbal, Lecturer Department of Computer Science University of Agriculture, Faisalabad**. His effort towards the inculcation of spirit of handwork and maintenance of professional integrity besides other valuable suggestions always serves as a beacon light through the course of my life.

REFERENCES

- [1] Peter Mell, and Tim Grance, "The NIST Definition of Cloud Computing," Version 15, 10709, <http://www.wheresmyserver.co.nz/storage/media/faq-files/cloud-def-v15.pdf>.
- [2] Yonghe Wei, Chunjing Shi, Weiping Shao, "An Attribute and Role based Access Control Model for Service-Oriented Environment", in Proc. Chinese Control and Decision Conference, 2010, pp. 4451-4455
- [3] Chang. N. Zang, Cungang Yang, "An Object-Oriented RBAC Model for Distributed System", in Proc. Working IEEE/IFIP Conference on Software Architecture, 2001, pp. 24-32.
- [4] J.-C. Birget, X. Zou, G. Noubir, B. Ramamurthy, "Hierarchy-Based Access Control in Distributed Environments", in Proc. IEEE International Conference on Communication, 2001, vol.1, pp. 229-233.
- [5] Cungang Yang, Chang N. Zhang, "Designing Secure ECommerce with Role-based Access Control", in Proc. IEEE International Conference on E-Commerce (CEC03), 0-7695-1969-5/03, 2003.
- [6] Wei Zhou, Christoph Meinel, Vinesh H. Raja, "A Framework for Supporting Distributed Access Control Policies", in Proc. 10th IEEE Symposium on Computers and Communications, 2005.
- [7] Yuri Demchenko, Cees de Laat, "Domain Based Access Control Model for Distributed Collaborative Applications", in Proc. Second IEEE International Conference on e-Science and Grid Computing, 2006.
- [8] Bo Lang, Zhibin Wang, Qingwen Wang, "Trust Representation and Reasoning for Access Control in Large Scale Distributed Systems", in Proc. 2nd International Conference on Pervasive Computing and Applications, 2007.
- [9] Jin Wang, Daxing Li, Qiang Li, Bai Xi, "Constructing Role-Based Access Control and Delegation Based on Hierarchical IBS", in Proc. IFIP International Conference on Network and Parallel Computing-Workshops, 2007, pp. 112-118.
- [10] Clara Bertolissi, Maribel Fernandez, "An Algebraic-Functional Framework for Distributed Access Control", in Proc. Third International Conference on Risks and Security of Internet and Systems, 2008, pp. 1-8.
- [11] Fujun Feng, Chuang Lin, Dongsheng Peng, Junshan Li, "A Trust and Context Based Access Control Model for Distributed Systems", in Proc. The 10th IEEE International Conference on High Performance Computing and Communications, 2008, pp. 629-634.
- [12] Chang Chaowen, Wang Yuqiao, Liu Chen, "Analysis and Design of an Access Control Model Based on Credibility", in Proc. International Conference on Computer Engineering and Technology, 2009, pp. 312-315. Henryk Krawczyk, Pawel Lubomski, "Generalised Access Control in Hierarchical Computer Network", in Proc. 2nd International Conference on Information Technology, Gdansk, Poland, 2010, pp. 121-124.
- [13] Lingli Zhao, Shuai Liu, Junsheng Li, Haicheng Xu, Lingli Zhao, Shuai Liu, "A Dynamic Access Control model based on Trust", in Proc. 2nd Conference on Environmental Science and Information Application Technology, 2010, pp. 548-551.
- [14] Faith Turkmen, Eunjin (EJ) Jung, Bruno Crispo, "Towards Run-time Verification in Access Control", in Proc. IEEE International Symposium on Policies for Distributed Systems and Networks, 2011, pp. 25-32
- [15] Anil L. Pereira, "RBAC for High Performance Computing Systems Integration in Grid Computing and Cloud Computing", in Proc. IEEE International Symposium on Parallel & Distributed Processing, 2011, pp. 914-921.

IDENTIFICATION DES FACTEURS PHYSIOLOGIQUES CONTROLANT LE POLYPENISME PHASAIRE CHEZ LE CRIQUET MIGRATEUR

[IDENTIFICATION OF PHYSIOLOGICAL FACTORS RESPONSIBLE FOR PHASE POLYMORPHISM OF MIGRATORY LOCUST]

Amel Ben Hamouda¹⁻²⁻⁴, Mohamed Ammar², Arnold De Loof³, Abderrahmen Bouain⁴, and Mohamed Habib Ben Hamouda²

¹Laboratoire des Sciences Biologiques et Protection des Plantes, Institut Supérieur Agronomique de Chott-Mariem, Sousse, Tunisie

²Laboratoire des Bio-agresseurs et Protection Intégrée en Agriculture, Institut National Agronomique de Tunis, Tunisie

³Laboratory for Developmental Physiology, Genomics and Proteomics, Zoological Institute, Leuven, Belgium

⁴Laboratoire des Sciences de la Vie, Faculté des Sciences de Sfax, Tunisie

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 gregarization in the migratory locust, *Locusta migratoria* and its trans-generational characteristic were controlled by the maternal gregarizing factor which secreted in the egg pod foam by the female's accessory glands. The comparison by SDS-PAGE of the contents of these glands showed the presence of a supplementary proteic band specific of gregarious phase with a molecular weight 30 KDa, absent in the solitary phase. The synthesis of the maternal gregarization factor was determined in gregarious accessory glands under the control of another factor, obtained by SDS-PAGE in the haemolymph of gregarious females. The trans-generational specificity of the maternal gregarizing factor was revealed in the presence in gregarious oocytes of a protein band of the same molecular weight (30 KDa) as that observed in the accessory glands. Analysis of gregarious egg pod foam by Thin Layer Chromatography showed the presence of a supplementary spot. No solitary phase specific spots were obtained in solitary foam matter. In gregarious eggs, a proteic band of molecular weight 263 KDa exists throughout the first 6 days of embryonic life. It disappeared since the first day in solitary phase. Gregarious hatchlings also showed a difference in the proteins content of their haemolymph; a proteic band of molecular weight of 66 KDa was observed in gregarious phase, absent in solitary one. These results prove that gregarious egg pod foam represents a physiological transporter of the maternal gregarizing factor from the female accessory glands to oocytes.

KEYWORDS: Maternal gregarizing factor, phase polymorphism, *Locusta migratoria*.

RÉSUMÉ: La grégarisation chez le criquet migrateur, *Locusta migratoria* et son attribut trans-générationnel sont contrôlés par la substance femelle de grégarisation (SFG) sécrétée par les glandes accessoires femelles au niveau de la matière spumeuse. La comparaison du contenu de ces glandes par la technique d'électrophorèse sur polyacrylamide (SDS-PAGE) a montré la présence d'une bande protéique différentielle (30 KDa) spécifique de la phase grégaire et absente chez la phase solitaire. La synthèse de cette substance, déterminée au niveau des glandes accessoires grégaires est sous le contrôle d'un autre facteur, décelé par SDS-PAGE au niveau de l'hémolymph des femelles grégaires. La spécificité trans-générationnelle de la SFG se révèle par la présence au niveau des ovocytes grégaires de la même bande protéique (30 KDa) observée au niveau des glandes accessoires. L'analyse de la matière spumeuse grégaire par chromatographie sur couche mine a montrée la présence d'un spot supplémentaire, absent au niveau de la matière spumeuse solitaire. Au niveau des œufs grégaires, une bande protéique (263 KDa) existe tout au long des 6 premiers jours de la vie embryonnaire, mais qui disparaît après la ponte au

niveau des œufs solitaires. Les larves du premier stade grégaires présentent aussi une différence au niveau des protéines de l'hémolymphe avec une bande protéique de 66 KDa chez les larves grégaires, absente chez leurs congénères solitaires. Ainsi, la matière spumeuse grégaire joue le rôle de transporteur physiologique de la SFG des glandes accessoires vers les ovocytes.

MOTS-CLEFS: Substance femelle de grégatisation, polymorphisme phasaire, *Locusta migratoria*.

1 INTRODUCTION

La réponse des acridiens au regroupement est observée par un changement rapide du comportement et se termine par des réponses durables de nature morphologiques et/ou chromatiques [1], [2], [3], [4], [5]. La propriété commune des effets à court et à long terme c'est qu'ils sont gradués, dépendant non seulement de la densité mais aussi de la durée et du statut phasaire des générations maternelles [6]. Ces changements phasaires sont l'expression des modifications de nature endocrinologique. Il y a longtemps que des progrès ont été déployés afin d'identifier les marqueurs moléculaires intervenant dans la transition phasaire [7]. Dès 1921 pour *Locusta migratoria* et 1966 et 1977 dans le cas de *Schistocerca gregaria*, que Boris Uvarov a suggéré que le polyphénisme phasaire est basé sur les différences de l'expression des gènes spécifiques qui se reflètent par des différences de nature protéique [1], [2], [8]. C'est ainsi que depuis 2001, Moumène et ses collaborateurs [9] ont pu déterminer la présence d'un composé à effet grégarisant au niveau de la matière spumeuse grégaire de *S. gregaria*.

Les travaux de recherche effectués sur *S. gregaria* [10], relatifs au rôle joué par les glandes accessoires femelles dans le phénomène de la transformation phasaire ont montré la présence au niveau de ces glandes d'un composé à effet grégarisant. C'est un agent de nature protéique et de masse moléculaire comprise entre 45 et 50 KDa. Un des facteurs moléculaires les plus importants dans la transition phasaire qui a été identifié avant la création de la base de données « EST » est celui dont la masse moléculaire est de 6080 Da, désigné provisoirement par « phase-related peptide » (PRP). Ce peptide a été découvert par comparaison de l'hémolymphe des femelles grégaires et solitaires de *S. gregaria*. Il est présent à forte concentration au niveau de l'hémolymphe et des œufs issus des femelles grégaires. Ainsi, nous allons procéder dans cette étude à identifier les facteurs spécifiques de la différence de phase par diverses techniques biochimiques chez le criquet migrateur *L. migratoria*.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 LES CRIQUETS

Le criquet migrateur *Locusta migratoria* est soumis à deux types d'élevage, un élevage de masse pour l'obtention d'individus grégaires et un élevage d'isolement pour l'obtention d'individus solitaires.

Pour l'élevage de masse, il est maintenu dans des cages grillagées de dimension 40 × 40 × 50 cm à raison de 150 individus en moyenne par cage afin de maintenir l'état grégaire. Ces individus sont soumis à une photopériode de 12 heures, une température de l'ordre de 30 ± 2 °C et une humidité relative de 50 %.

Alors que pour l'élevage d'isolement, il est maintenu dans de petits gobelets en plastique pour les larves et des boîtes en plastique de dimension 21.5 × 14.5 × 10.5 cm pour les adultes. Ces individus se trouvent sous des conditions de thermo-photopériode identiques à celles utilisées pour les individus grégaires. On introduit dans chaque gobelet un bâtonnet pour que la larve puisse se percher afin de muer dans une position normale. Chaque boîte renferme un adulte et on place dans chaque gobelet une larve. L'introduction du mâle dans les boîtes des femelles s'effectue pendant quelques jours pour assurer l'accouplement.

Ces insectes sont alimentés journalièrement par des feuilles fraîches de kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) et de sorgho fourrager (*Sorghum vulgare*). L'alimentation est enrichie par l'ajout de son de blé comme source de protéines. Le substrat de ponte est composé par ⅔ de tourbe et ⅓ de sable stériles. Les pondoirs sont renouvelés chaque jour, incubés dans une étuve réglée à 30 °C et humidifiés quotidiennement.

2.2 PRÉPARATION DES EXTRAITS

2.2.1 DES GLANDES ACCESSOIRES FEMELLES

Les femelles destinées à la dissection sont prises juste avant la ponte. A cette période, les glandes accessoires sont en pleine activité sécrétoire. Sous loupe binoculaire et dans une solution de liquide physiologique de Ringer (9.82 g/L NaCl, 0.32 g/L CaCl₂, 0.48 g/L KCl, 0.73 g/L MgCl₂, 0.25 g/L NaHCO₃, et 0.19 g/L NaH₂PO₄, pH=6.5) [11], on pratique une ouverture longitudinale sur la face dorsale de l'abdomen depuis le thorax jusqu'à l'extrémité terminale de l'abdomen. Les deux glandes accessoires sont des expansions antérieures des oviductes. De teinte légèrement rosée, elles sont beaucoup plus plissées que les oviductes. Elles sont alors coupées à l'aide de pinces très fines et sont soit prises en totalité soit seulement leur contenu est utilisé. Dans le premier cas, elles sont immergées en totalité dans du Tris pH = 6.8 à raison de 20 glandes/0.5 ml et broyées. Ensuite, l'extrait est soumis au sonificateur à bain pendant 2min afin d'assurer la rupture des cellules de la paroi des glandes accessoires et centrifugée à 6000 g durant 20 min à 4 °C. Dans le deuxième cas, elles sont perforées et seulement leur contenu est récupéré dans du Tris. Pour l'analyse peptidique par HPLC, les glandes accessoires des femelles grégaires et solitaires sont recueillies dans une solution de méthanol/eau/acide acétique (v/v/v ; 90/9/1). Les solutions sont mises au sonificateur 5 fois pendant 1 min. Après centrifugation à 10000 g pendant 10 min, le surnageant est séché à l'aide d'un centrifugeur sous vide (SpeedVac Concentrator SVC200H, Savant) [11].

2.2.2 DE L'HÉMOLYPHE

20 µl d'hémolymphes des femelles grégaires et solitaires ont été recueillies moyennant un tube capillaire en verre par ponction de l'abdomen après avoir introduit une aiguille au niveau du point d'insertion du fémur au niveau de l'abdomen. Chaque 20 µl est collecté dans 80 µl de tampon d'extraction (0.1 M Tris-HCl (pH = 8.5) contenant 0.25 M NaCl, 0.1% Triton-X 100) dans de la glace. Alors que dans le cas des larves du premier stade, le contenu de chaque larve est utilisé directement sans être dilué dans le tampon puisque le volume total de l'hémolymphes n'excède pas 2 µl. Pour l'analyse peptidique par HPLC, un volume de 20 µl d'hémolymphes de chacune des femelles grégaires et solitaires est recueilli dans 200 µl de tampon d'extraction constitué par du méthanol/eau MilliQ/acide acétique (v/v/v ; 90/9/1). Les solutions sont centrifugées à 13000 rpm pendant 5 min à 4 °C. Le surnageant est collecté et mélangé avec 400 µl d'une solution aqueuse à 0.1 % d'acide trifluoroacétique (TFA). Le méthanol est évaporé à l'aide d'un centrifugeur sous vide (SpeedVac Concentrator SVC200H, Savant). La solution aqueuse est ensuite extraite avec 200 µl d'une solution de n-hexane afin d'éliminer les lipides. Le reste des solvants est éliminé par le speedvac. Les couches aqueuses sont diluées une autre fois avec 0.1 % TFA et filtrées avec une membrane Millipore PVDF (la taille des pores est de 0.45 µm) [12].

2.2.3 DE LA MATIÈRE SPUMEUSE

Des oothèques fraîchement pondues par des femelles grégaires et solitaires ont été collectées, débarrassées du sable par un pinceau et les bouchons de la matière spumeuse qui les surmontent sont découpés, dissouts dans une solution de dichlorométhane à raison de 2 écumes/100 µl et les solutions sont filtrées afin d'éliminer le reste de la matière spumeuse non dissoute. Selon Moumène [10], ce solvant est le meilleur pour une bonne séparation de l'extrait de la matière spumeuse.

2.2.4 DES ŒUFS

Des œufs issus des femelles grégaires et solitaires sont collectés depuis le jour de la ponte jusqu'au 6^{ème} jour de la vie embryonnaire. Chaque œuf est homogénéisé dans 100 µl de tampon d'extraction (0.1 M Tris-HCl (pH = 8.5) placé dans la glace et contenant 0.25 M NaCl, 0.1 % Triton-X 100. Après centrifugation à 2000 g, le surnageant est collecté pour une utilisation ultérieure.

2.3 PROCÉDÉS EXPÉRIMENTAUX

2.3.1 DOSAGE DES PROTÉINES

Après centrifugation de l'extrait des glandes accessoires, des œufs et de l'hémolymphes à 2000 g afin d'éliminer les matériaux insolubles, le surnageant est récupéré pour le dosage des protéines. Le dosage est déterminé en utilisant « Microplate Manager 5.1, Japon ». La lecture est effectuée à 595 nm. Ce dosage est effectué en vue d'une analyse par

électrophorèse. La concentration en protéines est gardée identique au niveau des différents échantillons afin de bien comparer entre la phase grégaire et solitaire.

2.3.2 TECHNIQUE D'ELECTROPHORESE SUR GEL DE POLYACRYLAMIDE (SDS-PAGE)

20 µg de protéines sont séparés par SDS-PAGE [13]. Le gel pré-coulé (gel gradient 4-12 % Bis Tris NuPAGE, Novex, Invitrogen) est rincé dans de l'eau et placé dans l'appareil à électrophorèse (Bio-Rad Protean 32 CM system) rempli de tampon de migration « MES 1x Nupage ». Ce dernier est préparé après une dilution du tampon « MES 20x Nupage, Invitrogen » (950 ml eau ultra-pure + 50 ml MES 20X Nupage). Le marqueur SeeBlue (Novex) est utilisé pour estimer les masses moléculaires. La migration est effectuée pendant 35 min à 200 volt. Le gel est coloré au bleu de Coomassie (Coomassie Blue Staining Kit, Invitrogen: 0.1 % de Coomassie® R-250 dans 40 % éthanol et 10 % acide acétique) et les protéines sont révélées après décoloration par une solution de méthanol et d'acide acétique (Invitrogen, <http://www.invitrogen.com/site/us/en/home/References/protocols/proteins-expressionisolation-and-analysis/sds-page-protocol/one-dimensional-sds-gel-electrophoresis-of-proteins-pre-cast-gels-.html>).

2.3.3 CHROMATOGRAPHIE SUR COUCHE MINCE (CCM)

La chromatographie est une méthode physique de séparation de mélanges en leurs constituants. Elle est basée sur les différences d'affinité des substances à l'égard de deux phases, l'une stationnaire ou fixe, l'autre mobile. La chromatographie sur couche mince, ou sur plaque (CCM), est effectuée surtout en vue d'une analyse d'un mélange. La phase stationnaire solide est fixée sur une plaque et la phase mobile liquide, nommée éluant, est un solvant ou un mélange de solvants.

2.3.3.1 PRÉPARATION DE LA CUVE

Le mélange [Dichlorométhane/Hexane (v/v)], les meilleurs solvants permettant la séparation des composés de la matière spumeuse [10], est versé dans la cuve une demi-heure avant de procéder à la séparation. Le volume versé dans la cuve fait 1 cm d'hauteur. Afin de faciliter la saturation, un papier filtre imbibé d'éluant est placé dans la cuve.

2.3.3.2 PRÉPARATION DE LA PLAQUE

La phase stationnaire est constituée d'une couche mince de gel de silice d'épaisseur (0.2 mm) et de dimension (10 × 20 cm) déposée sur une plaque d'aluminium. On trace une ligne de dépôt à environ 10 mm du bord basal de la plaque. Ensuite, on dépose à l'aide d'un capillaire 5 à 6 µl de chaque extrait de la matière spumeuse grégaire et solitaire en gardant une distance d'au moins 7 à 8 mm entre chaque dépôt. Le diamètre des dépôts n'excède pas 3 mm. La plaque est séchée à l'air libre.

2.3.3.3 MIGRATION

On place la plaque dans la cuve contenant les deux solvants en ouvrant et fermant celle-ci le plus rapidement possible. On laisse diffuser la solution de Dichlorométhane/Hexane le long de la plaque. Une fois elle atteint environ 10 mm du haut de la plaque, on fait sortir cette dernière et on la fait sécher au sèche cheveux. Afin d'avoir plus de précision, une deuxième diffusion a été effectuée avec le Dichlorométhane.

2.3.3.4 REVELATION ET CALCUL DES RAPPORTS FRONTAUX

La révélation a été effectuée à l'aide d'une lampe fluorescente en absorption UV à 250 nm dans une chambre sombre. Ainsi, on procède enfin au calcul des rapports frontaux (R_f) définis pour chaque tâche comme le rapport de la distance parcourue par un dépôt sur la distance parcourue par l'éluant depuis la ligne de base :

$$R_f = \text{Distance parcourue par le composé (mesurée au centre de la tache)} / \text{Distance parcourue par le front du solvant}$$

3 RESULTATS

3.1 ETUDE COMPARATIVE PAR SDS-PAGE DES PROTÉINES DES GLANDES ACCESSOIRES DES FEMELLES GRÉGAIRES ET SOLITAIRES

L'analyse par SDS-PAGE des protéines des glandes accessoires entières, dépendantes de la différence de phases, a révélé, (Figure 1A) la présence de deux bandes: l'une est de masse moléculaire 30 KDa et caractéristique de la phase grégaire. Alors que l'autre, de masse moléculaire 17 KDa, existe seulement au niveau de la phase solitaire.

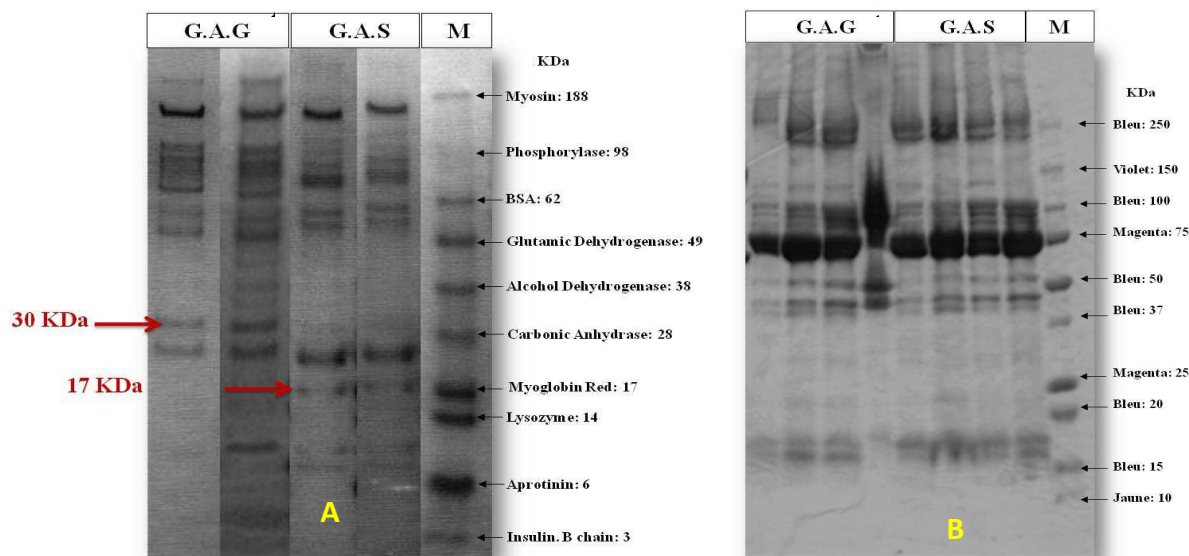


Fig 1. Gels SDS-PAGE 4-12% des protéines des glandes accessoires des femelles grégaires et solitaires. A : extrait des glandes accessoires entières ; B : extrait du contenu des glandes accessoires ; G.A.G : glandes accessoires grégaires ; G.A.S : glandes accessoires solitaires ; M : marqueur de taille (M (A) See Blue; M (B) Kaléidoscope). Les quantités de chaque échantillon chargées dans chaque puits sont respectivement de gauche à droite 5, 10, 5, 5 et 5µl dans le cas de A et 5, 10, 10, 10, 5, 10, 10, 10 et 5µl dans le cas de B. Les flèches rouges indiquent les bandes différentielles.

L'analyse des extraits du contenu des glandes accessoires après ponction de la membrane n'a pas montré de différences au niveau du contenu protéique (Figure 1B). Ces résultats montrent que les protéines, liées à la différence phasaire, sont de nature membranaire puisque seulement le profil électrophorétique des extraits des glandes accessoires entières (Figure 1A) a indiqué la présence de protéines différentielles.

3.2 ETUDE COMPARATIVE PAR SDS-PAGE DES PROTÉINES DE L'HÉMOLYMPHE DES FEMELLES GRÉGAIRES ET SOLITAIRES

L'analyse électrophorétique de l'hémolymphe des femelles grégaires et solitaires, après révélation par le bleu de coomassie, a mis en évidence la présence d'une bande différentielle de masse moléculaire 22 KDa présente au niveau de l'hémolymphe des femelles grégaires et absente chez leurs congénères solitaires (Figure 2).

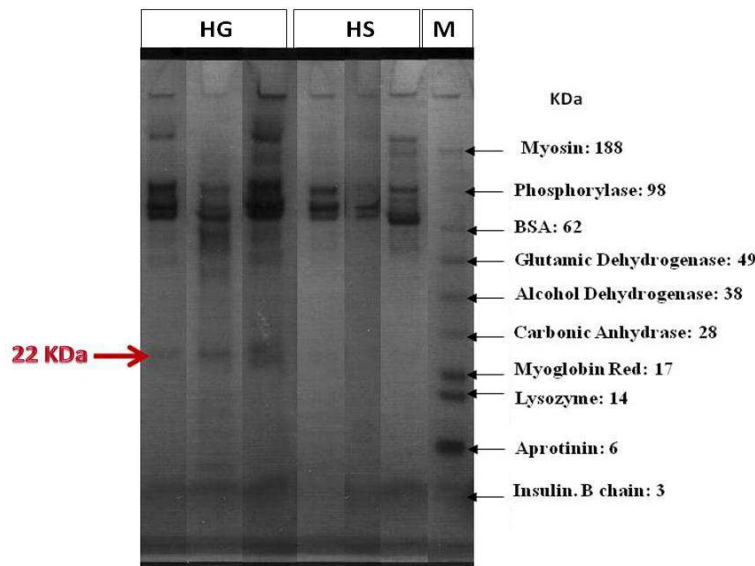


Fig 2. Gels SDS-PAGE 4-12% de l'hémolymphe des femelles matures âgées de 20 jours grégaires et solitaires. M : marqueur de taille; HG : hémolymphe des femelles grégaires ; HS : hémolymphe des femelles solitaires. Les quantités de chaque échantillon chargées dans chaque puits sont respectivement de gauche à droite 10, 5, 10, 5, 5, 10 et 5 μ l. La flèche rouge indique la bande différentielle.

3.3 ETUDE COMPARATIVE PAR SDS-PAGE DES PROTÉINES DES OVOCYTES MATURES ISSUS DES FEMELLES GRÉGAIRES ET SOLITAIRES

L'étude du contenu en protéines des ovocytes matures des femelles grégaires et solitaires prouve la transmission d'un facteur grégarisant des femelles grégaires à leurs descendants via le contenu des glandes accessoires. La protéine transmise est de masse moléculaire 30 KDa (Figure 3). Cette protéine est absente au niveau des ovocytes solitaires.

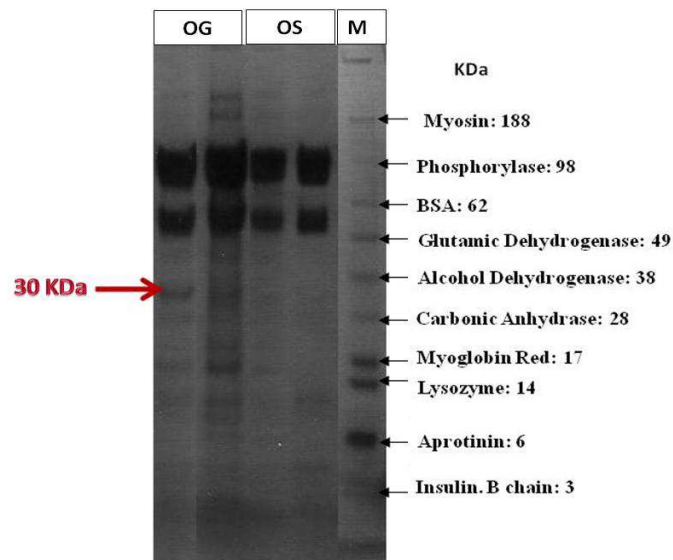


Fig 3. Gels SDS-PAGE 4-12% des protéines des ovocytes matures issus des femelles grégaires et solitaires. OG: ovocytes grégaires; OS : ovocytes solitaires ; M : marqueur de taille. Les quantités de chaque échantillon chargées dans chaque puits sont respectivement de gauche à droite 5, 20, 5, 5 et 5 μ l. La flèche rouge indique la bande différentielle.

3.4 ETUDE COMPARATIVE DES COMPOSES DE LA MATIERE SPUMEUSE GREGAIRE ET SOLITAIRE

L'analyse du contenu de la matière spumeuse de la phase grégair et solitaire par Chromatographie sur couche mince a décelé une variation phasaire au niveau du nombre des composés de la matière spumeuse. En effet, la première diffusion (Dichlorométhane/Hexane) a révélé quatre spots au niveau de la matière spumeuse grégair. Alors que trois spots seulement

ont été détectés dans la matière spumeuse solitaire (Figure 4A). Dans la deuxième diffusion (Dichlorométhane), quatre spots ont été révélés dans la matière spumeuse solitaire et un spot additionnel est apparu au niveau de la matière spumeuse grégaire (Figure 4B; Tableau 1).

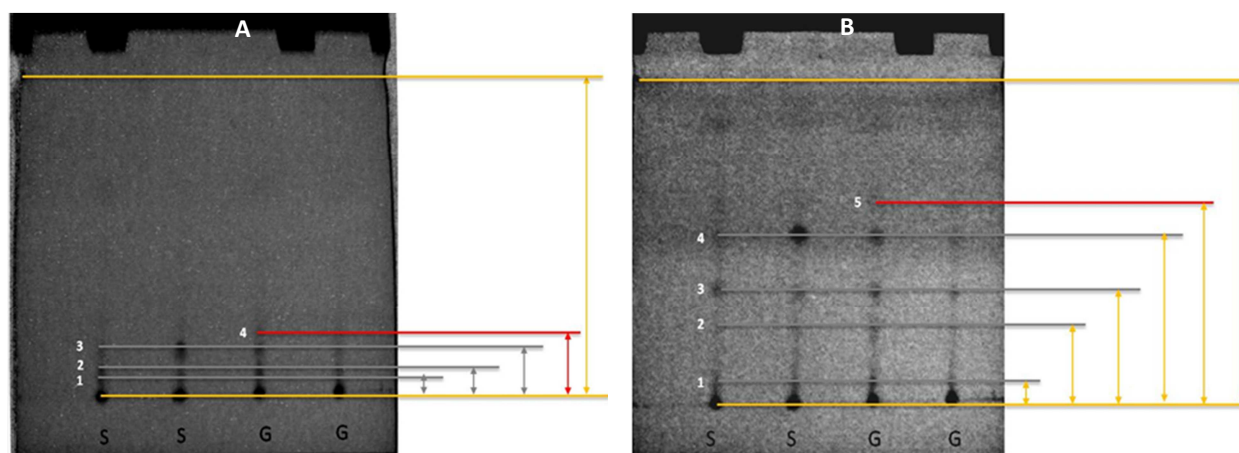


Fig 4. Chromatogrammes de la matière spumeuse grégaire et solitaire obtenus par CCM. La première diffusion est effectuée par Dichlorométhane/Hexane (A) et la deuxième est effectuée par Dichlorométhane (B). Les lignes en jaune indiquent la base et le front de la couche ; les lignes grises représentent le niveau des spots similaires ; la ligne rouge montre le niveau des spots différentiels ; S : solitaire ; G : grégaire.

Tableau 1. Analyse différentielle des rapports frontaux des différents composés de la matière spumeuse grégaire et solitaire.

Diffusion	Composés	Matière spumeuse grégaire	Matière spumeuse solitaire
Dichloro- méthane/ Hexane	C1	0.06	0.06
	C2	0.08	0.08
	C3	0.15	0.15
	C4	0.19	---
Dichloro- méthane	C1	0.07	0.07
	C2	0.24	0.24
	C3	0.35	0.35
	C4	0.52	0.52
	C5	0.62	---

3.5 ETUDE COMPARATIVE PAR SDS-PAGE DES PROTEINES DES ŒUFS ISSUS DES FEMELLES GREGAIRES ET SOLITAIRES

L'analyse des protéines contenues dans les œufs grégaires et solitaires par SDS-PAGE a révélé la présence d'une bande de masse moléculaire 263 KDa qui disparaît à partir du premier jour de la vie embryonnaire chez la phase solitaire (Figure 5B). Cette même bande persiste tout au long de la vie embryonnaire chez la phase grégaire (Figure 5A).

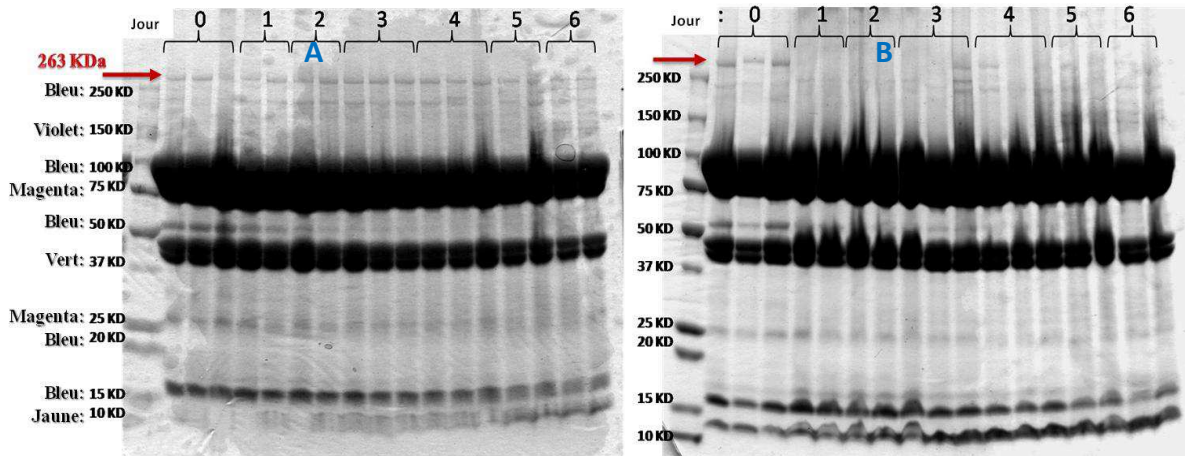


Fig 5. Gels SDS-PAGE 4-12% des protéines contenues dans les embryons grégaires (A) et solitaires (B) âgés de 0, 1, 2, 3, 4, 5 et 6 jours de *L. migratoria*. 5µl de chaque échantillon sont déposées dans chaque puits. La flèche rouge indique la bande différentielle.

3.6 ETUDE COMPARATIVE PAR SDS-PAGE DES PROTEINES DE L'HEMOLYPHE DES LARVES DU PREMIER STADE

Une bande différentielle, de masse moléculaire de 66 KDa, a été détectée au niveau des protéines contenues dans l'hémolymphe des larves grégaires de premier stade âgées de 1 jour (Figure 6).

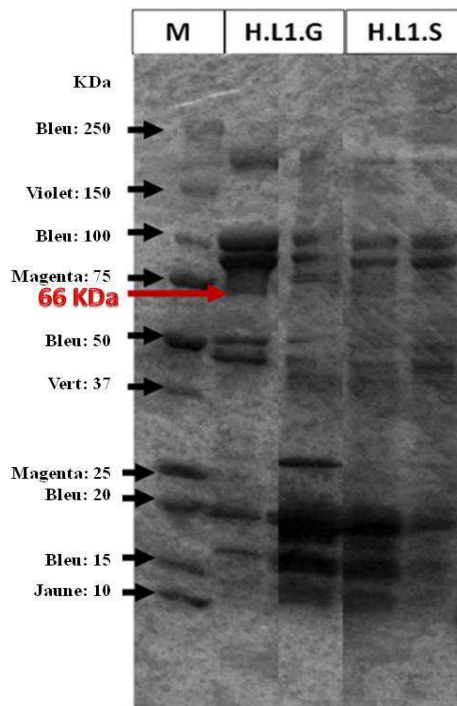


Fig 6. Gels SDS-PAGE 4-12% de l'hémolymphe des larves de premier stade grégaires et solitaires. H.L1.G : hémolymphe des L1 grégaires ; H.L1.S : hémolymphe des L1 solitaires ; M : marqueur de taille Kaléidoscope. 5µl de chaque échantillon sont déposées dans chaque puits. La flèche rouge indique la bande différentielle.

4 DISCUSSION

Chez *L. migratoria*, le facteur spécifique de la phase grégaire a été décelé par la technique d'électrophorèse au niveau des glandes accessoires des femelles grégaires. Il est de masse moléculaire 30 KDa. Ces résultats sont confirmés par Ben Hamouda *et al.* [14] qui ont montré suite à une analyse par Chromatographie liquide en phase inverse (RPLC) la présence d'un peptide chez la phase grégaire dont l'abondance est beaucoup plus importante que chez la phase solitaire. Ces résultats

confirment aussi ceux obtenus par Ben Hamouda *et al.* [15] dans le cas de *Schistocerca gregaria*. En effet, un peptide déterminé au niveau des glandes accessoires grégaires, présent à très faibles doses chez la phase solitaire. Cette protéine de masse moléculaire 30 KDa est absente au niveau des glandes accessoires solitaires. Ces données confirment la présence d'une substance femelle de grégairisation comme dans le cas de *Schistocerca gregaria* [10]. Selon ce même auteur [10], chez cette espèce, elle est de masse moléculaire comprise entre 45 et 50 KDa. Cette protéine n'apparaît pas dans le contenu des glandes accessoires grégaires. Ceci, nous indique la nature membranaire de ce facteur. La sonification du broyat des glandes accessoires a permis la rupture des cellules de la paroi des glandes accessoires permettant la libération de ce facteur protéique. A maturité sexuelle et en pleine activité des glandes accessoires grégaires, ce facteur n'existe pas dans le contenu de ces glandes. Par conséquent, la libération de ce facteur à l'intérieur de la glande s'effectuerait au moment de la ponte. En parallèle, une bande protéique solitaire de masse moléculaire 17 KDa est absente chez les femelles grégaires. Cette différence se traduit aussi par la présence d'un peptide spécifique de la phase solitaire, absent au niveau des glandes grégaires [14]. Cette étude confirme les travaux antérieurs concernant la présence d'une substance femelle de grégairisation au niveau des glandes accessoires des femelles grégaires de *S. gregaria* [10], [15], [16].

Une étude préliminaire entreprise sur *Schistocerca gregaria* par Ammar *et al.* [17] a montré la présence d'une différence au niveau de l'expression des gènes des glandes accessoires solitaires et grégaires. L'étude par PAGE des produits amplifiés par PCR des ADNc synthétisés à partir de ces ARNm a révélé en effet l'existence d'une bande supplémentaire chez les glandes accessoires des solitaires et non chez les glandes accessoires des grégaires. Cette fraction traduirait l'existence d'un gène qui ne s'exprime pas dans les glandes accessoires chez les grégaires. Elle pourrait être interprétée comme étant à l'origine de la synthèse des inhibiteurs qui agiraient en désactivant la substance de grégairisation sécrétée par la femelle ou en masquant le gène qui en est responsable.

Les facteurs spécifiques de la phase grégaire existent aussi au niveau de l'hémolymphe. Une protéine de masse moléculaire 22 KDa présente chez la phase grégaire et absente chez la solitaire. Le seul travail montrant la présence d'un tel facteur grégairisant au niveau de l'hémolymphe est celui de Rahman *et al.* [12] sur *S. gregaria*. Ce dernier a pu identifier un peptide spécifique de la phase grégaire de masse moléculaire de 6080 Da. Ces résultats confirment ceux de Ben Hamouda *et al.* [14] qui ont révélé la présence de ce peptide par la présence d'un pic majoritaire de la phase grégaire alors que d'autres pics, qui sont minoritaires, deviennent majoritaires chez la phase solitaire suite à une analyse par Chromatographie liquide en phase inverse. De même, ils ont montré que chez *L. migratoria*, deux pics majoritaires chez les femelles grégaires diminuent au niveau de l'hémolymphe de leurs congénères solitaires alors qu'un autre pic devient plus important chez la phase solitaire. Ces données sont à l'origine de l'intervention des composés grégairisants et solitarisants de l'hémolymphe dans la régulation de la synthèse et la sécrétion de la substance femelle de grégairisation au niveau des glandes accessoires.

Les facteurs présents au niveau des glandes accessoires se sont transmis aux ovocytes à travers les oviductes. En effet, une bande protéique de masse moléculaire 30 KDa a été discernée au niveau des ovocytes matures grégaires. Elle est absente chez les solitaires.

La substance grégairisante est transmise au bouchon surmontant l'oothèque via la matière spumeuse. En effet, dans le deuxième chapitre, nous avons montré l'effet maternel dans la transmission des caractéristiques phasaires aux descendants. Par ailleurs, c'est l'expression de la substance femelle de grégairisation, décelée au niveau des glandes accessoires, qui reflète les caractéristiques phénotypiques de la progéniture. Ce facteur se présente par un spot supplémentaire lors de l'analyse de la matière spumeuse grégaire par CCM. Dans le cas de la matière spumeuse grégaire de *S. gregaria*, le facteur grégairisant a un rapport frontal de 0.07 [10].

La bande protéique, de masse moléculaire 30 KDa, révélée par SDS-PAGE au niveau des ovocytes matures grégaires, n'apparaît plus au niveau des œufs pondus. Par ailleurs, une autre bande de masse moléculaire 263 KDa existe tout au long des six premiers jours de la vie embryonnaire chez la phase grégaire. Alors qu'au niveau des embryons solitaires, elle disparaît à partir du 1^{ier} jour. Au niveau des œufs solitaires de *S. gregaria*, la bande protéique spécifique de la phase grégaire disparaît à partir du 4^{ième} jour [10]. Cette protéine, qui disparaît au delà du jour de la ponte au niveau des œufs solitaires, est en relation étroite avec le rôle joué par la matière spumeuse. En effet, selon Ben Hamouda *et al.* [18], la suppression de la matière spumeuse grégaire le jour de la ponte supprime l'effet de la protéine grégairisante ce qui permet l'apparition de larves à caractéristiques solitaires. Tandis que l'élimination de la matière spumeuse au delà du jour de la ponte n'induit pas d'effet solitarisant. Cela est en concordance avec les profils électrophorétiques des œufs. Chez *S. gregaria*, Moumène [10] a montré que la période sensible à l'élimination de l'effet de la protéine grégairisante est de trois jours.

Phénotypiquement, les différences phasaires majeures, observées sur les larves du premier stade de *L. migratoria*, sont la taille et la coloration. Outre ces différences morphologiques, une variation d'ordre physiologique a été observée par la

présence d'une bande protéique différentielle de masse moléculaire 66 KDa chez la phase grégaire et absente chez la solitaire.

5 CONCLUSION

La spécificité trans-générationnelle de la substance femelle de grégation se révèle par la présence au niveau des ovocytes grégaires de la même bande protéique observée au niveau des glandes accessoires. Elle est de masse moléculaire 30 KDa et elle s'est transmise des glandes accessoires vers les ovocytes. Outre, l'analyse de la matière spumeuse grégaire par chromatographie sur couche mince a montré la présence d'un spot supplémentaire, absent au niveau de la matière spumeuse solitaire. Au niveau des œufs grégaires, une bande protéique de masse moléculaire de l'ordre de 263 KDa existe tout au long des 6 premiers jours de la vie embryonnaire. Alors qu'elle disparaît dès le premier jour après la ponte au niveau des œufs solitaires. Les larves du premier stade grégaires présentent aussi une différence au niveau des protéines de l'hémolymphe. En effet, une bande protéique de masse moléculaire 66 KDa est observée chez les larves grégaires, absente chez leurs congénères solitaires. Au niveau des glandes accessoires solitaires, un peptide a été révélé par RPLC, absent chez la phase grégaire et l'analyse par SDS-PAGE a montré la présence d'une bande protéique, de masse moléculaire 17 KDa, également de nature membranaire. La matière spumeuse solitaire présente un peptide dont l'abondance est plus importante qu'au niveau de la matière spumeuse grégaire suite à l'analyse par RPLC. Ce facteur spécifique de la phase solitaire semble jouer le rôle d'un inhibiteur de la substance femelle de grégation.

REFERENCES

- [1] Uvarov B.P.S., Grasshoppers and Locusts-A Handbook of General Acridology, Vol. 1, Cambridge, *Cambridge University Press*, 1966.
- [2] Uvarov B.P.S., Grasshoppers and Locusts, vol. 2, Centre for Overseas Pest Research, London, 1977.
- [3] M.P. Pener, "Locust phase polymorphism and its endocrine relations", *Advances in Insect Physiology*, vol. 23, pp. 1-79, 1991.
- [4] M.P. Pener and Y. Yerushalmi, "The physiology of locust phase polymorphism: an update", *Journal of Insect Physiology*, vol. 44, pp.365-377, 1998.
- [5] H. Verlinden, L. Badisco, E. Marchal, P. Van Wielendaele and J. Vanden Broeck, "Endocrinology of reproduction and phase transition in locusts", *General and Comparative Endocrinology*, vol. 162, pp. 79-92, 2009.
- [6] S. W. Applebaum and Y. Heifetz, "Density-dependent physiological phase in insects", *Annual Review of Entomology*, vol. 44, pp. 317-341, 1999.
- [7] A. De Loof, I. Claeys, G. Simonet, P. Verleyen, T. Vandersmissen, F. Sas and J. Huybrechts, "Molecular markers of phase transition in locusts", *Insect Science*, vol. 13, pp. 3-12, 2006.
- [8] B. P. S. Uvarov, "A revision of the genus *Locusta*, L. (= *Pachytylus*, Fieb.), with a new theory as to periodicity and migrations of locusts", *Bulletin of Entomological Research*, vol. 12, pp. 135-163, 1921.
- [9] K. Moumène, M. Ammar, N. Barbouche, B. Hajjem et M. H. Ben Hamouda, "Identification d'un composé de la matière spumeuse responsable de la grégation chez le criquet pélerin *Schistocerca gregaria* (Orthoptera-acrididae)", *Annales de l'INRAT*, vol. 74, pp. 99-111, 2001.
- [10] Moumène K., La transformation phasaire chez le Criquet pélerin, *Schistocerca gregaria* Forskal 1775 (Orthoptera: Acrididae): Mécanisme et identification des caractéristiques écophysiologicals de la substance femelle de grégation, *Thèse de doctorat en Biologie, Université de Tunis- El Manar- Faculté des Sciences de Tunis*, 2002.
- [11] E. Clynen, G. Baggerman, J. Huybrechts, L. Vanden Bosch, A. De Loof, and L. Schoofs, "Peptidomics of the locust corpora allata: identification of novel pyrokinins (-FXPRLamides)", *Peptides*, vol. 24, pp. 1493-1500, 2003.
- [12] M. M. Rahman, L. Vanden Bosch, G. Baggerman, E. Clynen, K. Hens, B. Hoste, K. Meylaers, T. Vercammen, L. Schoofs, A. De Loof and M. Breuer, "Search for peptidic molecular markers in hemolymph of crowd-(gregarious) and isolated-reared (solitary) desert locusts, *Schistocerca gregaria*", *Peptides*, vol. 23, pp. 1907-1914, 2002.
- [13] U. K. Laemmli, "Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4", *Nature*, vol. 227, pp. 680-685, 1970.
- [14] A. Ben Hamouda, M. Trabelsi, M. Ammar, A. De loof and M. H. Ben Hamouda, "Neurosecretion and peptides in *Locusta migratoria migratoria*: Comparative analysis in relation to phase polyphenism", *European Journal of Zoological Research*, vol. 3, n° 3, pp. 8-14, 2014.
- [15] A. Ben Hamouda, M. Ammar, A. De Loof, A. Bouain and M. H. Ben Hamouda, "Comparative study of peptides from the female's accessory glands and oocytes of solitary and gregarious *Schistocerca gregaria*", *Metaleptra* (Special Meeting), pp. 80, 2009.

- [16] A. R. McCaffery, S. J. Simpson, M. S. Islam and P. Roessingh, "A gregarizing factor present in the egg pod foam of the desert locust *Schistocerca gregaria*", *Journal of Experimental Biology*, vol. 201, pp. 347-363, 1998.
- [17] M. Ammar, M. H. Ben Hamouda, N. Barbouche et K. Moumène, "Apparition de la phase solitaire chez le Criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria*, par simple isolement des œufs 3 jours après la ponte", *49^{ème} Symposium International de Phytatrie et de Phytopharmacie, Medical Faculty of Landbouw University of Gent, Belgique*, pp. 339-348, 1997.
- [18] A. Ben Hamouda, M. Ammar, M. H. Ben Hamouda and A. Bouain, "The role of egg pod foam and rearing conditions on the phase state of the Asian migratory locust *Locusta migratoria migratoria* (Orthoptera, Acrididae)". *Journal of Insect Physiology*, vol. 55, pp. 617-623, 2009.

