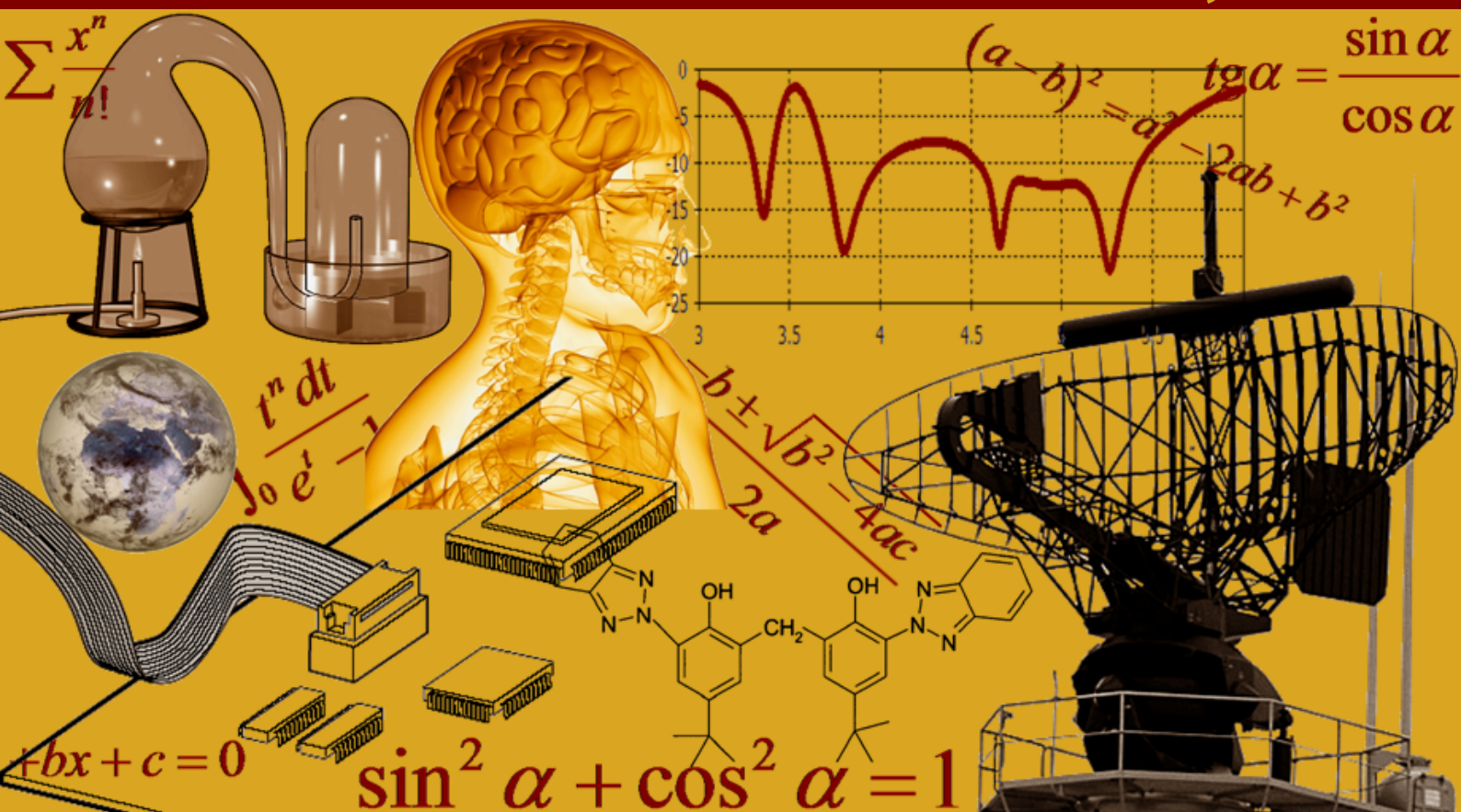


# INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

Vol. 24 N. 2 June 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*

FUNDACION GRAMEEN PILIPINAS INCORPORATON (FGP): IT'S CONTRIBUTION TO POVERTY ALLEVIATION OF NORTHERN SAMAR	225-229
The Marketing of Indigenous Agricultural Products in Selected Barangays of Catarman Northern Samar, Philippines	230-235
Analyse prospective de la déforestation estimée par télédétection dans la réserve de biosphère de Yangambi	236-254
Evaluation par télédétection des changements d'un couvert forestier de la région forestière de Kisangani	255-267
Philosophy of Islamic Education: Study Thought A. Wahid Hasyim on Islamic Education	268-276
Assessment of longitudinal shear strength of Composite deck slab	277-284
Cluster Analysis Based Fault Identification Data Mining Models for 3 Phase Power Systems	285-292
EVALUATION OF THE SIZE AND CHANGE PATTERNS OF GREEN AREAS, BUILT UP AREAS AND EXURBAN OF UGEP, CROSS RIVER STATE, NIGERIA	293-299
Etude floristique et structurale de deux groupements végétaux mixtes sur terre hydromorphe et ferme de la forêt de Kponyo (Province du Bas-Uélé, R.D. Congo)	300-308
Etudes floristique et structurale des forêts dans le domaine de chasse de Rubi-Télé (Province de Bas-Uélé, République Démocratique du Congo)	309-321
Caractéristiques de la régénération naturelle du sous-bois forestier du Jardin botanique S. Lisowski (Kisangani, République Démocratique du Congo)	322-331
Evaluation of Mycelia Growth, Morphology and Yield for Low Dose Gamma Irradiated Grey Oyster Mushroom Pleurotus sajor-caju	332-336
Model predictive control of 2DOF helicopter	337-346
Pétrographie des muddy sandstones ferrugineux du Miocène de Bingerville	347-358
A study on the squeezing hydrodynamics of a lubricant between two rough parallel plates: Hip-Joint representation	359-372
L'incidence de la normalisation et de l'innovation sur la croissance économique - étude empirique : cas des industries de transformation au Maroc	373-378
Etude comparée de l'activité floculante de Moringa oleifera et Vetivera zizanoides dans la clarification des eaux de mare au plateau de Batéké, République Démocratique du Congo	379-387
Differential Evolution Algorithm for Hiding Fuzzy Association Rules Using Mutual Information	388-396
Le grès bitumineux de Bemolanga : une matière première locale pour le revêtement des routes en terre de Madagascar	397-406
Politiques Africains et Impasse de la Stratégie de l'ange Bleu de la Communauté Internationale : Un regard prospectif du devenir de l'Afrique	407-416
Priority Based Energy Efficient Data Transmission Using Cooperative Virtual MIMO Technique in Wireless Body Area Network	417-422
Caractérisation physicochimique des produits fossiles pétroliers non conventionnels de Bemolanga et Tsimiroro, Madagascar	423-437
Insight into Fractal Image Compression: A Multifacet View	438-445
Secured Cloud Adoption Architecture for Educational Institutions	446-451
GROUNDWATER QUALITY ANALYSIS BY USING GIS TECHNIQUES AT ARIYALUR TALUK, TAMILNADU, INDIA	452-460

## FUNDACION GRAMEEN PILIPINAS INCORPORATON (FGP): IT'S CONTRIBUTION TO POVERTY ALLEVIATION OF NORTHERN SAMAR

*Farah Alo Madulid*

College of Business Administration Research Coordinator, University of Eastern Philippines, University Town, Catarman, Northern Samar, Philippines

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 intended to determine the contribution of the Fundacion Grameen Pilipinas Incorporation (FGP) to the poverty alleviation in the province of Northern Samar. The contribution of FGP was measured in terms of sustainability, impact in household income, and women empowerment.

A total of 134 individuals from the three (3) geographical areas, namely: Balicutro area, Central area and Pacific area, were used as respondents of the study. The study adopted the descriptive-evaluative research method and utilized frequency counts, percentages, weighted means, financial ratios in the analysis of the data.

Survey questionnaire, interview schedule, and focus group discussions were used in the data gathering. Triangulation was employed to verify the veracity and accuracy of the responses of the respondents through the conduct of interview with the employees of Grameen.

It was found out that the collection rate from years 2010 to 2014 was 89 percent, indicating a high performance in terms of sustainability. This was further confirmed by its fair performance in terms of the overall liquidity which was rated 82 percent. This favorable finding may be due to the affordable loan amortization of the beneficiaries which ranged from Php100 to Php499.

It was also found out that the total average daily net income of the respondents was Php90.45, which was verified to be higher by 45 percent than their average daily net income before they availed of the FGP.

Most of the woman beneficiaries were ascertained to be highly empowered considering their active involvement in productive activities at home and in the community.

Summing it up, the FGP had contributed significantly to poverty alleviation among the target clients who were poor. The program was found to be highly sustaining and had increased the income of the family through the empowerment of the woman beneficiaries in engaging in productive endeavors in the home and community.

**KEYWORDS:** poverty alleviation, Northern Samar, FGP, household income, women empowerment.

### RATIONALE

Poverty reduction is a global issue. One of the world's missions today focus on the poverty alleviation for the third world countries. The World Bank strongly assisted the Philippine government in a microfinance program. Microfinance supported microenterprises through microcredit. It had been in operation in the Philippines for more than a decade to address poverty.

The province of Northern Samar was reported as one of the poorest provinces in region V111 and a great number of unemployed women contributed to poverty which triggered unequal treatment at home and in the community. Through the leadership of Governor Raul Daza and the support from Grameen Foundation of Australia, the microfinance project in Northern Samar was launched replicating the Grameen microfinance model from other countries. The Grameen model microfinance in Northern Samar was originally implemented by Northern Samar Center in Alliance for Poverty (NSCAP) a Non-Stock, Non-Profit Organization. It started its operation in October 2004 having a mission to eradicate the poor by being responsive to the needs of the clients by providing an affordable microfinance to alleviate poverty, enhance self sufficiency of

the poor and destitute families, create self-employment, and provide health insurance and support in the educational concerns of the family.

A memorandum of agreement was signed by Northern Samar Center for Alliance in Poverty (NSCAP) on April 7, 2008 that the microfinance project be turned over and managed by Fundacion Grameen Pilipinas, Inc. (FGP). By June 2008, the NCAP microfinance project was transferred to FGP.

It is then the intension of this study to verify the effectively the microfinance program in solving poverty in the province. Hence, this study attempted to answer the queries specifically on the ability of microfinance program to target the poor, sustainability of the program, changes on household income and women empowerment. Though, this study limits only to one of the microfinances operating in the province of Northern Samar- the leading microfinance in the province known as Fundacion Grameen Pilipinas Incorporation (FGP). Vital restrictions were inevitable in non-inclusion of the other microfinances.

## **OBJECTIVES OF THE STUDY**

### **GENERAL OBJECTIVES**

The study intended to determine the contribution of the Fundacion Grameen Pilipinas Incorporation (FGP) to the poverty reduction in the province of Northern Samar.

Specifically, the study aimed to:

1. ascertain the sustainability of the programs measuring the clients' repayment performance and liquidity performance of the program;
2. calculate the changes of the respondent's income after availment of the program; and
3. ascertain the women beneficiaries empowerment in terms of the number of women who are actively participating in home and community activities.

### **THEORETICAL/CONCEPTUAL FRAMEWORK**

This study was anchored on the following theories of Armendras & Morduch which explain that, microfinance may make household wealthier, yielding an "income effect" that should push up total consumption levels and, holding all else the same increase the demand for children, health, children education, and leisure. Otero illustrates also the various ways in which "microfinance, at its core combats poverty". She states that microfinance creates access to productive capital for the poor, which together with human capital, addresses through education and training, and

Social capital, achieves through local organization building, and enables people to move out of poverty. It was also supported by the Simanowitz and Brody that, "Microfinance is a key strategy that meets the needs of the poor people."

It was supported also by the theories of (Littlefield, et al., 2003) that loan, savings and insurance help smooth out income fluctuations and maintain consumption levels even during the lean periods. The availability of financial services acts as a buffer for sudden emergencies, business risks, seasonal slumps, or events such as flood or a death in the family that can push a poor family into destination. Pitt and Khandker prominently reinforced three broad ideas about microfinance: "that it is effective in reducing poverty generally, that this is specially so when women do the borrowing and that the extremely poor benefit most" (Morduch and Roodman, 2009, pp. 39). Decisive statistical evidence in favor of these ideas is scarce.

Conceptually, microfinance yield and "income effect" of the clients who are poor, seem to be in a manner when total consumption levels increase and shift of demand for children health, education and leisure. Moreover, if the poor would have access to capital investment this enables those to generate income through self-employment thus move them out from poverty. Considering that women are the clients of the microfinance in this study, they were given chance to reduce the financial burden at home and extremely benefit them most.

### **METHODOLOGY**

The study was conducted in the province of Northern Samar. The respondents were drawn from the three (3) geographical areas namely; Balicutro area, Central area and Pacific area. Systematic random sampling was used to select the respondents who will represent the municipality in every geographical area. Three (3) groups composed of 30 clients in

every selected municipality were utilized. Forty-two respondents were drawn from Balicuatro, 43 respondents from Central area and 49 respondents from Pacific area. A total of 134 respondents from the Fundacion Grameen Pilipinas (FGP) a leading microfinance in the whole province in Northern Samar.

A survey questionnaire, interview schedule and focus group discussions were used in the data gathering. Triangulation was employed to verify the answer of the respondents which was done by interviewing the employees of the foundation.

Financial data were taken from the main office of Foundation Grameen Pilipinas Incorporation (FGP). Frequency counts, percentages, mean, financial ratios were employed in the analysis of the data.

## RESULTS AND DISCUSSIONS

### RESPONDENT'S SOCIO ECONOMIC PROFILE

A greater number of the Foundation Grameen Pilipinas Incorporation (FGP) beneficiaries were adult and a few numbers of them were old with a computed household size mean of eight (8) members classified under below poverty threshold of the Filipino family. Confirming, generally that the respondent belonged to the poor families.

#### *Calculation of Program Sustainability*

#### Clients' Performance

The greater majority of the respondents have availed loans from the Fundacion Grameen Pilipinas Inc. (FGP) amount of which were within the level of their capacity to pay thus non-payment of loans were avoided. Beneficiaries' common numbers of years as members were 3-4 years and a bigger number of them were new.

#### Financial Operational Performance

#### *Collection Rate*

The average collection rate (Appendix 1) of the Fundacion Grameen Pilipinas Incorporation (FGP) was determined by computing the average annual collection rate\* from fiscal year 2010 to 2014. Data of which were derived from the main office of the (FGP). The findings revealed that the annual average collection rate for the fiscal year 2010 was 71 per cent. Year 2011 was 89 per cent while year 2012 was 78 per cent where there was a difference of 18 per cent between year 2011 and year 2012. However year 2013, has the highest average annual collection of 122 per cent perhaps because there was a merging of two branches which resulted a proper utilization of personnel and a collection rate of 87 per cent for the year 2014. The overall average collection rate from year 2010-2014 was 89 per cent rated as high performance in terms of annual collection. This points out that the financial operational performance of the Fundacion Grameen Pilipinas Incorporation (FGP) is performing well perhaps the account officers are doing well in the collection strategies. The account officers who are in charge of the collection operation of the company are doing good may be because of the management motivation.

If employees are motivated to work, the company definitely benefits to a greater advantage of the company's clients. It is apparent, that if the company is performing well it directly benefit the beneficiaries of the company. The effect to the individual beneficiaries is being testified to those who were assisted by the projects and programs of the Fundacion Grameen Pilipinas Incorporation (FGP).

### LIQUIDITY RATIO

Liquidity Ratio is one of the financial ratios that measures the financial performance of the company. This measures the firm's ability to meet current obligations as they fall due. Liquidity refers to the availability of cash to pay the short term obligation. In terms of the liquidity, findings showed (Appendix 5) that fiscal year 2010 has 78 per cent, 2011 has 1.09 per cent, 2012 has .89 per cent while 2013 has 1.07 per cent and 2014 has 1.15 per cent ratio respectively. The overall liquidity is 82 per cent rated as fairly performing. This indicates that the subject of the study is financially capable of supporting the financial needs of the beneficiaries in terms of project, program and services.

It is apparent that the (FGP) is financially capable of supporting the financial needs of the beneficiaries in terms of project and program services. The financial operational records manifest the capacity and availability of cash for every needs of the operator. What is seems alarming if the beneficiaries tend not to borrow for purposes of enhancing the income.

### **CHANGES OF THE RESPONDENTS' INCOME**

Based from the data given by the respondents employing triangulations the researchers determined the total net income of the respondents by computing the average daily mean and averaged grand mean of every year level(Appendix -2) It revealed that the average daily net income for five (5) asbase year wasPhp 90.45. This was derived after computing the difference between the grand mean of the average daily total income and the total average daily expenses prior to and subsequently becoming member of the Fundacion Grameen Pilipinas (FGP).

A difference of Php 90.45 average daily income prior to and subsequently becoming member of the Fundacion Grameen Pilipinas (FGP) is an indication that the money borrowed by the clients has been fully utilized. Only the amount is a little bit less in terms of income impact in view of their day to day living. One thing certain is that change of income manifests that there was an increase; if this change sustains with an increasing movement, changes on consumption would occur affecting all other economic variables.

### **WOMEN EMPOWERMENT**

Women empowerment of the beneficiaries of Fundacion Grameen Pilipinas Incorporation (FGP) was determined which revealed (Appendix-3) that rating of women participation at home and in the community are highly empowered garnering a total grand mean of 2.42. The Results of every criterion in terms of doing livelihood activities, home activities, consultation of the family members in times of decision making, handling of family budget, and respect of family members towards them as a mother of the family. This implies that microfinance clients in Fundacion Grameen Pilipinas (FGP) were highly regarded by the family and community and were given recognition as pillar of the family which in reality the small unit in the society. On the other hand, efforts in economic activities and household chores, and participation in community activities and officer ship in the organization were rated as empowered which connotes that the day today living of the clients is given recognition. All these manifestations boast the ego of the women in the community thus giving them power even in little ways.

### **CONCLUSIONS & IMPLICATIONS**

The Foundation Grameen Pilipinas (FGP) has the overall average annual collection rate rated as "high performance." This shows that the officers of Fundacion Grameen Pilipinas Incorporation (FGP) had adopted effective collection strategies and worked hard to make sure that their clients paid on time.

The overall liquidity is rated as fairly performing. This indicates that (FGP) is financially sustainable since it can continuously support the financial needs of the beneficiaries.

Generally, there is an increase of the income of the clients after they have availed of the program of the Fundacion Grameen Pilipinas (FGP). This implies that the money borrowed by the clients serve its purposes. Even if the increase is not so significant, it cannot be denied that it improves the purchasing power of the family.

Majority of the women beneficiaries had elicited greater empowerment as evidenced by their active participation productive activities at home and in the community. This implies that through the microfinance of Fundacion Grameen Pilipinas (FGP), women prove themselves to be a strong pillar of the family, side by side with their male counterparts.

### **RECOMMENDATIONS**

On the basis of the conclusions, the following recommendations are presented:

1. The FGP should reach out to more poor families to become beneficiaries of the program.
2. The FGP should not only be contented with good repayment rate; it should also monitor the livelihood projects of the beneficiaries to see whether these are well managed and well sustaining. This way, FGP will know what intervention may be given to help them expand and improve the operation of the projects for the beneficiaries to gain more income.
3. FGP should continuously monitor the individual beneficiaries especially the paying habit in order to avoid nonpayment of account that may lead to delinquency problems of the company.
4. A follow up study to determine the Socio-economic impact of the FGP using other variables such as education, recreation, and house appliances.

## REFERENCES

- [1] Copestake, J., Dawson, P., Fanning, J. P., McKay, A., and Wright-Revollo, K. (2005). Monitoring the diversity of the poverty outreach impact of microfinance: a comparison of methods using data from Peru. *Development Policy Review*, vol. 23, No. 6, pp. 702-723.
- [2] Diop, A., Hillenkamp, I., & Servet, J. M. (2007). Poverty versus inequality. In B. Balkenhol, *Microfinance and Public Policy: Outreach, Performance, and Efficiency* (pp. 27-46). New York: International Labor Organization and Palgrave Macmillan.
- [3] Khandker, S. (2005). Microfinance and poverty: evidence using panel data from Bangladesh. *World Bank Economic Review*, vol. 19, No. 2 pp. 263-286.
- [4] Kochar, A. (2011, January). The distributive consequences of social banking: a micro empirical analysis of the Indian experience. *Economic Development and Cultural Change*, vol. 59, No. 2 (pp. 251- 280).
- [5] Leikem, Kirsten, "Microfinance: A Tool for Poverty Reduction?" (2012). Senior Honors Projects. Paper 300. <http://digitalcommons.uri.edu/srhonorsprog/300>.
- [6] Morduch, J. & Roodman, D. (2009, June). The impact of microcredit on the poor in Bangladesh: revisiting the evidence (Working Paper #174). The Center for Global Development. Retrieved from [http://www.nyu.edu/projects/morduch/documents/file/Roodman-Morduch\\_Bangladesh.pdf](http://www.nyu.edu/projects/morduch/documents/file/Roodman-Morduch_Bangladesh.pdf):
- [7] Littlefield, Murdoch and Hashemi, 2003. HIV/AIDS, malaria and other diseases; (vii) ensure environmental sustainability; and (viii) develop a global partnership for development.
- [8] Pitt, M. M., Khandker, S. R., Chowdhury, O. H., Millimet, D. L. (2003), February). Credit programs for the poor and the health status of children in rural Bangladesh. *International Economic Review*, vol. 44, No. 1, pp. 87-118.
- [9] Simowitz, A. (2006). Achieving poverty outreach, impact and sustainability: managing tradeoffs in microfinance. In J. I. Fernando (Ed.), *Microfinance: Perils and Prospects* (pp. 43-63). New York: Routledge.

## The Marketing of Indigenous Agricultural Products in Selected Barangays of Catarman Northern Samar, Philippines

*Farah Alo Madulid*

College of Business Administration Research Coordinator, University of Eastern Philippines, University Town, Catarman, Northern Samar, Philippines

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:** Indigenous agricultural products in Northern Samar are plentiful but their availability in the market is unpredictable. This study tried to find out what are the indigenous agricultural products as an eye – opener for the farmers in increasing production. It aimed to determine the market potential and find out if it is profitable to sustain the production entirely. It also tried to ascertain the problems and constraints deterrent to production and marketing.

The study was conducted in four barangays of Catarman, Northern Samar. The researcher utilized triangulation to derive a valid data.

These barangays produced indigenous agricultural products of several varieties of root crops, fruit trees, and vegetables. They also produce processed livestock, cereal, and marine products. It revealed that Copra and rice were the main sources of income in the four pilot areas. Some were produced in fewer quantities partly sold and consumed by the farmers. Prices slightly varied in the different barangays mostly sold either through small middlemen or to the ultimate consumers. Generally, they were sold on cash basis.

The most reported problems common to the four barangays were climatic change (rank1), occurrence of pests (rank 2), lack of capital (rank 3), and insufficient of water supply (rank 4).

During community consultation major problem exposed in Washington and Galutan lack of water supply, Macagtas capital deficiency and Libjo pest occurrence.

Finally farmers' participation in the preparation of implementable market plan should be arranged to systematize marketing of indigenous products.

**KEYWORDS:** Marketing practices, market potential indigenous agricultural products.

### 1 INTRODUCTION

The province of Northern Samar abounds with indigenous agricultural products. Unfortunately, the availability of these products in the market is unpredictable in spite of the fact that they are constantly demanded by the local consumers. Apparently, the farmers are not aware of the earning potential of these products; hence, they usually produce these products in small scale as subsidiary to what they normally need for consumption. In most cases, they use these products for home consumption and sell only what they can no longer consume.

With this, the researcher felt the need to undertake the study that intends to identify the indigenous agricultural products produced by the farmers in some barangays in Northern Samar which they can possibly sustain year round as their livelihood. These are indeed essentials on the daily subsistence and increase income of the farmers. In addition, the study gathered primary market data of these indigenous products that may be used for the development of a stable and efficacious market plan.

## OBJECTIVES

The study identified the indigenous agricultural products produced in Catarman, Northern Samar. It then analyzed the market potential of the identified indigenous agricultural products in terms of average annual volume produced sold and consumed, prices, channels of distribution, and marketing practices. The problems and constraints encountered by the farmers in producing and marketing these indigenous products were identified.

## 2 METHODOLOGY

The locale of the study is in Catarman the capital of the province of Northern Samar located in the northernmost portion of Samar, the third largest island of the country. It is subdivided into fifty five (55) barangays. A first class municipality with a population of 85,214 having a total land area of 46,433 hectares agricultural land or 34.57% of its land area. It is a developing town in Samar Island.

The study was conducted in four selected (4) barangays in Catarman, Northern Samar namely: Galutan, Macagtas, Libjo and Washington which served as pilot areas of this study.

The random sampling was used in determining the respondents. The list of farmers was taken from the Department of Agrarian reforms office. Triangulation was adopted in validating the data gathered. Simple mathematical tools were used such as frequency, percentages, averaging, and ranking.

## 3 RESULTS AND DISCUSSIONS

### 3.1 INDIGENOUS AGRICULTURAL PRODUCTS

Through the use of survey questionnaire, transect walk and focus group discussion; the indigenous agricultural products produced by the farmers were identified.

In this study, indigenous agricultural product refers to the crops, fruits trees, vegetables, cereal, marine products and processed products such as copra, sugar, coconut wine and coconut vinegar inherently grown and produce in the four barangays where the study was conducted. These products are not commercially produced and therefore not always available in the market. However; there is a greater chance that these can be abundantly produced, processed and sold profitably for increased income of the farmers.

A number of indigenous agricultural products in different categories surfaced as indigenous in the areas of study after the results of the survey were validated through transect walk and focus group discussion. The product categories include: cereal, fishes, fruit, livestock, processed products; such as copra, sugar, coconut wine, and coconut, vinegar, roots crops and vegetables. The complete list of these indigenous products is shown in Table 1. These products are named in dialect, English or with scientific name.

Table 1. Marketed Indigenous Products in Selected Barangays of Catarman, Northern Samar

Cereal	Root Crops	Fruits
Paray rice <i>Oryza sativa</i>	Butig, Taro <i>Colocasia esculenta</i>	Avocado, pear fruit <i>Persia americana</i>
Mais Corn <i>Zea mays</i>	Balanghoy Cassava <i>Manihot esculenta</i>	Lemon, kalamansi Citrus, <i>Citrus microcarpio</i>
<b>Livestock</b>	Camote, sweet potato <i>Ipomoea batatas</i>	Silot Young Coconut <i>Cocos nucifera</i>
Carabao ( <i>Babalus bubalis</i> <i>Carabanensis</i> )	Palawan <i>Cymometra ramiflora</i>	Cacao <i>Theobrama cacao</i>
Cow, <i>Bos taurus</i>	Gaway <i>Colocasia antiquorum</i>	Langka, jackfruit <i>Artocarpus heterophyllus</i>
Duck, Muscovy <i>Cairina moschata</i>	Bagong	Guardabano, guyabano <i>annona muricata</i>
Itik <i>Anas crecca</i>	Vegetables	Igot <i>Syzygium tripinatum</i> Blanco Merry
kanding , Goat <i>Capra hircus</i>	Ampalaya, bitter gourd ( <i>Momordicca charantia</i> )	Lansones <i>lansiumdomesticum</i>
Baboy, Ho g <i>sus scrofa domesticus</i>	String beans ( <i>Phaeseolus vulgaris</i> )	Saging banana <i>Musa pudica</i>
Manok Chickens <i>Gallus</i> <i>Gallus domesticus</i>	Patola, <i>Luffa aegyptica</i>	Pina pineapple <i>Ananas comosus</i>
<b>Marine products</b>	Pipino, cucumber, <i>Cucumis sativus</i>	Manga mango <i>Managangifera indica</i>
Haruan, Mud fish <i>Neochanan burrowsius</i>	Taron Eggplant <i>Solamum melongena</i>	Pili nut <i>Canarium ovatum</i>
Tilapia <i>Oreochromis niloticus</i>	Upo white flower gourd	kayomito star apple <i>Chrysophyllum cainito</i>
Processed Products	Kangkong <i>Ipomea aquatic</i>	Santol <i>Sandoricum koetjape</i>
Copra	Hagnaya <i>Stenochlaena palustris</i>	
Asukar Sugar <i>Disaccharide</i>	Pako <i>Athyrium esculintum</i>	
tuba Coconut wine	Bago <i>Prasophyllum bagoense</i>	
suka vinegar	Pechay ( <i>Brassic rapa</i> )	
	Karabasa <i>Cucurbita maxima</i>	

### 3.2 MARKET POTENTIAL OF AGRICULTURAL PRODUCTS

#### SUPPLY AND DEMAND

The supply and Demand of the indigenous Agricultural products in the province are unpredictable in spite the fact that they are constantly demanded by the consumers.

Catarman reports on the demand & supply of the number of Slaughtered animals increased with the observation of occasions such as fiesta. At Poblacion Catarman market, supply of livestock and poultry products was normal. However, supply of broilers in the market increased in response to high demand.

The "Provincial Situationer" furnished some listed commodities with supply, demand and deficit supply in metric tons. Rice and corn top on the list in terms of deficiencies of supplies in metric tons. Implicating opportunity for the farmers to plant and increase the volume of rice production. Concentrate planting and cultivating root crops which grow easily in these

areas. (Madner *et al.* ) stressed in their study “Promoting the cultivation of Indigenous plants for markets: experience from Kwala Zulu-Natal, South Africa “that sustainable and enhanced supply of agricultural products need to be promoted and cultivated continuously to supply the increasing demand of the population. The current research is in one with the opinion of the later convincing farmers to do so for the daily supply of the household and produce a greater volume for sale in the market, Provincial Situationer (CY July 2011-June 2012) Showing Commodity Supply in (MT), Demand and (MT) and Deficit (MT)

Commodity Supply (MT)	Demand (MT)	Deficit (MT)
Rice 18,406.10	90,591.30	72,185.28
White corn 1,357.36	6,575.6	5,218.23
Vegetables 945.64	2,661.12	1,715.48
Root crops 14,466.33	33,615.8	19,150.10
Pork 1,322.63	4,975.45	3,637.55
Beef 128.24	391.89	493.64
Cara beef 595.11	1,261.36	( 430.38
Chicken Meat 512.43	1719.65	(1,297.21)
Chicken Eggs 30.44	895.00	(864.49 )

### VOLUME PRODUCED, SOLD AND CONSUMED

The estimated annual volume of indigenous products (Appendix 2) produced sold and consumed were measured in kilo and gallon. These were determined by adding the total volume of products sold and the total volume consumed in the previous year and the current year 2012 on the time of the study. In case of Macagtas, where there is an irrigation system, the total volume produce was derived by determining the summation of products produced during the year multiplied by the number of cropping period over two years. Same is true with copra products which cover to all areas.

Copra is all sold while rice is partly consumed with the bigger produce sold in the market. Both copra and rice are good sources of income of the farmers in the areas of the study. These products are being sustained by the farmers the whole year and these are normally produced in relatively big quantities. The other coconut by-products, such as tuba and coconut wine, are being processed in the four barangays, partly consumed by the farmers with a significant volume sold.

As for the root crops, almost half of what is produced is consumed and the rest are sold, same with bananas. A variety of vegetables is also being produced year round, but in relatively small scale, with a big portion of what is produced being used for home consumption. This indicates that the farmers are not so well- motivated to raise vegetables for commercial purposes. Most likely, they plant vegetables only to utilize untapped areas of their farm and to satisfy their needs. Nevertheless, if only they continuously plant and cultivate these agricultural products chances are the possibility of increasing the supply of products in the market more than sufficient for the household consumption.

### 3.3 AVERAGE PRICES OF PRODUCTS IN PESOS

Prices refer to the farm prices and market prices of products available for sale. These prices are expressed in terms of kilo or gallon there are slight differences of prices of the products sold in the farm and in the market in the four barangays. Ideally, prices of the same products can be uniform in all the four areas. However, this can only be attained if there is a ready viable market for these products. This is understandable since the farmer or the dealer has to allow a mark up to compensate the cost of transportation of the product from the farm to the market. Meanwhile, (Czeriza Valencia 2012) from the Philippine Star reported that Prices of Agriculture products are stable. The information of current prices helps the farmers in the area as to the pricing of their products available for sale.

### 3.4 CHANNEL OF DISTRIBUTION

The Channel of distribution is the term used where the products are being distributed from different level of users. In this study the channel of distribution adopted is not similar for all products. Different products take different routes from the farmer to the ultimate consumer. However, there are some products that follow exactly the same route.

Livestock such as hog, cow, carabao, are sold from the farm directly to the market butcher and finally to the consumer. Indigenous fruits are generally sold directly to the ultimate consumer; although sometimes they go through the retailers. Cassava and other root crops generally go out from the farm to the small retailers and to the ultimate consumers. But in

some instances, they are sold directly to the ultimate buyers. Copra takes varying channels. It is sold to either the retailer or wholesaler who sells it to the casa. Sometimes, the farmer goes direct to the casa where it is sold at a higher price.

#### **MARKETING PRACTICES**

The marketing practices of the respondents revealed that majority of the farmers sold their product on a cash basis. Some products were sold at discount when bought in bulk or big quantities. A few products were transferred to the buyer through barter system.

Marketing on a cash basis definitely signifies positive indication that might prosper the daily endeavor of the farmer towards better outlook for their livelihood.

#### **PROBLEMS AND CONSTRAINTS IN THE PRODUCTION AND MARKETING OF INDIGENOUS AGRICULTURAL PRODUCTS**

The problems and constraints faced by the farmers in the production and marketing of the indigenous agricultural products were determined by using the survey questionnaire, and validated through focus groups discussion. The problems were ranked according to the frequencies of respondents reporting.

Climatic disturbances or change is the most severe problem, followed by the presence of pests, such as rats and black bugs. Lack of capital also turned out to be the third biggest problem while insufficient supply of water ranked fourth, It is the consensus among them that these are the leading problems they encountered which in a great way deter them from producing their crops in a bigger scale or for commercial purpose.

There are other problems reported like lack of facilities, low prices of product, delivery of products, low production, diseases (plant & animals) and others, but apparently these were considered minor problems which did not bothered the farmers much.

(Kumar 2011) expounded that marketing of rural products has not been well developed. Promotion, distribution and implementation of customer feed-back is lacking. Rural industries cannot compete with their urban counterparts. Dealers exploit the rural industries in the traditional sector.

Lack of proper communication facilities and marketing information adds to the problem to large extent. According to him this is only one of the major problems faced by the rural industries which is also relatively true to the current area of the study.

#### **4 CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS**

A number of indigenous agricultural products in the area of study had been identified and these include: cereal, fruits, and fishes, processed products such as, copra, sugar, coconut wine, coconut vinegar, livestock, root crops, & vegetables. Not all of these identified agricultural products are abundantly available in the market. With the exception of copra and rice, the identified indigenous products are being sustained in small scale and as merely a subsidiary crops by the farmers although these can be produced in relatively big quantities all year round. Copra and rice which are sustained all year round are the main sources of income of the farmers.

Prices on these indigenous products slightly vary in each area of study. This implies that there is a need to organize a systematic market for indigenous products in the area if not in the entire town of Catarman.

With the exception of copra and rice, the products are used for home consumption of the farmers and the remaining is sold in the market either directly to the ultimate consumer or through small middlemen. The products are generally sold on a cash basis. This indicates that a good marketing plan should be operationalized to encourage farmers to produce these indigenous products in commercial scale. Results definitely suggests therefore, that majority of the indigenous agricultural products produced in the pilot areas were not sustainable and profitable even in the production process itself.

Various problems were identified during the survey, interview and focused group discussion done and one major problem in each barangay surfaced during the community consultation conducted in every barangay. In Washington and Galutan, lack of water supply turned out to be the major problem. In Macagtas, lack of capital was pointed out to be the biggest problem. In Libjo, the occurrence of pest is considered a major problem.

## RECOMMENDATIONS

An implementable market plan for these indigenous products should be prepared to systematize the market of these products. The planning should be done with the participation of the farmers.

Information dissemination should be conducted regularly in the different barangays to keep the farmers abreast of the assistance being given by the government.

Seminar on farming-related technologies should be done periodically to educate the farmers on how to improve their productivity and increase their production.

Livelihood technologies utilizing the indigenous products should be introduced to the farmers as alternatives source of income.

## REFERENCES

- [1] Barangay Development Planning through Participatory Resource appraisal (BDP-PRA), Manual for Barangay Galutan, Provincial Government of Northern Samar (P OGNS) AND Provincial cooperative and community Affairs Office (PCCAO)
- [2] Barangay Development Planning through Participatory Resource appraisal (BDP-PRA), Manual for Barangay, Macagtras,, Provincial Government of Northern Samar (P OGNS) AND Provincial cooperative and community Affairs Office (PCCAO)
- [3] Celestino, Edwin, R. "Value chain analysis for Organic rice in Western Pangasinan" an action research funded by the Canadian International Development agency, 2011.
- [4] Gerstner J. 1946. Some factors affecting the perpetuation of our indigeno silva. Journal of the South African Forestry Association 13:4-11.
- [5] Heinsohn R. D. 1991. The potential for cultivation of *Juncus kraussii* and other wetland species used for craftwork in Natal/KwaZulu. Institute of Natural Resources, Pietermaritzburg, South Africa. 175 p. Monthly Regional.
- [6] Madulid, Farah A. "Management Status of Primary Cooperative in Northern Samar", A Research Terminal report of the College of Business Administration, 2010
- [7] Mander, M, Madner J, Breen C, "Promoting the cultivation of Indigenous plants for markets: experiences from KwaZulu-Natal, South Africa. Institute of Natural Resources, University of Nat Private Bag x 01, Scottsville 3209, South Africa.
- [8] Monthly Regional Agricultural Situational Report. Eastern Visayas: May, 2012.
- [9] Krigbaum, Jim 2020. Available on line: Quinoa Market Development – Demand-Driven Niche Marketing for Indigenous Crops. Development Company LLC 13811 217th PL NE Woodinville. jim@2020DC.com
- [10] Kumar, Chinmoy. Major-Problems faced by rural industries.[http://www. preservearticles.com/201101143356/](http://www.preservearticles.com/201101143356/)
- [11] Valencia, Czeriza. Philippine Star Report. Available on line: Prices of Agriculute Products stable. <http://www.philstar.com/business/2012/09/0>

## Analyse prospective de la déforestation estimée par télédétection dans la réserve de biosphère de Yangambi

*Mikwa Ngamba<sup>1-2</sup>, Masimo Kabuang'a<sup>2</sup>, Anitambua sungu<sup>2</sup>, Jean-Marie Kahindo<sup>3</sup>, and Hyppolite Nshimba<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Faculté des Gestions des Ressources Naturelles Renouvelables, Université de Kisangani, BP2012, Kisangani, RD Congo

<sup>2</sup>Unité de recherche en sol et systèmes d'informations spatiales, RUSSIS, Faculté de Gestion des Ressources Naturelles Renouvelables, Université de Kisangani, BP 2012, Kisangani, RD Congo

<sup>3</sup>Faculté des sciences, Université de Kisangani, BP 2012, Kisangani, 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 different forest ecosystems of the RDC have been affected by the dynamics of the soil occupation during these last decades, characterized by a clean reduction of the natural formations to the profit of the formations anthropiques. The studies achieved on this day limited themselves to an analysis diachronique by the integrated approaches implying the techniques of spatial analysis combined to the geographical information system (SIG).

Setting to part the analysis diachronique of the imagery LANDSAT TM, ETM+ and OLI (of parth and Raw 177-59, 1766-59 and 176-60) spreading of years 1986 to 2015 and supported of direct observations, the present survey sketches a prospective analysis of this dynamics while combining the applicable variables of the changes and the deterioration of the forests to a test of modelling to the deadline 2065.

The variables have been regrouped in 7 subgroups: agriculture, lumbering, infrastructures, the demographic factors, the socio-politic factors, the economic factors and the biophysical factors. Nevertheless, only the variables spatially explicit have been quantified and steady to the models. For the rest, two tools of modelling (CA\_Markov and LCM) have been used and the best allowed of cartographier the risks of deforestation the deadline 2065; the modelling has been made to the scale of the reserve of biosphere of Yangambi. For the two models a based objective and quantitative approach on the budgeting of the mistakes and the correct predictions has been adopted finally.

The results show a meaningful regression of the forest formations to the profit of the classes anthropisées with rates of deforestation of 1986-2002 and 2002-2015 of 1,1% and 4,31% and respectively. These reports come proved the necessity of the setting in application of a planning plan in view of the lasting management.

The visual and statistical comparison of the affected and real cards of 2015 allowed to use the tool THAT Markov for the simulation of the variation in surface of the classes of soil occupations the deadline 2065. However, the omen of an alarming and continual regression if some consequent measures are not set in motion.

**KEYWORDS:** Prospective analysis, THAT Markov, LCM, deforestation and Yangambi.

**RESUME:** Les différents écosystèmes forestiers de la RDC ont été affectés par la dynamique de l'occupation du sol au cours de ces dernières décennies, caractérisée par une nette réduction des formations naturelles au profit des formations anthropiques. Les études réalisées à ce jour se sont limitées à une analyse diachronique par les approches intégrées impliquant les techniques d'analyse spatiale combinée au système d'information géographique (SIG).

Mise à part l'analyse diachronique de l'imagerie LANDSAT TM, ETM+ et OLI (de parth et Raw 177-59, 1766-59 et 176-60) s'étendant des années 1986 à 2015 et appuyées d'observations directes, la présente étude esquisse une analyse prospective de cette dynamique en combinant les variables pertinentes des changements et de la dégradation des forêts à un essai de modélisation à l'échéance 2065.

Les variables ont été regroupées en 7 sous-groupes : agriculture, exploitation forestière, infrastructures, les facteurs démographiques, les facteurs socio-politiques, les facteurs économiques et les facteurs biophysiques. Néanmoins, seules les variables spatialement explicites ont été quantifiées et calées aux modèles. Pour le reste, deux outils de modélisation (CA\_Markov et LCM) ont été utilisés et le meilleur a permis de cartographier les risques de déforestation à l'échéance 2065 ; la modélisation a été faite à l'échelle de la réserve de biosphère de Yangambi. Enfin, pour les deux modèles une approche objective et quantitative basée sur la budgétisation des erreurs et des prédictions correctes a été adoptée.

Les résultats montrent une régression significative des formations forestières au profit des classes anthropisées avec des taux de déforestation de 1986-2002 et 2002-2015 de 1,1% et 4,31% et respectivement. Ces constats viennent prouver la nécessité de la mise en application d'un plan d'aménagement en vue de la gestion durable.

La comparaison visuelle et statistique des cartes simulées et réelles de 2015 a permis d'utiliser l'outil CA Markov pour la simulation de la variation en superficie des classes d'occupations du sol à l'échéance 2065. Toutefois, le présage d'une régression alarmante et continue si des mesures conséquentes ne sont pas mises en œuvre.

**MOTS-CLEFS:** Analyse prospective, CA Markov, LCM, déforestation et Yangambi.

## 1 INTRODUCTION

En RDC, l'enjeu actuel pour les politiques environnementales est de concilier la conservation des forêts et la production agricole dans un contexte où la pression humaine sur les terres s'accroît [12]. Selon plusieurs études, les différents écosystèmes de la RDC ont été affectés par la déforestation et la dégradation des forêts au cours de l'histoire récente tant au niveau national [2], [8],[19] que local [4], [21], [22]. La déforestation et la dégradation des forêts récentes affectent la viabilité des écosystèmes et menacent ainsi la capacité des forêts à produire des biens et services, en mettant ainsi en péril les populations autochtones, communautés locales, exploitants industriels et artisanaux qui en dépendent [21]. Il s'avère, en effet, essentiel de les comprendre afin de pouvoir gérer leurs effets dans le temps et dans l'espace [25].

Cependant, plusieurs études, à l'échelle locale, axées sur la déforestation se sont limitées à la connaissance spatialisée de l'intensité de la perte du couvert forestier et son impact sur l'intégrité du paysage écologique [3], [4], [13],[21], [22],[12]. Alors que dans la perspective actuelle de développement durable, il est indispensable d'identifier et d'évaluer les paramètres à la base de la déforestation et la dégradation des forêts [23] en vue d'entrevoir les changements futurs et l'utilisation de l'approche prospective devient de plus en plus incontournable [10]; [12],[15][20], [24], dans le souci de la mise en place des stratégies plus efficaces de lutte contre la déforestation et de rationaliser ainsi l'occupation du sol.

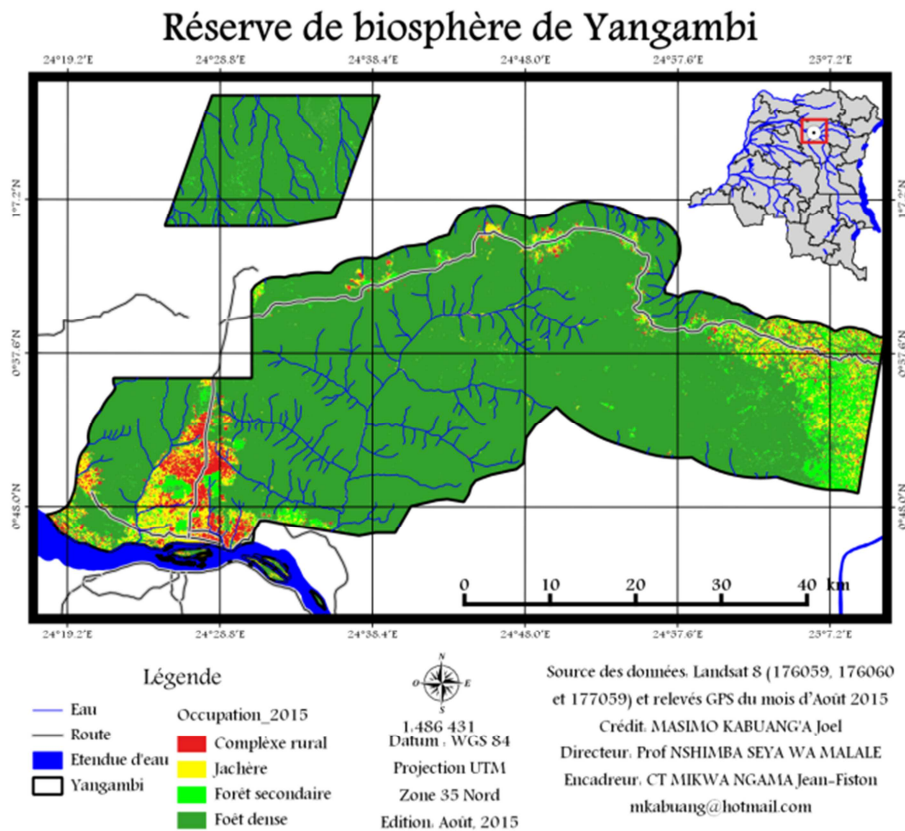
La réserve de biosphère de Yangambi est un site d'étude qui présente un enjeu national pour la politique agricole, celle de la conservation des forêts et de la biodiversité. En lisière de ce massif forestier, la physionomie du paysage forestier du terroir villageois change d'une année à l'autre sous l'effet des pratiques agricoles non durables effectuées par la population riveraine pour couvrir ses besoins alimentaires [1], [18]. La gestion des changements, qui se manifestent presque toujours par la dégradation des ressources naturelles, peut assurer le développement soutenable de cette région [9]. Se projeter dans l'avenir, imaginer l'état des forêts dans le futur est très utile dans la planification et la gestion des écosystèmes forestiers congolais. C'est en connaissant vers quoi l'on veut tendre demain que l'on peut aujourd'hui prévoir et bien réglementer.

L'objectif de cette étude est de terminer la dynamique spatio-temporelle des forêts et leur tendance à l'horizon 2065 dans la réserve de biosphère de Yangambi. Cet objectif permettra de vérifier les hypothèses selon lesquelles : (i) les forêts secondaires ont des taux de déforestation plus importants que les forêts secondaires, parce les forêts secondaires, d'une manière générale, sont proches des complexes ruraux et ont des risques plus élevés d'être anthropisées ; (ii) la détermination et la prédiction de la structure et de la composition du paysage permettra de mieux comprendre son fonctionnement et fournira ainsi des données utiles pour la mise en place de stratégies de gestion de la zone de mosaïque forêt-complexe rural. De façon spécifique, il s'agira de cartographier la réserve, de comparer deux outils de modélisation des occupations du sol (l'un à calibration automatique et l'autre calibration supervisée), de quantifier les changements annuels intervenus dans les classes d'occupation du sol et de prédire l'avenir des forêts de réserve.

## 2 ZONE D'ÉTUDE

La réserve de biosphère de Yangambi [Figure 2] qui s'étend sur une superficie de 25.000 ha dans le bassin du fleuve Congo se situe au Nord-Ouest de la ville de Kisangani dans l'actuelle Province de la Tshopo (partie Est de la RD Congo). Elle s'étale dans le territoire d'Isangi (secteurs de Turumbu et de Yalihila) et dans le territoire de Banalia (secteur de Bamanga).

La réserve se trouve entre 24°16'95" et 25°08'48" longitude Est, 0°38'77" et 1° 10'20" latitude Nord et à une altitude moyenne de 450 m [1]. Elle est accessible par voie terrestre (route) et par voie fluviale (via le fleuve Congo).



**Figure 2 : Zone d'étude**

La zone d'étude jouit d'un climat du type Af de la classification de Köppen. Les précipitations annuelles moyennes oscillent autour de 1814.3 mm avec au moins 172 jours où il pleut globalement en moyenne une fois tous les deux jours [1].

Les sols de la région de Yangambi, malgré leur substrat hétérogène, ont des aptitudes agricoles différentes. Ces sols sont majoritairement pauvres avec une CEC<sup>1</sup> faible (2 à 8 méq/100g), une acidité assez marquée (pH compris entre 3,5 et 5,5), une abondance de l'aluminium échangeable (environ 40 - 70 % voire 80 % de la CEC), une forte rétention du phosphore sur les oxydes de fer et des teneurs en azote et en phosphate assez faibles.

La végétation de la RBY fait partie du Centre régional d'endémisme guinéo-congolais [6]. Son évaluation a montré qu'il existe une diversité de formations végétales s'expliquant à la fois par le milieu physique (présence de plusieurs rivières notamment) et par une influence de l'homme qui a remanié à différentes époques les habitats.

### 3 METHODE D'ANALYSE ET TECHNIQUE DE MODELISATION DE L'EVOLUTION DES LUCC

D'une manière générale, deux étapes caractérisent la démarche méthodologique de cette étude :

<sup>1</sup> CEC : Capacité d'échange cationique

### 3.1 TRAITEMENT DES IMAGES SATELLITES

Douze images satellites (1986, 2002, 2010 et 2015), en raison de trois images par date, ont été utilisées pour cartographier les occupations du sol de la zone d'étude. La classification supervisée par pixel, basée sur l'algorithme du maximum de vraisemblance (« *Maximum Likelihood* ») a permis d'extraire les différentes classes d'occupation du sol. La mosaïque de 2015 a été traitée en premier pour permettre de valider les résultats avec les réalités de terrain. Le processus de classification des mosaïques, postérieurs à 2015, est resté identique à celui de 2015. Sauf que, pour les mosaïques postérieures à 2015, les zones d'entraînement ont été choisies sur la base de valeur de la mosaïque « *invariant* ». Le traitement des images satellites a été réalisé à partir des logiciels ENVI 4.7 et ArcGis10.1. Pour estimer la précision de la classification, le coefficient de kappa a été calculé. Les dénominations des classes ont suivi la stratification forestière du guide opérationnel [26].

### 3.2 COMPARAISON ET CALAGE DE DEUX MODELES (LAND CHANGE MODELER ET CA\_MARKOV)

Les résultats issus des différents traitements des images LANDSAT (de 1986 et 2010) ont servi à alimenter la base de données SIG (IDRISI). Le calibrage du modèle a été réalisé en 3 étapes :

#### 3.2.1 CALIBRATION

La calibration comprenait trois sous étapes :

- 1° Découpage du vecteur comprenant le réseau routier et sa transformation au format image pour être conforme aux données cartographiques ;
- 2° Une conversion des résultats de traitement par télédétection en format image ;
- 3° La création d'une série de cartes de distances pour les routes, la pente, MNT, les villages, les complexes ruraux et les distances aux objets spatiaux, considérées comme variables par le modèle LCM et CA\_Markov, basé sur le principe d'un calcul probabiliste selon la méthode Markovienne qui consiste à évaluer la probabilité qui caractérise au milieu la substitution d'un type d'occupation à un autre type.

Le nombre de variables explicatives à intégrer aux modèles de simulation des changements des modes d'occupation et usage du sol est contraint par leur disponibilité, leur spatialisation ainsi que par leur influence sur la localisation et les changements des types d'occupation du sol. L'évidence est que le nombre de facteurs présentés et intégrés est limité comparativement à la gamme des variables potentiellement explicatives. Le Tableau 1 reprend les sept groupes des variables, leurs descriptifs ainsi les variables considérées dans la démarche de modalisation.

**Tableau 1 : Descriptif des variables explicatives**

Catégorie	Descriptif	Variables prise en compte
<b>Agriculture</b>	L'agriculture itinérante sur brulis est classée comme cause première de la déforestation dans l'ex-province Orientale.	<i>Complexe rural, Distance au complexe rural</i>
<b>Exploitation forestière</b>	L'exploitation forestière peut influencer la déforestation et la dégradation des forêts de diverses manières : la coupe de bois, la construction des routes facilitent l'accès aux forêts natives, les autres types d'exploitations (collecte de bois de chauffe) n'ont pas pu être modélisés suite à l'absence des données.	<i>Distance aux concessions forestières</i>
<b>Infrastructures</b>	Les routes facilitent l'accès aux ressources forestières et leur évacuation, influant sur la déforestation.	<i>Routes</i>
<b>Facteurs démographiques</b>	Les besoins en nourriture, bois de chauffe, le lotissement etc., ont des conséquences sur l'expansion des zones agricoles, des villages, des villes ...	Densité de la population
<b>Facteurs socio-politique</b>	Les campements des populations dans les forêts de la réserve n'ont pas été considérés ainsi que d'autres facteurs non spatialement explicites.	-----
<b>Facteurs économiques</b>	La demande des produits forestiers a une influence sur la déforestation. Ainsi l'accessibilité et la proximité aux grands centres influencent la déforestation.	<i>Distance aux villages</i>
<b>Facteurs biophysiques</b>	Il s'agit des paramètres naturels dont leur présence influence la déforestation dans la zone d'étude.	<i>Distance au fleuve Congo, Pente et Altitude.</i>

La légitimité de ces données à calibrer aux deux modèles doit être discutée comme le recommande la revue de la littérature [23] :

En effet, certaines d'entre-elles sont postérieures à 2010, ce qui fausserait le calibrage et ainsi l'extrapolation des dynamiques d'occupations du sol. Les données sur le zonage dans la réserve datent de 2012 [1] et devraient donc être exclues, de même que la densité de la population datant de 2011. Cependant, et après vérification auprès de l'Office de Routes et au ministère provincial de transport et voies de communication, les axes de communications sont restés relativement stables entre 1986 et 2010 même si leur état se détériore au fil du temps. Enfin, nous considérons que les villages sont restés relativement stables durant la période d'observation et que leur expansion est considérable.

Il y a lieu de noter que les variables sont de deux types : dynamiques et statiques. Les variables statiques traduisent l'aptitude pour chaque transition prise en considération et restent stables au cours du temps. Les variables dynamiques (proximité aux routes, proximité aux types d'occupation du sol déjà existants, etc.) sont recalculées à chaque pas durant le processus de prédiction. Le coefficient V de Cramer calcule la corrélation entre des variables et varie entre 0 et 1. Plus la corrélation est forte et plus le coefficient se rapprochera de 1 et vice versa. Selon [14], la variable sera considérée comme acceptable si son coefficient est égal ou supérieur à 0.4, mais devra être rejetée si le coefficient est inférieur à 0.15. Malgré tout, il faut garder à l'esprit qu'une forte corrélation ne tient pas compte de la complexité des relations entre les variables.

### 3.2.2 SIMULATION

La simulation consistait à choisir la méthode adéquate pour la transition potentielle qui peut être l'une de cinq méthodes suivantes : *la probabilité de preuve, l'exponentielle, la dérivate carrée, le logarithme népérien (naturel), et le Logit*. Un test rapide de la puissance potentielle des variables explicatives a permis de valider le modèle à chaque phase de calage. Il permettra ainsi d'ajuster, entre autres, l'ajustement des données complémentaires concernant la carte de tendance spatiale du changement, les données du réseau routier, la position des villes, etc. Une fois le modèle calé, un calcul prédictif sera effectué avec le choix préalable de la date concernée.

### 3.2.3 EVALUATION

Généralement, plusieurs étapes ont été utiles pour produire les cartes prédictives nécessitant l'entrée des paramètres suivants : des images d'occupation du sol (données d'occupation du sol en format image) de deux périodes (1986 et 2010), le réseau routier etc. Le modèle construit la matrice de transformation sur base des images précédentes avec, en cas de besoin, des actions de mise au point à l'aide des graphiques résultats (calage). La vérification se fait sur la base des images de 2015, considérées comme témoin.

Afin de dépasser la subjectivité et le manque de précision d'une approche comparative purement visuelle entre la carte d'occupation du sol issue des images de 2015 et la simulation de 2015, [17], montrent l'intérêt d'une comparaison statistique entre ces cartes. La validation se base sur une méthode permettant **de quantifier et visualiser les relations entre les changements d'occupation du sol et des variables explicatives**. Notre intérêt s'est porté cependant sur la **"budgétisation"** des erreurs et des prédictions correctes. Les auteurs distinguent quatre catégories de pixels avec (i) les pixels corrects en raison d'une constance observée et prédite (nullsuccesses [N]), (ii) les erreurs en raison d'une constance observée mais prédite comme changée (false alarms [F]), (iii) les pixels corrects dus à un changement observé et prédit (hits [H]) et (iv) les erreurs dues à un changement observé mais prédit comme constant (misses [M]).

Pour juger la précision de la prédiction globale des changements à travers l'ensemble du paysage, ils avancent une méthode permettant de mesurer les erreurs (en % du paysage) en raison de la quantité et de l'allocation en se basant sur les résultats de la budgétisation susmentionnée.

**Tableau 2: Mesure des erreurs et des exactitudes**

Oc : changement observé en pourcentage du paysage
Pc : changement prédit
Q : erreur en raison de la quantité des changements prédits
$Q =  pc - oc  =  (f+h) - (m+h)  =  f-m $
A : erreur en raison de l'allocation des changements prédits
$A = (f + m) - q = 2 \times \min(f, m)$
T : erreur totale
$T = f+m = q + a$

L'erreur due à la quantité de changement prédite mesure le pourcentage d'imperfection de la correspondance entre la quantité de changement observée et prédite. L'erreur due à l'allocation mesure le degré d'approximation de la correspondance dans l'allocation spatiale des changements, compte tenu de la spécification de la quantité des changements dans les cartes de changements observés et prédits.

## 4 RÉSULTATS

### 4.1 CARTOGRAPHIE DE L'OCCUPATION DU SOL DE LA ZONE D'ETUDE

#### 4.1.1 PRÉSENTATION DE L'OCCUPATION DU SOL

Les cartes issues du traitement des images satellites sont présentées sur la figure 10. Cinq classes ont été retenues pour caractériser l'occupation du sol de la réserve : Forêt primaire, Forêt secondaire, Jachère, le complexe rural et l'eau. Nous pouvons constater sur les quatre cartes que la classe la plus répandue est celle de *Forêt primaire* qui occupait plus de 80% de la surface totale tandis que la classe qui présente la proportion la plus petite est : *l'Eau*. Elle représente moins de 1 % du total de la surface<sup>2</sup>. L'analyse visuelle de ces quatre cartes nous permet de constater que les principaux changements sont : a) la croissance de *complexe rural* et *les forêts primaires* entre 1986 et 2015; b) la régression importante des *Forêts secondaires*, c) des fluctuations des surfaces occupées par les « *Jachères* ». La classe de *l'Eau* semble être la plus stable durant les trois dates analysées.

L'évaluation de nos résultats à partir des matrices de confusion, nous a permis de constater que les indices Kappa (0,987 en 1986 ; 0,978 en 2002 ; 0,983 en 2010 et 0,988 en 2015) et la mesure d'exactitude (99,13% en 1986 ; 98,64 % en 2002 ; 98,78% en 2010 et 99,21% en 2015) pour les quatre cartes, indiquent que les classifications sont de bonne qualité. Pour mener à bien ces évaluations nous avons utilisé comme matériel de référence, la cartographie éditée par l'ULC et quelques zones que nous avons reconnues sur le terrain.

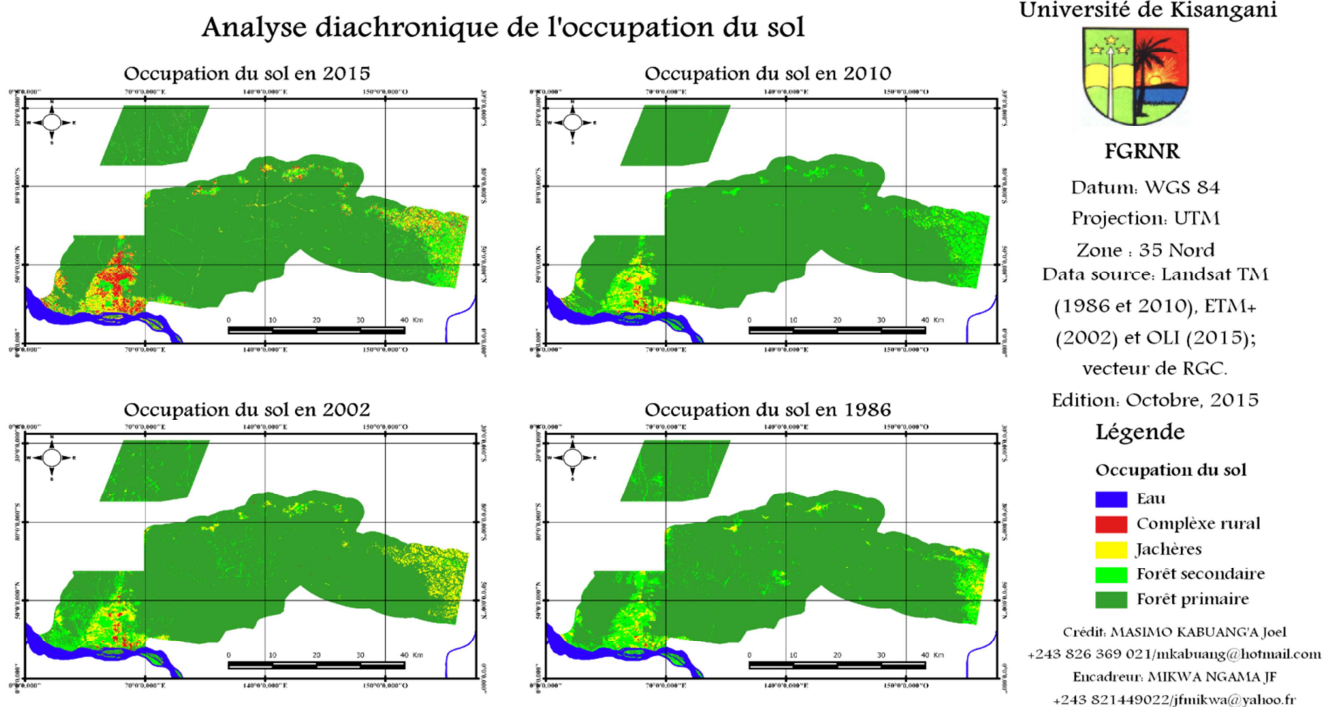


Figure 1 : Extrait des cartes de l'occupation du sol en 1986, 2002, 2010 et 2015

<sup>2</sup> Les étendues d'eaux prises en compte par ces statistiques sont les eaux géo localisées à l'intérieur des limites de la réserve. La partie du fleuve Congo traversant la zone d'étude n'est donc pas comptabilisée.

#### 4.1.2 EVOLUTION DE L'OCCUPATION DU SOL

Afin de montrer l'évolution de chaque classe d'occupation du sol au cours du temps, nous avons utilisé une série de transformations ensemblistes ; la relation entre la même classe à deux dates différentes, nous permet d'extraire les zones « stables », de « régression » et de « progression » de cette classe. On considère que T1 représente l'ensemble de pixels de la date 1 et que T2 est l'ensemble de pixels pour la date 2.

#### 4.1.3 QUANTIFICATION DU TAUX DE DÉFORESTATION

Après l'établissement des différents types de liaisons entre les trois dates, nous avons calculé les taux de changement entre les surfaces des classes d'occupation du sol et les taux de déforestation entre les dates 1986 – 2002 (T1 – T2), les dates 2002 - 2015 (T2 – T3) et les dates 1986 -2015 (T1 – T3). Pour les changements entre les classes d'occupation du sol, les valeurs positives représentent une progression de la surface de la classe pendant la période analysée et les valeurs négatives indiquent la perte de surface d'une classe entre les deux dates. Les valeurs proches de zéro nous indiquent que la classe reste relativement stable entre les deux dates. Concernant à la déforestation, les valeurs positives impliquent la restauration du couvert tandis que les valeurs négatives signifient la perte du couvert.

##### 4.1.3.1 EVOLUTION DE L'OCCUPATION DU SOL ENTRE 1986 ET 2002

On observe sur le tableau ci-dessous que la classe dont la surface reste la plus stable dans le temps est la classe de l'eau, en outre il s'agit de la classe la plus petite aux trois dates. En revanche, c'est la classe de *Jachère* qui est la plus fluctuante. Une autre classe qui montre des forts changements est la classe « *complexe rural* » qui est concentrée principalement dans le domaine foncier de l'INERA et la partie Nord-est de la réserve. Cette classe gagne en surface au détriment des *forêts primaires et secondaires*.

**Tableau 3: Changement d'occupation du sol et déforestation entre 1986 et 2002.**

Classe	2002	1986	T2-T1	Tc 1	Td
	Surface (ha)	Surface (ha)			
Eau	140,032	142,172	2,140	-1,505	
Complexe rural	2876,314	819,040	-2057,273	251,180	
Jachère	23769,095	13507,378	-10261,716	75,9711	
Forêtsecondaire	38094,614	43962,591	5867,977	-13,347	-0,895
Forêtprimaire	190234,640	196641,470	6406,836	-3,258	-0,207
<b>Total</b>	<b>255114,693</b>	<b>255072,656</b>			<b>-1,102</b>

T1 = surface à la date 1 (1986) ; T2 = surface à la date 2 (2002); Tc1 = taux de changement entre les dates 1986 et 2002. Les aires de complexe rural ont sensiblement progressé pendant cette période (couleur jaune). A l'inverse, nous pouvons constater une forte diminution des surfaces de « Forêt secondaire » (couleur bleue). Td est non spécifié pour les zones non forêt (couleur noire)

Les résultats du calcul de taux de changement entre 1986 et 2002 [Tc 1] montrent que la classe « *complexe rural* » présente une importante progression avec un Tc de 251,180 %, soit plus de 2057,273 ha de croissance durant une période de 13 années (tableau 5). Cette tendance se vérifie également à la classe de « *Jachère* » (avec une progression 7,59%). Nous pouvons percevoir plus clairement d'autres changements importants tels que la diminution des surfaces des Classes « *Forêt secondaire* » (-13,43% soit 5867,977 ha) et de « *Forêt primaire* » (-3,22 % équivalent à 6406,836 ha).

Ce même tableau montre également que le taux de déforestation<sup>3</sup> dans la réserve entre 1986 et 2002 est de 1,10%. La classe de *Forêt secondaire* a connu une perte de 0,8954% alors que la classe de *Forêt primaire*, sur la même période, a connu une perte moins importante estimée à 0,2070%. En termes de superficie, la réserve a perdu, dans seize ans, 5867,97 ha de

<sup>3</sup> Les valeurs négatives indiquent la perte donc la déforestation tandis que les valeurs positives impliquent la reconstitution du couvert forestier.

*forêt secondaire* et 6406,8361 ha de *forêt primaire*. Donc durant cette première période d'observation, la réserve a perdu 12274,81 ha de forêts (soit 944,22 ha perdus chaque année sur cette période).

#### 4.1.3.2 EVOLUTION DE L'OCCUPATION DU SOL ENTRE 2002 ET 2015

Durant cette période la classe *forêt secondaire* présente toujours une forte régression entre les deux dates, mais nous pouvons aussi observer un comportement similaire pour la classe de « *Jachère* ». Dans le cas de la forêt secondaire, il est clair qu'elle a perdu une proportion considérable de sa surface au profit des zones de *complexe rural* et éventuellement *aux forêts primaires*. Nous observons que les changements durant cette période sont très importants que durant la période précédente. Cependant, nous pouvons noter que la classe « Forêt primaire » et celle de complexe rural présentent des progressions plus élevées que le reste des classes (Tc 2 de 240,1 % et 12,6% respectivement). Nous pouvons donc dire que l'occupation du sol pendant la période comprise entre 1986 et 2002 montre une stabilité dans une certaine mesure, en particulier de « l'eau et les forêts primaire ». Néanmoins, il y a des zones le long de la route qui montrent des signes d'anthropisation, comme par exemple les cultures et les petits villages...

Concernant les taux de déforestation, on constate que la forêt primaire connaît un accroissement dans sa surface estimée à 0,74% alors que la forêt secondaire perd sensiblement sa surface (régression estimée à 5,060 % soit 21137,961 ha). La perte totale du couvert forestier est estimée à 4,320% sur une longue période de treize années. Une telle évolution est liée non seulement à la forte croissance actuelle de la population de la région, mais aussi à la détérioration de l'INERA dont le personnel se tourne vers l'agriculture pour assurer leur survie.

Le Tableau 7 résume les changements observés et la déforestation qui en découle durant la seconde période d'observation.

**Tableau 4: Changement d'occupation du sol entre 2002 et 2015.**

Classe	2015	2002	T3-T2	Tc2	Td
	Surface (ha)	Surface (ha)			
Eau	141,037	140,032	-1,005	0,717	
Complexe rural	9783,590	2876,3147	-6907,276	240,143	
Jachère	13994,862	23769,095	9774,233	-41,121	
Forêt secondaire	16956,652	38094,614	21137,961	-55,488	-5,060
Forêt primaire	214157,41	190234,64	-23922,772	12,575	0,740
<b>Total</b>	<b>255033,551</b>	<b>255114,693</b>			<b>-4,3196</b>

T2 = surface à la date 2 (2002) ; T3 = surface à la date 3 (2015) ; Tc2 = taux de changement entre les dates 1986 et 2002. Les changements sont faibles et il s'agit seulement de la progression des classes « prairies-maquis », « bâti » et « sol nu » (couleur orange). Td est non spécifié pour les zones non forêt (couleur noir)

#### 4.1.3.3 BILAN FINAL DE L'EVOLUTION DE L'OCCUPATION DU SOL

Nous observons l'ensemble de résultats obtenus à partir des calculs du taux de changement : a) 1986 – 2002 (16 ans) ; b) 2002 – 2015 (13 ans) et c) 1986 – 2003 (29 ans). Il en ressort constater que les changements les plus spectaculaires ont eu lieu entre les années 2002 et 2015 bien que cette période soit relativement courte comparée à la première. Les deux autres comparaisons montrent des changements plus modérés. Les périodes 2002-2015 présentent un taux de déforestation plus élevé (4,320%). Cependant, nous pouvons observer que, dans tous les cas, la classe « complexe rural » représente plus de la moitié des augmentations de surface, indiquant une progression constante pendant les trois périodes de temps analysées. Pendant les trois périodes, mis à part la catégorie de complexe rural, les classes qui ont fluctué le plus sont les « *Jachères* » et « *les forêts primaires* ». La classe de forêt secondaire a connu une régression sans précédente entre 1986-2002 et 1986-2015.

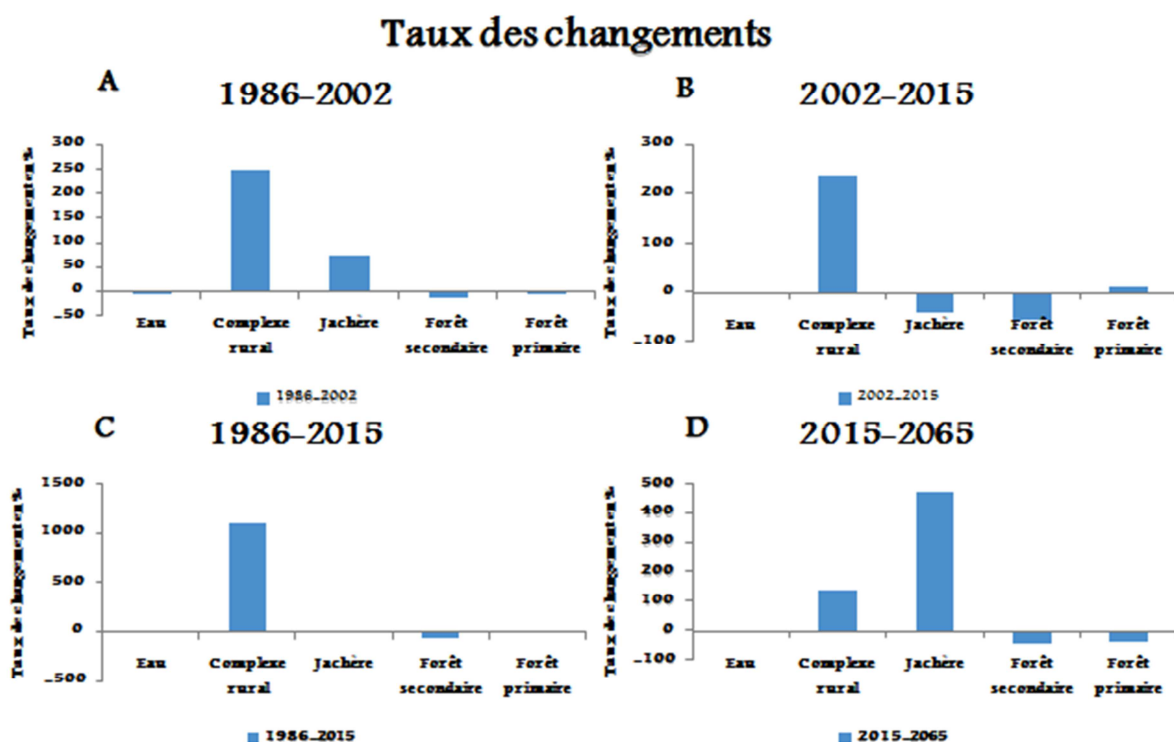


Figure 2 : Graphiques des résultats du taux de changement entre les différentes périodes analysées. A) la période 1986-2002; B) la période 2002-2015 ; C) la période 1986-2015 et D) 2015-2065.

#### 4.2 DYNAMIQUE PROSPECTIVE DANS L'ECOSYSTEME DE LA RESERVE

La matrice de Markov entre 1986 et 2010 présente la probabilité qu'à chaque classe en 1986 de changer ou non pour une autre classe en 2010. Le constat est qu'une stabilité globale particulièrement marquée s'observe pour la classe de *forêt primaire* et de l'eau. Toutefois, il y a une plus forte probabilité pour les *forêts secondaires* de devenir *complexe rural* que d'être converties en forêt primaire (9 % contre 2 %). La logique qui en découle est que la forêt secondaire qui se dégrade, laisse la place aux cultures et jachères. Mais aussi, ces forêts laissent, dans certaines situations, directement la place au complexe rural. Nous notons également la recolonisation des forêts primaires (6%), à la place de Jachère.

Tableau 5 : Probabilité de transition (en %) entre les classes d'occupation du sol

1896	2010				
	Forêtprimaire	Forêtsecondaire	Jachère	Complexe rural	Eau
Forêtprimaire	1,00	0,21	0,06	0,00	0,00
Forêtsecondaire	0,02	0,94	0,08	0,09	0,00
Jachère	0,01	0,03	0,86	0,06	0,00
Complexe rural	0,00	0,03	0,07	0,98	0,00
Eau	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

##### 4.2.1 RELATION ENTRE LES CHANGEMENTS OBSERVES ET LES VARIABLES EXPLICATIVES

Le tableau 8 montre le seuil d'association entre les principaux changements et les variables explicatives. La distance par rapport aux concessions forestières et la distance au fleuve ne joue pas un rôle important au regard des principaux changements observés entre 1986 et 2010. Généralement, ces transitions augmentent avec la proximité du complexe rural. L'intensité des changements d'occupation du sol diminue à mesure que la distance par rapport aux routes, aux villages et la pente augmente (les coefficients de corrélation linéaire supérieurs à -0,50).

Les zones ayant transité de « Forêt secondaire » vers « complexe rural » ont été probablement influencées par la proximité des Jachères. Rappelons que seules, les variables dont le coefficient de corrélation compris entre -1 et -0,5 (et 0,5 et 1) sont retenues.

**Tableau 6: Relation entre les transitions observées (1986-2010) et les variables spatiales. Les valeurs retenues sont en gras**

		DACF	DAR	DAV	DAFL	PTE	DCR 86	DJA 86	DFS 86	DFP 86
Trans-FP »FS	CoefPeason	0,11	<b>-0,52</b>	0,14	0,12	0,12	0,10	0,15	0,13	0,14
	V de Cramer	0,08	0,06	<b>0,19</b>	0,06	0,09	0,06	<b>0,18</b>	<b>0,16</b>	<b>0,19</b>
Trans-FS »JA	CoefPeason	0,13	<b>-0,63</b>	<b>-0,51</b>	0,10	0,14	<b>-0,57</b>	<b>-0,60</b>	-0,26	-0,42
	V de Cramer	0,03	0,09	<b>0,18</b>	0,02	0,01	0,08	<b>0,15</b>	0,02	0,04
Trans-JA »FS	CoefPeason	0,11	<b>-0,57</b>	-0,47	0,13	0,17	-0,26	<b>-0,69</b>	<b>-0,51</b>	<b>-0,67</b>
	V de Cramer	0,05	<b>0,16</b>	<b>0,20</b>	0,03	<b>0,19</b>	<b>0,16</b>	0,06	<b>0,16</b>	0,08
Trans-CR »JA	CoefPeason	0,12	<b>-0,55</b>	<b>-0,52</b>	0,11	0,14	<b>-0,66</b>	0,11	<b>-0,63</b>	<b>-0,72</b>
	V de Cramer	0,05	<b>0,19</b>	0,14	0,09	<b>-0,50</b>	<b>0,19</b>	0,06	<b>0,19</b>	<b>0,19</b>
Trans-JA »FP	CoefPeason	0,10	0,13	0,12	0,12	0,12	0,11	<b>-0,57</b>	0,15	0,13
	V de Cramer	0,09	0,07	0,09	0,01	0,04	0,06	0,12	0,06	0,08
Trans-CR »FS	CoefPeason	0,13	<b>-0,50</b>	<b>-0,52</b>	0,10	<b>-0,68</b>	0,11	<b>-0,60</b>	<b>-0,70</b>	<b>-0,50</b>
	V de Cramer	0,03	0,01	0,04	0,05	0,07	0,03	0,11	0,09	0,01
Trans-FS »CR	CoefPeason	0,11	<b>-0,68</b>	<b>-0,66</b>	0,13	0,13	<b>-0,54</b>	<b>-0,66</b>	0,14	0,12
	V de Cramer	0,06	<b>0,17</b>	<b>0,19</b>	0,08	0,09	<b>0,19</b>	<b>0,22</b>	<b>0,16</b>	<b>0,18</b>

Variables= DACF : Distance aux concessions forestières ; DAR : Distance aux routes ; Distance au fleuve Congo ; PTE : pente ; ATL : Altitude ; DCR : Distance au complexe rural ; DJA : Distance aux Jachères ; DFS : Distance aux forêts secondaires et DFP : Distance aux forêts primaires. » Transition ; CR= complexe rural ; JA= Jachère ; FS= Forêt secondaire et FP= Forêt primaire.

#### 4.2.2 COMPARAISON VISUELLE ET VALIDATION DU MODELE

Les deux cartes simulées sont présentées et comparées sur la figure 13. Nous notons que la distribution de l'occupation du sol a été correctement simulée. Les forêts sont réparties sur l'ensemble de la réserve, les jachères et les complexes ruraux se localisent dans la partie Est et Sud-ouest. Les deux simulations présentent beaucoup de ressemblances avec la carte réelle de 2015.

En effet, on peut constater que la simulation de CA\_Markov présente beaucoup de taches comprenant les zones de complexe rural dans la partie centrale de la réserve bien qu'un filtrage de 5X5 a été effectué. Le CA\_Markov simule bien les jachères et les forêts tant primaires que secondaires.

Le Land Change Modeler présente sur sa simulation les occupations du sol de manière assez similaire avec le CA\_Markov. Toutefois, on peut signaler la présence des taches assez grosses de complexe rural dans la réserve forestière de N'Gazi. Les autres classes sont aussi bien réparties sur la réserve.

### Comparaison visuelle des simulations avec l'image réelle en 2015

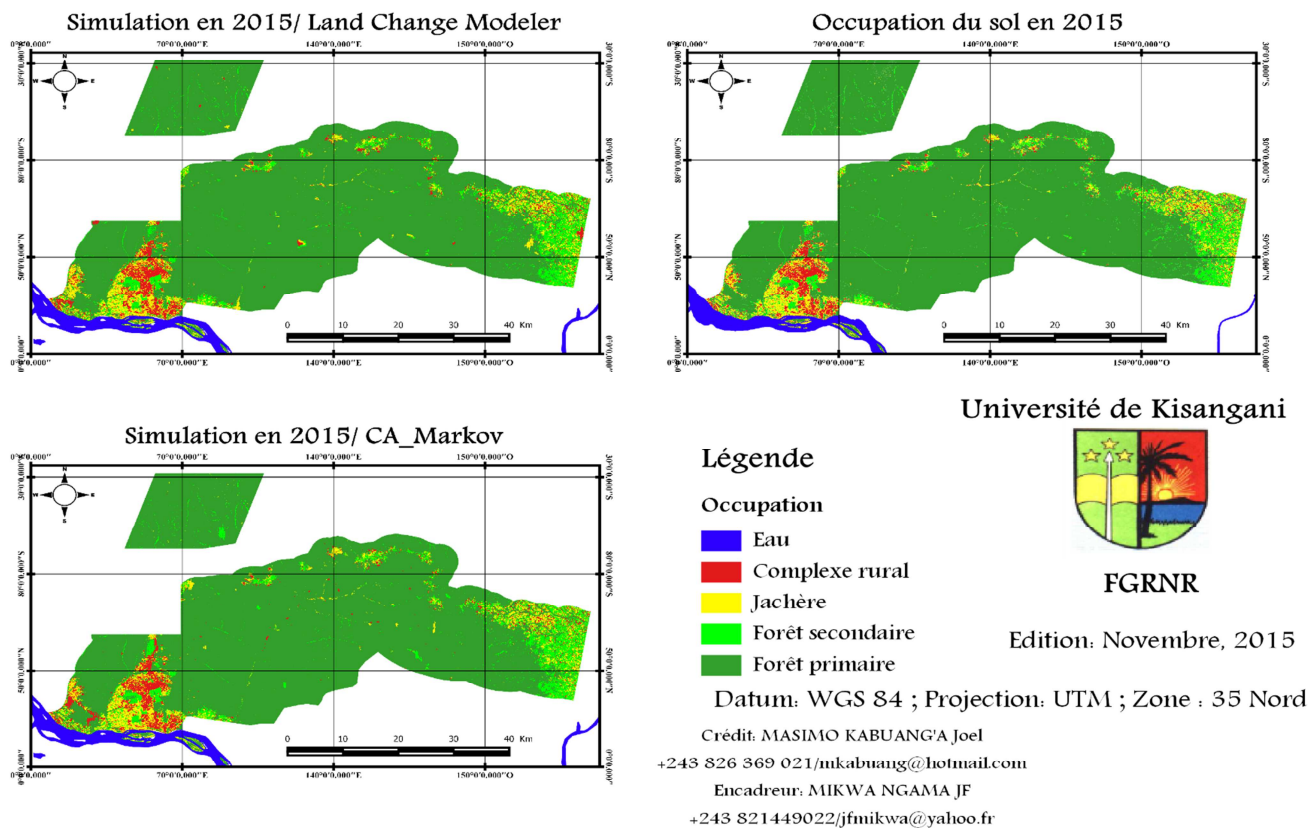


Figure 3 : Occupation du sol en 2015 observée et simulée par CA\_Markov et par LCM

#### 4.2.2.1 CA\_MARKOV

La validation du modèle a été réalisée en comparant les changements observés et prédits entre 1986 et 2010. 82 % de la persistance observée (sur un total de 90 %) entre 1986 et 2010 a été correctement prédite [N]. La prédominance de la forêt primaire et la stabilité de la classe l'eau comparativement aux autres types d'occupation explique en partie ce résultat. Les erreurs en raison d'une constance observée mais prédite comme changée sont de 8 % [F], alors que les erreurs dues à un changement observé mais prédit comme constant [M]qui traduisent le processus inverse atteignent les 7 %. Enfin, les changements observés ayant été correctement prédits par le modèle sont de 3 % [H]. Le total des changements observés [OC = M + H] est de 10 % alors que les changements totaux prédits [PC = F + H] ont été sous-estimés avec 11%. La précision de la prédiction globale des changements à travers l'ensemble de la réserve est la suivante :

$$\begin{aligned} \text{Erreur de quantité (Q)} &= |F - M| = 1 \% \\ \text{Erreur d'allocation (A)} &= (F + M) - Q = 14 \% \\ \text{Erreur totale (Q + A)} &= 15 \% \end{aligned}$$

Tableau 7 : Matrice de continence entre les changements observés et les changements prédits (CA\_Markov)

		Changements observés 1986-2010		
		0	1	Total
Changements prédits 1986-2010	0	0,82	0,07	<b>0,93</b>
	1	0,08	0,03	<b>0,07</b>
	Total	<b>0,90</b>	<b>0,10</b>	<b>1,00</b>

La validation des changements par type d'occupation du sol montre que le modèle prédit 38 % de changement [PC] pour les Forêts alors que les changements réels [OC] pour ces classes n'ont été que de 17 %. Les erreurs dues à la quantité sont de 21 % alors que celles dues à la distribution sont nulles.

**Tableau 8 : Comparaison entre l'occupation du sol observée et simulée (CA\_Markov)**

Classe	FP	FS	JA	CR	Eau	Total simulé 2015
FP	32,4	0,54	0,54	2	0,00	<b>35,48</b>
FS	2,09	17,1	0,13	0,11	0,00	<b>19,43</b>
JA	3,17	2,11	15,55	1,2	0,00	<b>22,03</b>
CR	4,11	1,17	2,22	12	0,00	<b>19,5</b>
Eau	0,00	0,00	0,00	0,00	3,56	<b>3,56</b>
<b>Total observé 2015</b>	<b>41,77</b>	<b>20,92</b>	<b>18,44</b>	<b>15,31</b>	<b>3,56</b>	<b>100</b>

Sur les 35,48 % des forêts primaires simulées en 2015, 32,4 % concordent avec l'observation. Les 3,08 % restant correspondent aux résidus (ou M). Ils se localisent, pour la plupart, à proximité des forêts secondaires observées. Inversement, les autres résidus (F) (2,09 % de Forêts secondaires ; 3,17 % de Jachères et 4,11 % de complexe rural) traduisent des erreurs de simulation où le modèle omet l'apparition de nouvelles forêts primaires.

#### 4.2.2.2 LAND CHANGE MODELER

73 % de la constance observée entre 1986 et 2015 ont été correctement prédites [N]. Les erreurs en raison d'une constance observée mais prédite comme changée sont de 13 % [F], alors que les misses [M] qui traduisent le processus inverse atteignent les 9 %. Enfin, les changements observés ayant été correctement prédits par le modèle sont de 5 % [H]. Le total des changements observés [OC = M + H] est de 14 % alors que les changements totaux prédits [PC = F + H] ont été sous-estimés avec 8 %. La précision de la prédiction globale des changements à travers l'ensemble du paysage est la suivante :

$$\text{Erreur de quantité (Q)} = |F - M| = 4 \%$$

$$\text{Erreur d'allocation (A)} = (F + M) - Q = 18\%$$

$$\text{Erreur totale (Q + A)} = 22\%$$

**Tableau 9 : Matrice de contingence entre les changements observés et les changements prédits (LCM)**

		Changements observés 1986-2010		
		0	1	Total
Changements prédits 1986-2010	0	0,73	0,09	<b>0,82</b>
	1	0,13	0,05	<b>0,18</b>
	Total	<b>0,86</b>	<b>0,14</b>	<b>1,00</b>

La validation des changements par type d'occupation du sol montre que le modèle prédit 67 % de changement (PC) pour les forêts alors que les changements réels (OC) pour cette catégorie n'ont été que de 15 %. Les erreurs dues à la quantité sont de 52 % alors que celles dues à la distribution sont nulles.

**Tableau 10 : Comparaison entre l'occupation du sol observée et simulée (LCM)**

Classe	FP	FS	JA	CR	Eau	Total simulé 2015
FP	<b>30,4</b>	1,54	0,65	2,89	0	<b>35,48</b>
FS	6,09	<b>13,1</b>	0,13	0,11	0	<b>19,43</b>
JA	2,17	2,21	<b>15,44</b>	2,21	0	<b>22,03</b>
CR	3,11	4,07	2,22	<b>10,1</b>	0	<b>19,5</b>
Eau	0	0	0	0	<b>3,56</b>	<b>3,56</b>
<b>Total observé 2015</b>	<b>41,77</b>	<b>20,92</b>	<b>18,44</b>	<b>15,31</b>	<b>3,56</b>	<b>100</b>

Sur les 35,48 % de forêts simulées en 2015, 30,4 % concordent avec l'observation. Les 5,08 % restant (1,54% de forêt secondaire ; 0,65 % de jachère et 2,89 % de complexe rural) correspondent aux résidus (ou M). Contrairement à CA\_Markov, ils se répartissent de manière diffuse et fragmentée sur le piémont sans aucune relation de proximité avec des forêts secondaires existantes, et apparaissent plus homogènes au sud et à l'ouest de la réserve. Par contre, les autres résidus (F) (6,09 % de forêt secondaire ; 2,17 de jachère et 3,11 % de complexe rural) traduisent des erreurs de simulation où le modèle omet l'apparition de forêt primaire.

#### 4.3 CARTOGRAPHIE DE RISQUE DE DEFORESTATION A L'ECHEANCE 2065

Les deux modèles prédisent les forêts réellement observées de la même manière. Pris isolément, CA\_Markov donne des résultats plus proches de la réalité que Land Change Modeler avec une moyenne de 70,81 % contre 61,69 % respectivement.

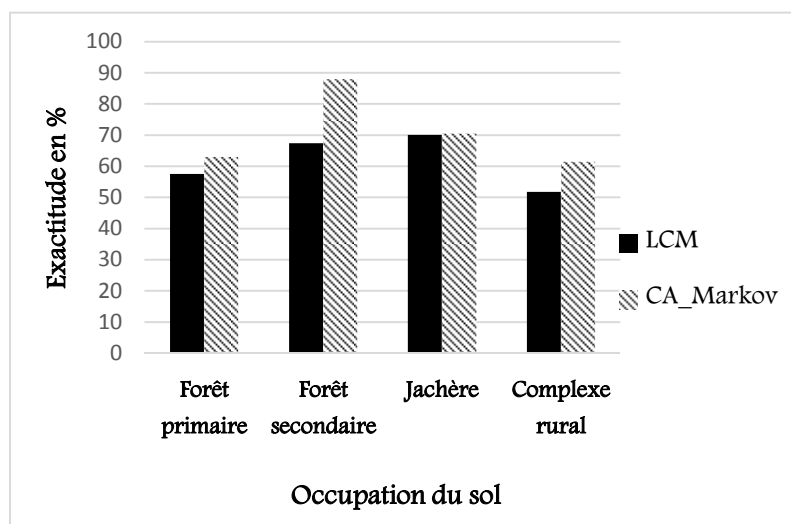


Figure 4 : Exactitudes dans la prédiction des classes (CA-Markov et LCM) comparées aux occupations observées

Les modèles présentent une surestimation par classe de 7,3% et 9,34% respectivement pour le CA\_Markov et le Land Change Modeler. Toute fois, ces erreurs apportent une dimension non négligeable quant à l'évolution future de la déforestation.

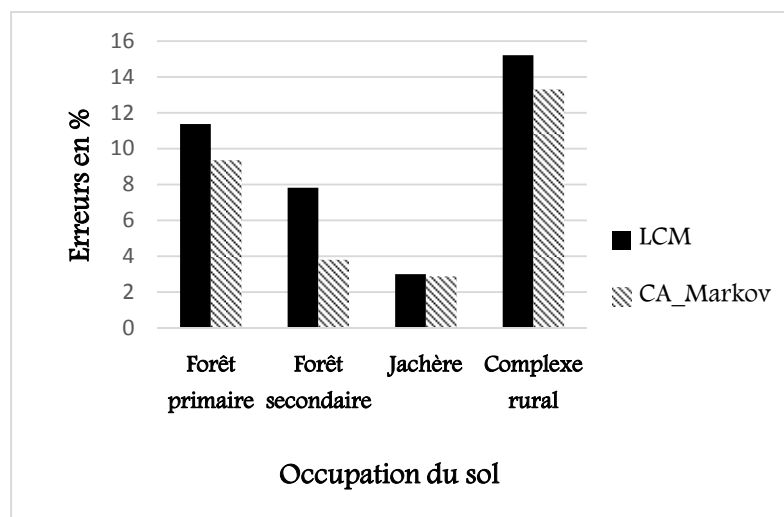


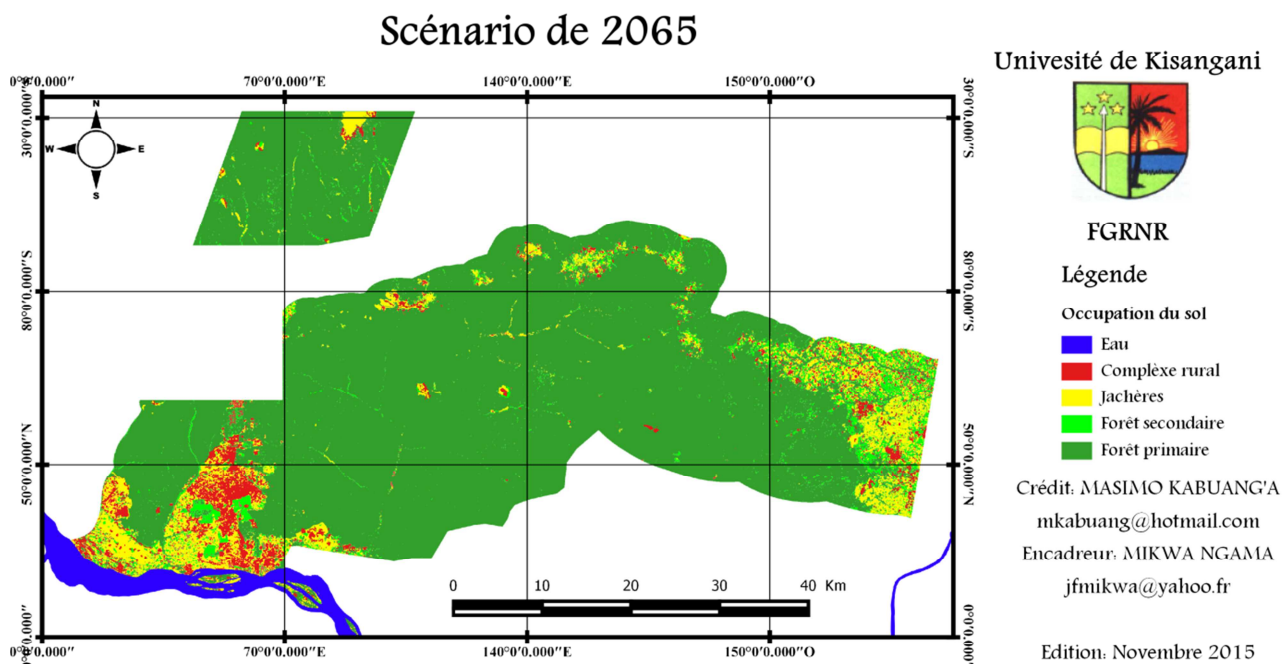
Figure 5: Erreurs dans la prédiction des classes (CA-Markov et LCM) comparées aux occupations observées

Logiquement, l'outil de modélisation CA\_Markov a été utilisé pour la simulation des occupations du sol à l'échéance de 2065. Pour rappel, la fiabilité de simulation dépend de la qualité des données calées aux modèles.

#### 4.3.1 PRÉSENTATION DU SCÉNARIO DE 2065

La réalisation des simulations a permis la création de la carte prédictive de 2065. La progression des formations anthropisées à la place des formations végétales naturelles affectera gravement la variabilité de l'écosystème. L'analyse de celle-ci fait ressortir plusieurs remarques quant à l'évolution de l'occupation des sols de la réserve de biosphère de Yangambi :

- ✓ Une densification du complexe rural dans le domaine foncier de l'INERA, aux alentours des localités N'gazi, Bengamisa et Bokau. Ce constat est prévisible dans la mesure où la proximité de la ville favorise ce type d'évolution. Le même phénomène tend à se reproduire, mais à un degré faible, le long de la route Weko-Bengamisa. Cette situation s'explique par l'état de cette route durant la période d'observation.
- ✓ La montée exponentielle de la classe des jachères à la place des forêts secondaires, les forêts primaires et des complexes ruraux. Cette allure paraît logique car les zones de culture sont mises en jachère. Mais aussi la proximité aux jachères influence la perte du couvert forestier plus particulièrement celui des forêts secondaires.
- ✓ Du point de vue forestier, bien qu'on assiste à une régression importante des forêts secondaires et les forêts primaires, toutefois, les forêts primaires gagnent le terrain partout où l'accès est difficile mais la perte est tellement importante que la tendance reste négative.



**Figure 6 : Carte prédictive de l'occupation du sol dans la réserve de biosphère de Yangambi à l'horizon 2065**

#### 4.3.2 EVOLUTION DE L'OCCUPATION DU SOL ENTRE 2015 ET 2065 DANS LA RESERVE DE BIOSPHERE DE YANGAMBI

Les résultats prévisionnels du calcul de taux de changement entre 1986 et 2002 (Tc3) montrent que la classe « *Jachère* » présente une importante progression avec un taux de changement de 473,030 % de croissance durant une période de 50 années (tableau 13). D'autres changements importants tels que la diminution des surfaces des Classes « *forêt secondaire* » (-43,007%) et de « *forêts primaires* » (-33,769%) et la progression des surfaces de la classe « *complexe rural* » (137,270%).

Ce tableau entrevoit également le taux de déforestation dans la réserve entre 2015 et 2065 est de 6,090%. La classe de *Forêt secondaire* connaîtra une déforestation de 3,5149 %. Le comportement similaire s'observe pour la classe de *Forêt*

primaire (2,576%). En termes de superficie, la réserve risque de perdre 7292,67066 ha de forêt secondaire et 72320 ha de forêt primaire dans cinquante ans à venir.

Tableau 11: Changement d'occupation du sol et déforestation entre 2015 et 2065.

Classe	2065	2015	T4-T3	Tc1	Td
	Surface (ha)	Surface (ha)			
Eau	140,27269	141,0378	0,76511003	-0,5424	
Complexe rural	23213,59073	9783,59073	-13430	137,270	
Jachère	80194,8616	13994,8616	-66200	473,030	
Forêt secondaire	9663,981741	16956,6524	7292,67066	-43,007	-3,5149
Forêt primaire	141837,4089	214157,4089	72320	-33,769	-2,5758
<b>Total</b>	<b>255050,1157</b>	<b>255033,5514</b>			<b>-6,090</b>

T3 = surface à la date 3 (2015) ; T4 = surface à la date 4 (2065) ; Tc 3 = taux de changement entre les dates 1986 et 2002. Les aires des jachères ont sensiblement progressé pendant cette période (couleur jaune). A l'inverse, nous pouvons constater une forte diminution des surfaces de « Forêts secondaire » (couleur bleu). Td est non spécifié pour les zones non forêt (couleur noir).

## 5 DISCUSSION

La réserve de biosphère de Yangambi connaît un dynamisme anthropique important qui affecte la diversité biologique de cette réserve. Selon la vision du MAB, cette réserve est sensée assurer les fonctions de conservation, les fonctions de développement et les fonctions de support logistique. Face cette situation, l'utilisation rationnelle des terres semble être une meilleure solution pour concilier tous ces enjeux.

L'analyse diachronique étalée sur une période allant de 1986 à 2015 a permis de cartographier les occupations du sol en quatre dates : 1986, 2002, 2010 et 2015. L'évaluation de nos classifications indique que la classification de 2015 a une meilleure exactitude comparativement aux classifications autres classifications. Cette situation semble s'expliquer par la facilité qu'a le capteur OLI à discriminer les objets cibles sur la composition colorée. Toutefois, on peut noter que la qualité de la classification est liée à la résolution de l'image.

L'ampleur de la déforestation est visible sur la carte de 2015. La zone la plus affectée est celle située dans le domaine de l'INERA. La partie Est présente également des pertes importantes dans sa couverture forestière. En effet, ces deux zones bénéficient d'une accessibilité facile à partir du fleuve Congo, de la Kisangani Yangambi et de l'actuelle route Buta. Les tâches des complexes ruraux sont également présentes dans la partie nord de la réserve de biosphère. La partie centrale et la réserve forestière de N'Gazi ne sont très touchées par ces dynamismes.

En comparant la carte de 1986 et celle de 2002, on constate que les zones où il y a eu recul de forêts en 2002 sont localisées au niveau de petits points qui en 1986 appartenaient déjà à la classe complexe rural. Il y a donc une intensification notoire des actions des hommes sur les forêts de la réserve de biosphère à partir des points localisés déjà identifiées en 1986 comme anthropisés.

Le processus d'antropisation commence par des ouvertures qui sont utilisées par la population pour défricher les forêts. Ces ouvertures sont contiguës aux forêts secondaires avant les forêts primaires. En effet, ici le noyau est la classe de complexe rural, ensuite autour de ce noyau, on a la forêt secondaire avant d'atteindre la forêt primaire. Les jachères jouent un rôle tampon. Les forêts secondaires sont en effet très affectées par la déforestation suite à leur position par rapport au noyau. Cette assertion est étayée par l'analyse des taux de changement et de déforestation, qui montrent changements importants entre les classes des complexes ruraux et celles des forêts secondaires avec comme conséquence une forte intensité de la perte du couvert forestier plus particulièrement des forêts secondaires (Taux%).

D'une manière générale, ce dynamisme se résume par (i) la croissance de *complexe rural*, (ii) la régression inquiétante des *Forêts secondaires* et (iii) la stabilité relative des surfaces occupées par les « *Jachères et les forêts secondaires* ». La classe de l'*Eau* semble être la plus stable durant la même période d'observation (1986 à 2015).

L'augmentation des complexes ruraux peut s'expliquer par l'augmentation des zones cultivées dans la réserve. Noter que l'agriculture à Yangambi, comme partout en RDC, présente un caractère itinérant basé sur le système de brûlis. Cette méthode d'exploitation est non durable et nuit gravement à l'environnement portant ainsi atteinte à l'intégrité écologique de ce paysage. Ce ci s'observe sur la série de cartes d'occupation du sol avec l'apparition des taches des complexes ruraux.

Bien que l'agriculture ait été pointée du doigt par plusieurs travaux comme facteur premier de la déforestation [5], [11], [21], [22], [18], elle n'est pas l'unique facteur à la base de l'augmentation de surface des complexes ruraux. Les facteurs peuvent également expliquer ce phénomène, notamment l'extension de la ville de Yangambi et des villages, l'influence des voies de communications, le bois énergie etc.

L'affectation des terres devra donc tenir compte de la structure du paysage afin de limiter l'impact négatif des activités anthropiques sur l'écosystème. Logiquement les zones de mosaïque Jachère complexe rural devront faire l'objet des activités de développement durable. Par contre, les zones non fragmentées pourront servir à la conservation de la biodiversité exceptionnelle de Yangambi. La forêt en général pour ses populations constitue un enjeu économique et social important. La dégradation de ces forêts se traduit directement par une détérioration de leurs conditions de vie et met en danger leur mode de vie [7]. D'où l'importance de la sensibilisation pour son maintien et la préservation de la biodiversité qui s'y trouve. La figure ci-dessous récapitule l'évolution des surfaces par classe d'occupation du sol.

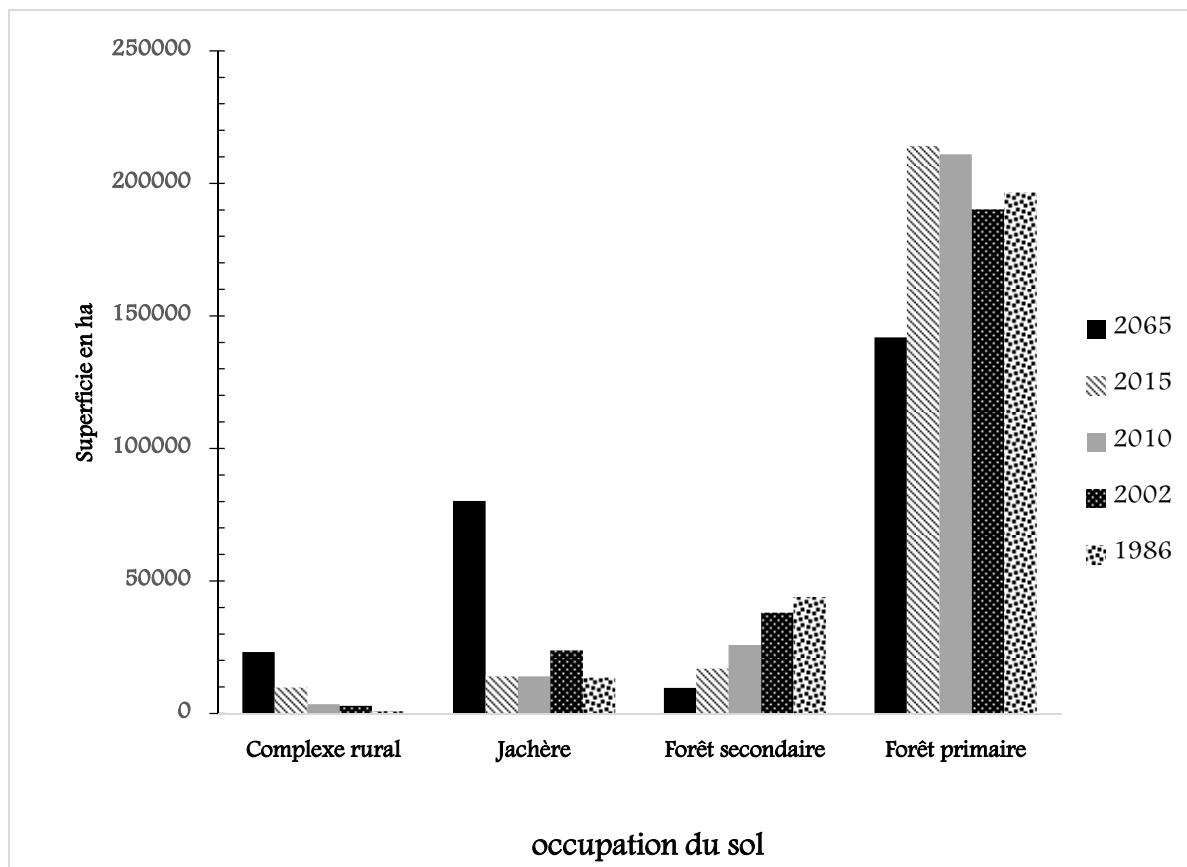


Figure 7 : Dynamique des occupations du sol entre 1986 et 2065

La modélisation de l'occupation du sol via les chaînes de Markov a permis de quantifier les changements probables et de mesurer les risques de déforestation à l'échéance 2065. En effet, deux outils de modélisations ont été comparés (le CA Markov et le Land Change Modeler). Cette comparaison révèle une part importante de la constance observée et simulée, 82 % pour CA Markov et 73 % pour LCM. Les deux modèles simulent bien les occupations du sol. Toutefois, les modèles prospectifs présentent quelques difficultés à simuler l'occupation du sol dans la dite réserve. Cette situation traduit donc la complexité des changements de l'écosystème de Yangambi qui ne doit pas s'expliquer seulement à l'aide d'un nombre limité des variables.

Il y a lieu de noter qu'à l'exception des variables calées aux modèles s'ajoutent d'autres variables dont la spatialisation et la quantification sont pratiquement impossibles. Il s'agit des facteurs politiques et institutionnels (pauvreté, chômage, conflits, code forestier, etc.), des facteurs démographiques (migration, distribution de la population), des facteurs culturels (consommation des ménages) et des facteurs économiques (coût du travail et du capital) etc.

Parmi les variables retenues, la distance par rapport aux complexes ruraux semble jouer un rôle important au regard des principaux changements observés entre 1986 et 2010. Ce constat est partagé par [23], dans l'analyse quantitative des causes

de déforestation et de la dégradation des forêts en RDC. Plusieurs auteurs ont également démontré l'influence considérable de l'agriculture sur la déforestation [5], [16],[18].L'importance de la distance aux routes, aux villages et la pente doivent également être soulignées.

La comparaison des occupations du sol observées et simulées en 2015 donne des résultats acceptables quant à l'allocation spatiale. Si LCM prédit autant d'occupations qu'il en omet, CA\_Markov affiche des résultats plus proches de ceux observés. L'observation des erreurs révèle que les erreurs d'allocations spatiales issues de LCM ont été nettement supérieures à celles de CA\_Markov. Ceci prouve la différence entre les deux modèles et permet de rejeter la troisième hypothèse.

La budgétisation des erreurs permet dire que le CA\_Markov abouti à des résultats plus concluants que le LCM. Toutefois, le présage d'une régression alarmante et continuelle si des mesures conséquentes ne sont pas mises en œuvre.

## 6 CONCLUSION

En considérant les résultats obtenus, il ya lieu d'affirmer que les analyses de l'imagerie LANDSAT (TM, ETM+ et OLI), partant de l'extraction jusqu'aux opérations post-classification, sont de qualité suffisante (Exactitude : **99, 13%** pour la mosaïque de 1986 ; **98,64 %** pour la mosaïque de 2002 ; **98, 78 %** pour la mosaïque de 2010 et **99,21%** pour la mosaïque de 2015 ) pour mettre en évidence que les dynamismes observés sur les images correspondent effectivement aux changements de l'occupation du sol durant ces 29 dernières années. En effet, il en découle de ce dynamisme qu'à la première période (1986 – 2002) les changements sont moins importants conduisant donc à une déforestation faible (1,1%). Par ailleurs, les changements sont alarmants à la seconde période d'observation (2002–2015) avec un taux de déforestation plus important de 4,31%. L'examen global de la période (1986–2015) permet d'affirmer la diminution inquiétante des forêts au profit des activités anthropiques dans la réserve (5,42% de déforestation).

L'ensemble de ces résultats cartographiques semble constituer une source objective d'informations quantitatives dont la qualité apparaît également à même d'autoriser un usage prédictif des modèles. Comme nous pouvons le constater à partir des résultats obtenus par des mesures directes et complétés par la modélisation prospective, l'écosystème forestier de la réserve est très affecté par la déforestation. Le nombre des variables pertinentes étant illimité, seules les variables spatialement explicites été prises en compte. Malgré des quantités proches de la réalité, les modèles présentent, dans l'ensemble, des difficultés à prédire les changements entre 1986 et 2010. Cette difficulté se traduit par les erreurs totales, pour les deux modèles, supérieures dix. La seconde hypothèse est approuvée.

La relation entre les changements observés et les variables explicatives indique que la distance aux concessions forestières et la distance au fleuve ne jouent pas un rôle important au regard des principaux changements observés entre 1986 et 2010. Généralement, ces transitions augmentent avec la proximité du complexe rural. L'intensité des changements d'occupation du sol diminue à mesure que la distance aux routes, aux villages et la pente augmente.

La comparaison de deux outils de modélisation (le CA Markov et le Land Change Modeler) révèle une part importante de la constance observée et simulée, 82 % pour CA Markov et 73 % pour LCM. Toutefois, les deux modèles simulent bien les occupations du sol. La comparaison des occupations du sol observées et simulées en 2015 donne des résultats acceptables quant à l'allocation spatiale. Si LCM prédit autant d'occupations qu'il en omet, CA\_Markov affiche des résultats plus proches de ceux observés. L'observation des erreurs révèle que les erreurs d'allocations spatiales issues de LCM ont été nettement supérieures à celles de CA\_Markov. Ceci prouve la différence entre les deux modèles.

La validation de ces modèles constitue une première étape à la modélisation prospective des occupations du sol à l'horizon 2065. CA\_Markov présente des résultats plus concluants que LCM et semble être à même de mieux prendre en compte les tendances d'évolution. Le LCM, de par son caractère non-supervisé, pourrait être plus adapté pour simuler des scénarii contrastés en restant totalement indépendant de la connaissance des experts. L'élaboration d'images issues de scénarii prospectifs tendanciel et contrastés favorisera l'identification de zones à enjeux socio-environnementaux concernant d'une part le milieu où les activités de développement peuvent être développées et d'autre part la préservation de la biodiversité. Le scénario de 2065 confirme la tendance actuelle. On constate sur la carte prédictive la diminution inquiétante des forêts avec des taux des changements négatifs. Ces taux permettent de confirmer la quatrième hypothèse.

La diminution de la pression sur les forêts de Yangambi passera assurément par la sédentarisation de l'agriculture. Les activités de développement que doit assurer la réserve de biosphère doivent mettre un accent particulier sur les pratiques de l'agriculture durable. Mais aussi le comité de pilotage de la réserve doit renforcer l'effectif des écogardes, matérialiser les limites de la réserve et élaborer un plan d'aménagement qui sera validé et mis en application.

## REFERENCES

- [1] B.B. Toirambe. *Plan d'Aménagement de la Réserve de Biosphère de Yangambi*. DRAFT. WWF-RDC, Kinshasa, RDC, pp. 69, 2011.
- [2] C. Ernst., A. Verhegghen., C. Bodart., P. Mayaux., C. Wasseige C., A. Bararwandika., G. Begoto., F. EsonoMba., M. Ibara., A. KondjoShoko., H. KoyKondjo., J.S. Makak., J.D. MenomoBiang., C. Musampa., R. NcogoMotogo., G. NebaShu., B. Nkoumakali., C.B. Ouissika., and P. Defourny., *Congo Basin forest cover change estimate for 1990, 2000 and 2005 by Landsat interpretation using an automated object-based processing chain*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXXVIII-4/C7, 2010.
- [3] C. K. Ilunga, *Cartographie par télédétection de l'occupation du sol dans la ville de Kisangani et sa périphérie entre 2002 et 2010*. Mémoire de D'Etude Approfondie, Faculté des Sciences, Université de Kisangani, Kisangani, République Démocratique du Congo, pp. 59, 2012.
- [4] C. Katembera., *Estimation par télédétection du taux de la déforestation dans la cuvette centrale congolaise : cas de la forêt d'Isangi, Province Orientale/RDC*, Mémoire de D'Etude Approfondie, Faculté des Sciences, Université de Kisangani, Kisangani, République Démocratique du Congo, pp. 47, 2013.
- [5] C. Megevand. *Dynamiques de déforestation dans le bassin du Congo: Réconcilier la croissance économique et la protection de la forêt*. World Bank, Washington, DC [ISBN : 978-0-8213-9838-8 ; DOI: 10.1596/978-0-8213-9827-2] 2013.
- [6] F. White. *La végétation de l'Afrique*. UNESCO, AETFAT et UNSO. 384p.  
<http://www.theses.ulaval.ca/2007/24216/ch03.html>, 1986.
- [7] F.A.O., *Recherches actuelles et perspectives pour la conservation et le développement*. Département des forêts FAO, Rome, Italie. (internet <http://www.fao.org/docrep/X2161F/X2161F00.htm>), 1999.
- [8] FACET, *Forêts d'Afrique Centrale Evaluées par Télédétection. Étendue et perte du couvert forestier en République démocratique du Congo de 2000 à 2010*. Université d'État du Dakota du Sud, Brookings, Dakota du Sud, États-Unis d'Amérique [ISBN: 978-0-9797182-5-0], 2010.
- [9] FIDA, *La Gestion de l'Environnement et des Ressources Naturelles: Une Préoccupation Croissante du FIDA*. CMA Terre. Unpubl. Report, 24pp. [En ligne : <http://www.youscribe.com/catalogue/presentations/actualite-et-debat-de-societe/activisme/la-gestion-de-l-environnement-et-des-ressources-naturelles-1042542>], 2001.
- [10] H. Balzter., *Markov chain models for vegetation dynamics*, Ecological Modelling, vol. 126, pp. 139-154, 2000.
- [11] I. Bamba., *Anthropisation et dynamique spatio-temporelle de paysages forestiers en République Démocratique du Congo*, Thèse, Université de Bruxelles, Belgique, pp. 205, 2010.
- [12] J. Bonnefoy., F. Bousquet., et J. Rouchier., *Modélisation d'une interaction individus, espace et société par les systèmes multi-agents : pâture en forêt virtuelle*, L'Espace Géographique, vol. 1, pp. 13-25, 2001.
- [13] J. Marechal, *Caractérisation de l'occupation du sol dans la ville de Kisangani (RD Congo) et sa périphérie entre 2002 et 2010*. Mémoire de master pour l'obtention du diplôme de bio-ingénieur en gestion des forêts et des espaces naturels. Agro bio tech. Université de Liège, Belgique, pp. 76, 2012.
- [14] J.R. Eastman., *The Land Change Modeler for Ecological Sustainability*, IDRISI Andes. Guide to GIS and Image Processing, Worcester, pp. 234-256, 2009.
- [15] J-F. Mas. M. Kolb., T. Houet., M. Paegelow., M.T.C. Olmedo. *Eclairer le choix des outils de simulation du changement des modes d'occupation et usages des sols*. Revue Internationale de Géomatique, Géomatique et occupation des sols, vol. 21, n°3 ; pp. 405-430, 2011.
- [16] J-N. Marien, *Forêts péri-urbaines et bois énergie : Quels enjeux pour l'Afrique centrale ?* In The Forests of the Congo Basin - State of the Forest 2008, Editors: de Wasseige C., Devers D., de Marcken P., Eba'aAtyi R., Nasi R. and Mayaux Ph., 2009, Luxembourg: Publications Office of the European Union, [ISBN 978-92-79-13210-0, doi: 10.2788/32259], 2009.
- [17] Jr. Pontius., D. Huffaker., K. Denman., *Useful techniques of validation for spatially explicit land-change models*, Ecological Modelling, vol. 179, 445-461. DOI :10.1016/j.ecolmodel.2004.05.010, 2004.
- [18] L. Mbemba. *Impact de l'agriculture itinérante sur brûlis en République Démocratique du Congo : Préparation d'un atelier et étude de cas dans la réserve de biosphère de Yangambi*. Rapport de stage présenté en vue de l'obtention du grade académique de Master en Sciences et Gestion de l'Environnement, Université Catholique de Louvain. 2012.
- [19] M. Boulogne., A. Pennec., E. Dubiez., M. Gigaud., A. Péroches., J. Lavielle., J. Rerolles., P. Proces., R. Peltier., J-N. Marien., V. Gond., *Dynamique d'évolution du couvert végétal et des stocks de carbone dans le bassin d'approvisionnement de la ville de Kinshasa*. Télédétection et carbone, Kinshasa, RDC, pp. 12, 2013.
- [20] N. Maestripiéri N. et Paegelow M., 2013. *Validation spatiale de deux modèles de simulation : l'exemple des plantations industrielles au Chili*, Cybergeo : European Journal of Geography | Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, document 653, [En ligne : <http://cybergeo.revues.org/26042> ] ; DOI : 10.4000/cybergeo.26042. Consulté le 13 mars 2015
- [21] N. Mikwa. *Assessment of forest degradation in the Yoko Reserve forest using remote sensing*. Mémoire de master. Gent University. Belgique, pp. 61, 2012.

- [22] N. Mikwa., *Evaluation par télédétection des effets de la déforestation et de la dégradation des forêts des environs des Kisangani cas de la région forestière de Masako*. Mémoire de DES. UNIKIS/FSA. Kisangani, RDC, pp. 51, 2010.
- [23] P. Defourny., C. Delhage., et L. Kibambe., *Analyse quantitative des causes de la déforestation et de la dégradation des forêts en République Démocratique du Congo*. Rapport final ; ULC/ELI-Géomatique Université Catholique de Louvain, Louvain-la-neuve, Belgique, pp. 104, 2011.
- [24] P. Coquillard., et D. Hill., *Modélisation et simulation d'écosystèmes. Des modèles déterministes aux simulations à évènements discrets*, Paris, France, 1997.
- [25] R.H. Andriamasimanana., E. H. Rasolomanana., C. Alison et J. Ratsimbazafy. *Étude des impacts écologiques du dynamisme spatio-temporel des habitats naturels sur la faune menacée du Complexe Zones Humides Mahavavy-Kinkony, Madagascar*. Madagascar conservation & development. Investing for a sustainable natural environment for future generations of humans, animals and plants of Madagascar pp. vol. 8, 86-90, 2013.
- [26] SPIAF, Service Permanent d'Inventaire d'Aménagement Forestier. *Normes de stratification forestière*. Guide opérationnel, Ministère de l'environnement conservation de la nature, eaux et forêts, Kinshasa, République Démocratique du Congo, pp. 23, 2007.

## Evaluation par télédétection des changements d'un couvert forestier de la région forestière de Kisangani

### [ Assessment by remote sensing of forest cover change in a forest region of Kisangani ]

Jean-fiston N. Mikwa<sup>1-2</sup>, Lumbuenamo Raymond<sup>4</sup>, Anitambua Sungu<sup>2</sup>, Jean-Marie Kahindo<sup>3</sup>, and Pierre Defourny<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Faculté des Gestions des Ressources Naturelles Renouvelables,  
Université de Kisangani, BP 2012, Kisangani, RD Congo

<sup>2</sup>Unité de recherche en sol et systèmes d'informations spatiales, RUSSIS,  
Faculté de Gestion des Ressources Naturelles Renouvelables,  
Université de Kisangani, BP 2012, Kisangani, RD Congo

<sup>3</sup>Faculté des sciences, Université de Kisangani, BP 2012, Kisangani, RD Congo

<sup>4</sup>Faculté des sciences agronomiques, Université de Kinshasa, Kinshasa, RD Congo

<sup>5</sup>Research unit in Environmental and Geomatics,  
Université Catholique de Louvain, ENGE, Croix du Sud 2, bte. 1348  
Louvain-la-Neuve, Belgium

---

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 survey is based on the assessment by remote detection of the deforestation in the forest region of Masako in Kisangani (RDC), it aims to quantify the dynamics of the soil occupation while using the techniques of the cartography by remote detection as well as those of the systems of geographical information.

We had used of the Landsat pictures TM p176r060 of January 1990 and March 2001, to make the cartography of the soil occupation, the method of the post-classifications has been used, six classes have been kept in order to apply a SIG under Arcgis 10, The matrix of confusion has been used to validate the results of the classification, the matrix of transition and the yearly rate of deforestation, have been used to quantify the fragmentation of the forest landscape.

Of the gotten results, the methods prove that him ya had a change in the occupation of soil of it spaces it of 11 years. So while comparing the gotten results, we noted that the forest landscape is in full change in Kisangani. Fragmentation remains intense for the classes of the dense forests and the secondary drill. The dominant class is the one of the fields and fallows.

**KEYWORDS:** deforestation, remote detection, fragmentation, geographical information system, spatial structure, Masako.

**RESUME:** Cette étude est basée sur l'évaluation par télédétection de la déforestation dans la région forestière de Masako à Kisangani (RDC), elle vise à quantifier la dynamique de l'occupation du sol en utilisant les techniques de la cartographie par télédétection ainsi que celles des systèmes d'informations géographiques.

Nous avons utilisé des images Landsat TM p176r060 de Janvier 1990 et de Mars 2001, pour faire la cartographie de l'occupation du sol, la méthode des post-classifications a été utilisée, six classes ont été retenues afin d'appliquer un SIG sous Arcgis 10, La matrice de confusion a été utilisée pour valider les résultats de la classification, la matrice de transition et le taux annuel de déforestation, ont été utilisés pour quantifier la fragmentation du paysage forestier

Des résultats obtenus, les méthodes prouvent qu'il ya eu un changement dans l'occupation du sol en l'espace de 11 ans. Ainsi en comparant les résultats obtenus, nous avons constaté que le paysage forestier est en plein changement à Kisangani. La fragmentation reste intense pour les classes des forêts denses et de la forêt secondaire. La classe dominante est celle des champs et jachères.

**MOTS-CLEFS:** déforestation, télédétection, fragmentation, système d'information géographique, structure spatiale, Masako.

## **1 INTRODUCTION**

Ces extraordinaires écosystèmes des forêts denses humides dotés d'une grande diversité biologique sont très fragiles et peuvent disparaître, entraînant des bouleversements tant du point de vue de la biodiversité que sur les populations et leurs activités [11]. La déforestation, phénomène mondial d'ampleur notable, rapide et en accélération, provoque la disparition de bon nombre d'espèces végétales et animales de grande valeur scientifique et économique et, par la dégradation, la fragilisation des écosystèmes [26].

La surexploitation des ressources naturelles par l'humanité, suite à la forte croissance démographique, a fait un boom ces quarante dernières années entraînant d'énormes modifications des écosystèmes, lesquelles ont des répercussions sur le climat, la biodiversité et l'occupation du sol. Ce rythme de consommation des ressources naturelles excède leurs rythmes de renouvellement [27].

Selon la [14] la surface totale mondiale des forêts a été estimée à 3.952 millions d'hectares soit 30,3 % de la surface totale de terre. Cela correspond à une moyenne de 0,62 ha par individu pour une population mondiale de 6,3 milliards d'individus. Par contre l'étendue des forêts africaines a été estimée à 635 millions d'hectares soit 16,1% de surface totale de forêt ; 21,4% de la surface des continents et 0,73 ha par individu pour une population de 868 millions d'individus en Afrique, [1].

La dernière évaluation de l'Organisation pour l'Agriculture et l'Alimentation [15] constate que 13 millions d'hectares de forêts ont disparu chaque année entre 2000 et 2005, en grande partie en Amérique du Sud, en Asie du Sud-Est et dans le Bassin du Congo. Durant les 15 années qui se sont écoulées entre 1990 et 2005, l'Afrique a perdu plus de 9% de sa superficie forestière [12].

Les forêts hébergent plus de 50% de la diversité spécifique terrestre, elles constituent des réservoirs stables pour 46% du carbone terrestre et absorbent le dioxyde de carbone qui nourrit l'effet de serre et jouent un rôle prépondérant dans le cycle de l'eau [15]. Les forêts tropicales humides participent à la purification et au recyclage de l'eau, de même elles sont essentielles à la lutte contre le réchauffement climatique car, plus qu'aucun autre écosystème, elles ont la faculté d'emprisonner le CO<sub>2</sub> (dioxyde de carbone). La destruction des forêts conduit à une perte de 2 à 3% de la biodiversité par décennie. L'estimation faite est qu'environ 137 espèces disparaissent chaque jour dans le monde du fait de la déforestation tropicale ; alors que 90% de la population pauvre, soit 1,5 milliard de personnes, dépendent totalement ou partiellement des forêts pour vivre [25].

Autrefois, entièrement recouverte de forêts tropicales depuis le Sénégal jusqu'à l'Ouganda [4] l'Afrique est largement dénudée aujourd'hui [8]. Et l'effeuillage s'accélère en raison de la déforestation causée par divers facteurs, l'un d'eux étant l'exploitation industrielle du bois sur le continent.

Le territoire de la République Démocratique du Congo (RDC) demeure boisé aux deux tiers, conservant pas moins de 145 millions d'hectares de forêts, dont 86 millions sont des forêts humides (40 % de la superficie du pays) [18]. Les forêts du Congo couvrent 1.700.000 km<sup>2</sup> de superficie et l'on y recense 400 espèces de mammifères et 10.000 espèces de plantes parmi lesquelles, 3.300 espèces de plantes et 39 espèces de mammifères sont endémiques. A l'échelle de la planète, on sait que la quantité de CO<sub>2</sub> piégée par les forêts est de 45 fois supérieure à celle émise chaque année par l'exploitation des énergies fossiles et la fabrication de ciment [32]. Or, il s'avère que le massif forestier de la RDC renferme seul 8% de ce volume ; ce qui fait de lui le premier piège forestier à carbone d'Afrique et le quatrième dans le monde [7]. De plus, certaines prévisions tablent sur une disparition de 40% des forêts du Congo d'ici à l'horizon 2050. D'où la nécessité de développer une gestion forestière respectueuse de l'environnement [9].

La plupart de ces forêts sont en train de subir des processus de déforestation et de dégradation plus ou moins sévères entraînant leur fragmentation ayant des impacts négatifs, non seulement sur les écosystèmes et les modes de vie des populations locales en particulier, mais aussi sur l'humanité toute entière, et ceci en raison du changement climatique global et de la perte de la biodiversité [36]. En effet, la pauvreté, la croissance démographique galopante, l'agriculture itinérante sur brûlis, l'exploitation forestière, l'exploitation minière, l'exploitation de bois, l'intensification des terres agricoles, le

développement des infrastructures, l'urbanisation croissante et de plus en plus l'instabilité socio- politique constituent les causes principales de la fragmentation de la végétation naturelle dans les régions tropicales [34].

En République Démocratique du Congo, lors des dernières décennies, ces causes profondes ont été aggravées suite à un cadre juridique et institutionnel inadéquat. Elles sont exacerbées par un contexte politique défavorable caractérisé par une instabilité et des conflits destructeurs de l'environnement. On a enregistré des pertes de 3701000 ha des forêts entre 1995 et 1999 [13]. Par ce fait la R.D. Congo se classe en 7<sup>e</sup> position au niveau mondial sur la liste des pays ayant un fort pourcentage de déforestation après la Russie, le Brésil le Canada, les E-U, la Chine, et l'Inde.

Par ailleurs, la déforestation est reconnue comme un problème majeur de conservation, mais on s'est peu soucié à sa quantification à petite échelle et à ses conséquences.

Dans la gestion des écosystèmes forestiers il est important de garder à l'esprit que les gestionnaires se heurtent à des systèmes dont la dynamique se décline à diverses échelles. [10], Cela conduit à des difficultés de décider de l'ampleur et du degré des impacts d'interventions humaines appropriées sur les systèmes en constante évolution, faute de connaissances suffisantes. Pourtant, faudrait-il d'abord comprendre et maîtriser cet environnement par sa caractérisation, le suivi pluriannuel de son évolution et l'étude des changements et leur impact sur l'écologie du milieu. Ceci est possible avec des nouveaux outils et techniques, comme la télédétection spatiale et les systèmes d'informations géographiques et les traitements de données plus performants, pouvant aider à mieux comprendre la dynamique des écosystèmes forestiers.

C'est précisément cette étude éco-paysagère qui sera abordée ici et qui consistera à calculer à l'aide de la cartographie par télédétection et l'analyse des structures spatiales, un certain nombre d'indices spatiaux qui correspondent à des indicateurs de l'état de transformation de la structure spatiale du paysage. On pourrait alors supposer que la Région forestière de Masako connaîtrait une forte pression anthropique qui induirait une fragmentation intense de la forêt, conduisant soit à une occupation très diversifiée des sols et soit à un isolement des unités fonctionnelles.

## 2 MILIEU D'ETUDE MATERIELS ET METHODES

### 2.1 MILIEU D'ETUDE

#### 2.1.1 REGION FORESTIERE DE MASAKO

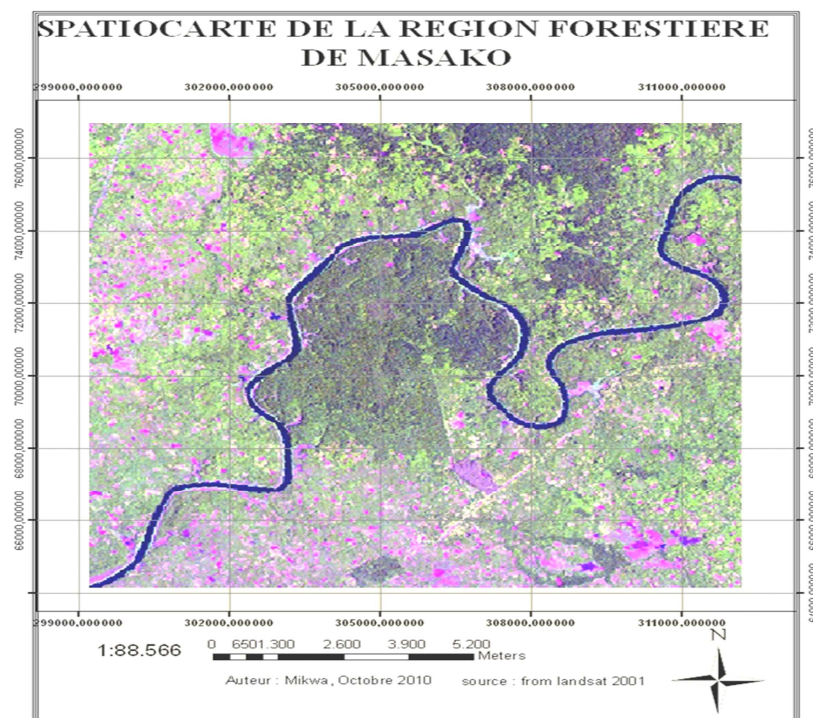


Figure 1: Spatiocarte de la région forestière de Masako

Sur base de cette spatiocarte, notre zone d'étude a une superficie de 14400 ha, elle englobe toute la réserve forestière de Masako, nous expliquons les caractéristiques physiques de la réserve qui est un échantillon représentatif de la zone d'étude.

### 2.1.2 RESERVE FORESTIERE DE MASAKO

La Réserve Forestière de Masako (0°36'N et 25°13'E) est située à 15 km de la ville de Kisangani, dans la direction N-E sur l'ancienne route Buta dans la localité Batiabongena qui est une entité administrative de la collectivité secteur Lubuya-Bera, commune de la Tshopo, ville de Kisangani, province Orientale. La Réserve s'étend sur une superficie d'environ 2.105 ha. Elle est une propriété du Ministère de l'Environnement, Conservation de la Nature, Eaux et Forêts, créée par l'ordonnance-loi n°052/378 du 12 novembre 1953.

La Réserve se trouve située en totalité dans une boucle formée par la rivière Tshopo qui fait une concavité tournée vers le Sud (Figure 2.4). La Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani y a installé un Centre d'Ecologie Forestière au Congo (CEFOC) en vue de mener des études sur le fonctionnement de cet écosystème forestier.

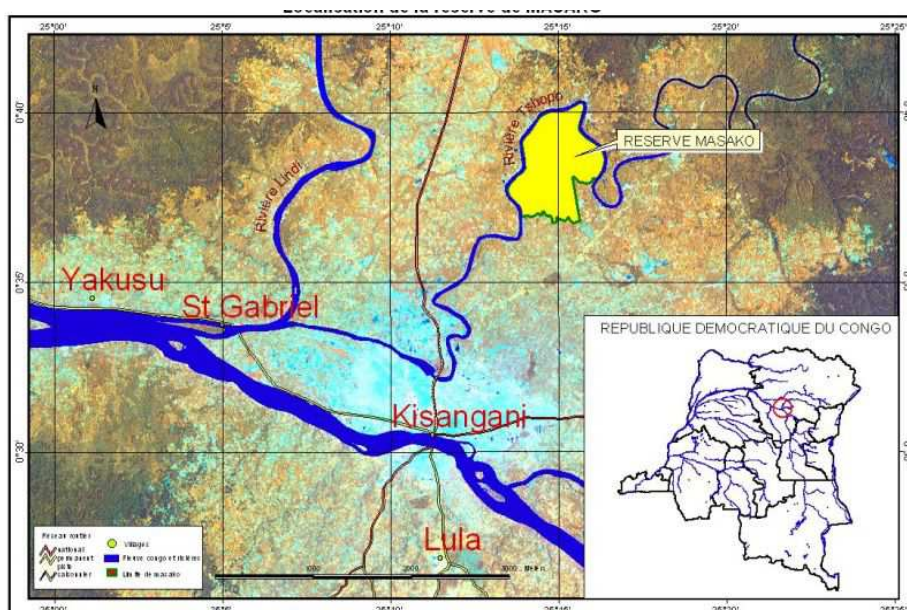


Figure 2 : Localisation de la Réserve Forestière de Masako.

## 2.2 MATERIELS D'ETUDE

Les images satellitaires utilisées dans ce travail couvrent une période allant de 1990 à 2001. Chacune des données nous a fourni des informations différentes sur le phénomène de la déforestation et de la dégradation des forêts. Dans le cadre de notre étude, nous avons pu bénéficier des images satellitaires de la ville de Kisangani à l'observatoire satellitaire des forêts d'Afrique central (Osfac) ainsi qu'à l'institut d'Environnement de l'Université catholique de Louvain-la-Neuve en Belgique.

Pour réduire l'impact des conditions atmosphériques sur les signaux enregistrés et permettre une comparaison, les dates d'acquisition des images se situent pendant la même période de l'année, pendant la saison sèche.

## 2.3 METHODOLOGIE

### 2.3.1 METHODE CARTOGRAPHIQUES

#### 2.3.1.1 COMPOSITES COLOREES DES BANDES PANCHROMATIQUES ( STACK LAYER)

Cette opération consiste à combiner les bandes panchromatiques pour obtenir une composition colorée. Signalons que le "stack" est composé des bandes 3, 4 et 5, qui permettent une bonne lecture de la végétation. Nous avons utilisé le cas échéant, l'outil " Layer Stacking " sur le logiciel ENVI 4.6.

### 2.3.1.2 CLASSIFICATION DES IMAGES

Classer des données satellitaires, c'est grouper les unités primaires qui les composent (pixels) en un nombre donné thématiquement connu ou spectralement homogène [13]. Les procédures de classifications permettent la confection des cartes thématiques.

Pour des raisons précitées, nous avons utilisé la classification non-supervisée à l'aide du logiciel ENVI. L'ensemble de la zone d'étude sur les images était divisée en plusieurs classes ; ainsi, la classification, l'interprétation des images ainsi que le calcul des différentes superficies de ces classes ont été réalisées à l'aide d'ENVI 4.6 et la cartographie proprement dite a été réalisée sur ArcGIS 10.1

Dans le cas de cette étude, il a été défini sur chaque image 100 classes (à raison de 7 itérations), que l'on a reclassifié (post-classification) en 6 classes sur base de la classification de Duveiller, (2008) et renommé à savoir :

- Forêt dense (forêt primaire).
- Forêt secondaire (Longue jachère et forêt secondaire).
- Champs et jachère (Agriculture et petite jachère)
- Sol nu et aire urbaine
- Plantations (Végétation non forestière)
- Eau

### 2.3.1.3 MISE EN PAGE ( LAYOUTS)

Elle a consisté à la présentation cartographique des résultats de la classification sur le logiciel ArcGIS 10.1 avec la table d'attribut pour chaque classe d'occupation du sol pour l'année 1990 et celle de l'année 2001.

### 2.3.2 MATRICE DE CONFUSION

L'estimation de la qualité de la classification a été faite par le biais d'une matrice de confusion [34]. À partir de cette matrice, la qualité de l'utilisateur ou le taux de pixels bien classés de la classe  $i$  ( $P_u(i)$ ) a été déterminée avec l'équation 1 :

$$P_u(i) = \frac{M_c(i)}{m_1} \times 100 \text{ (équation 1)}$$

où  $M_c(i)$  est le nombre de pixels de la classe  $i$  ayant effectivement été affectés à celle-ci après classification et  $m_1$  la somme des pixels de la classe  $i$  dans l'image.

La précision du producteur  $P_p(i)$  a été obtenue suivant l'équation 2 :

$$P_p(i) = \frac{M_c(i)}{m_2} \times 100 \text{ (équation 2)}$$

Où  $m_2$  est le nombre de pixels appartenant effectivement à la classe  $i$ .

Une valeur élevée de  $P_p(i)$  indique que la classe a été peu affectée par les échantillons des autres classes. À l'inverse, un taux faible indique que cette classe a souvent été choisie à la place d'autres classes.

La précision globale de la classification a été donnée par la moyenne des pourcentages des pixels correctement classés (MPCC)

$$MPCC = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_u(i) \text{ (équation 3)}$$

$n$  étant le nombre total des pixels inclus dans la matrice.

Le coefficient de Kappa ( $K$ , équation 4) donne une estimation plus précise (qui tient compte des pixels bien classés) de la qualité de la classification [31] :

$$\hat{K} = \frac{n \sum_{i=1}^r M_c(i) - \sum_{i=1}^r m_1 m_2}{n^2 - \sum_{i=1}^r m_1 m_2} \times 100 \quad (\text{Équation 4}) \text{ où } r \text{ est le nombre de rangées de la matrice.}$$

### 2.3.3 MATRICE DE TRANSITION DES CLASSES D'OCCUPATION DU SOL

La matrice de transition permet de mettre en évidence les changements d'occupation du sol pendant une période donnée [18], [32]. Les cellules de la matrice contiennent la valeur d'une variable ayant passé d'une classe initiale  $i$  à une classe finale  $j$  pendant la période considérée. Les valeurs des colonnes représentent les proportions des aires occupées par chaque classe d'occupation du sol au temps  $j$  et celles des lignes, au temps initial  $i$ .

### 2.3.4 TAUX ANNUEL DE DEFORESTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Le taux annuel de déforestation est le pourcentage que perd la forêt chaque année dans un territoire forestier bien défini. Ce taux a été calculé comme suit : L'analyse de la dynamique de l'occupation des terres a été faite à partir du calcul du taux de déforestation annuel [23], [30], [36] a été utilisée. La variable considérée ici est la superficie ( $S$ ). Ainsi, pour  $S_0$  et  $S_1$ , correspondant respectivement à la superficie d'une catégorie d'occupation des terres en 1990 et en 2001, le taux de déforestation spatiale moyen annuel  $T$ ,

$$T = \frac{(\ln S_2 - \ln S_1)}{t \ln e} \times 100 \quad (\text{Équation 5})$$

où :  $t$  est le nombre d'années d'évolution ;  $\ln$  le logarithme népérien ;  $e$  la base des logarithmes népériens ( $e = 2,71828$ ) et  $S$  la superficie.

## 3 RESULTATS

### 3.1 CARTOGRAPHIE PAR TELEDETECTION DE LA REGION FORESTIERE DE MASAKO

#### 3.1.1 PRESENTATION DES CLASSES D'OCCUPATION DU SOL

Les cartes produites suite aux différents traitements sont présentées dans les Figures 3.1 et 3.2. On constate dans l'ensemble une variation dans la disposition et la constitution des différents éléments dans la zone d'étude. Sur la carte de 1990 (Figure 3.1), la matrice est constituée par la classe champs et jachères comme classe dominante tandis qu'en 2001 (Figure 3.2), c'est la classe forêt secondaire qui devient la classe prépondérante, la forêt dense à garder la même architecture visuellement bien qu'il ait une réduction de son étendue.

Dans l'ensemble, à la vue des cartes, on constate qu'entre 1990 et 2001, la structure générale du paysage a changé ; les matrices de même que la répartition des taches des classes ont également changé. Les grandes taches des forêts secondaires et des forêts denses ont disparu et font place à de taches plus petites ou souvent à d'autres classes. La jachère n'a pas changé de structure et se retrouve confinée aux mêmes endroits, quant aux Jachères et champs, ils sont repartis dans tout le paysage de 2001. Probablement que les Forêts ont fait les frais de techniques et habitudes culturelles des populations locales.

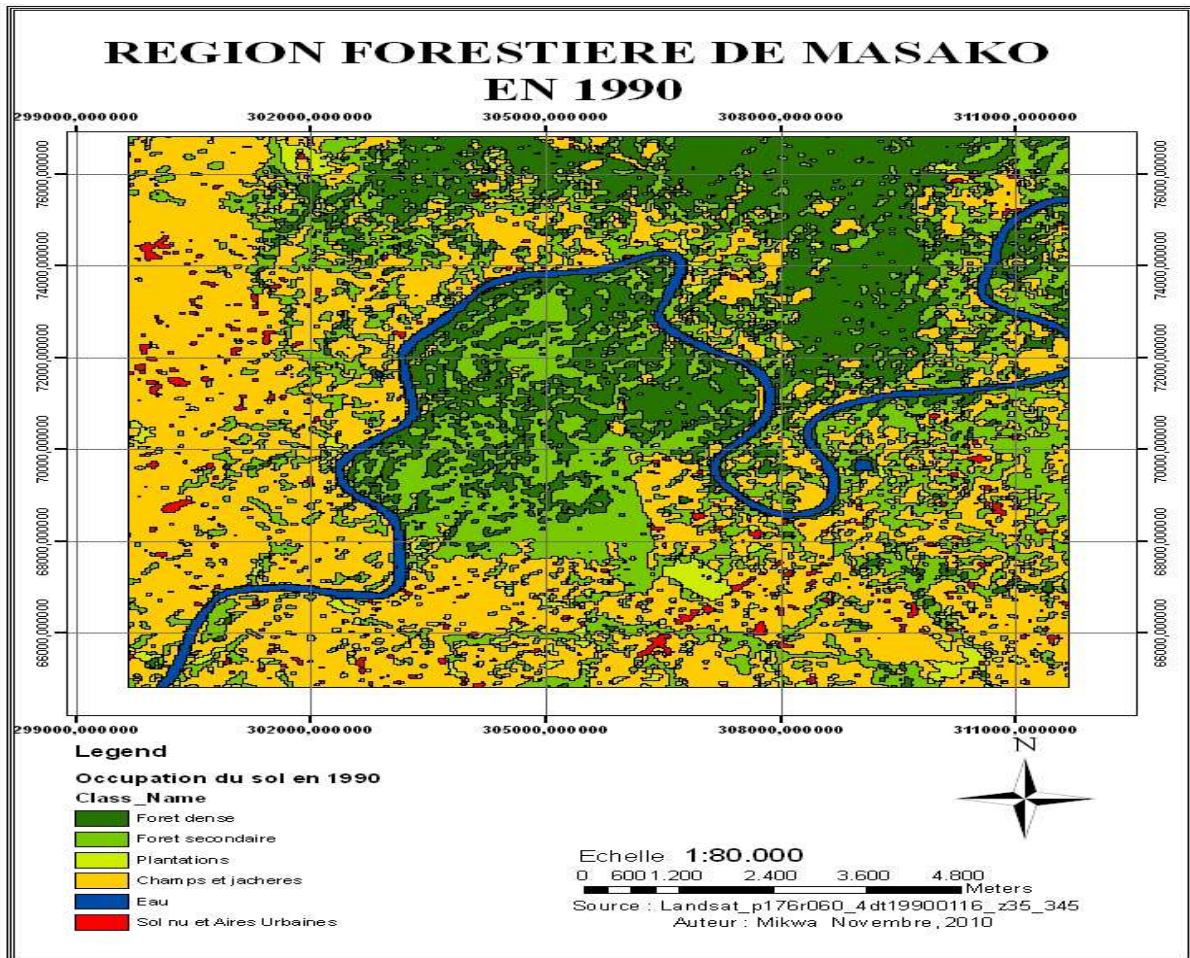


Fig 3. : Carte d'occupation du sol de la région forestière de Masako en 1990

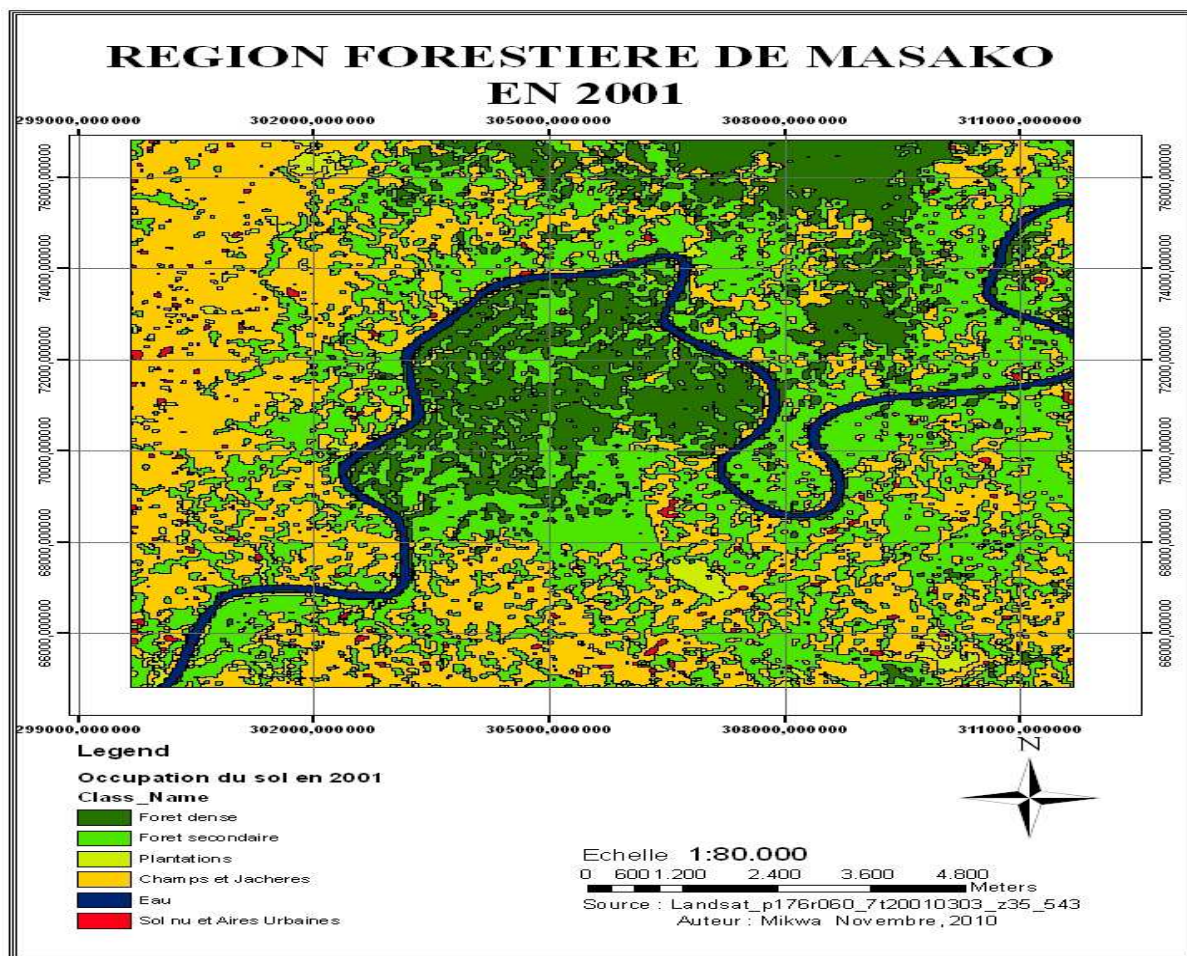


Fig4 : Carte d'occupation du sol de la région forestière de Masako en 2001

3.1.2 VALIDATION DES RESULTATS DE LA CLASSIFICATION DE L'OCCUPATION DU SOL

Des données de référence ont été obtenues à partir des relevés obtenus en généralisant des points aléatoires. Un plan d'échantillonnage aléatoire a été réalisé sur la base des classes d'occupation du sol retenues. Cents sites de vérification ont été choisis de manière à se trouver dans des zones homogènes [37].

Tableau 3.1 : Matrice de confusion de la classification de 1990

Classifiée	forêt dense	forêt secondaire	champs et jachères	plantation	sol nu	eau	total	Pp%
<b>Référence</b>								
forêt dense	19	1	1	0	0	0	21	90
forêt secondaire	1	26	4	0	0	0	31	83
champs et jachères	0	1	40	0	0	0	41	75
Plantation	0	0	1	3	0	0	4	97
sol nu	0	0	0	2	0	2	2	100
Eau	0	0	0	0	0	1	1	100
<b>Total</b>	20	28	46	3	2	1	100	
<b>Pu%</b>	95	92	86,9	100	100	100		
<b>MPCC</b>								91 %
<b>K</b>								92 %

Tableau 3.2. : Matrice de confusion de la classification de 2001

Classifiée Reference	forêt dense	forêt secondaire	champs et jachères	plantation	sol nu	eau	total	Pp%
forêt dense	12	2	0	0	0	0	14	85
forêt secondaire	1	35	0	0	0	0	36	97
champs et jachères	1	3	36	0	0	0	40	90
Plantation	0	0	0	7	0	0	7	100
sol nu	0	0	0	0	1	0	1	100
Eau	0	0	0	0	0	2	2	100
<b>Total</b>	14	40	36	7	1	2	100	
<b>Pu%</b>	85	87.5	100	100	100	100		
<b>MPCC</b>								93 %
<b>K</b>								92,8 %

Les rangées correspondent aux classes définies sur le terrain (données de référence) et les colonnes aux classes obtenues par classification de l'image Landsat ETM+. Pu, Pp et MPCC sont respectivement la qualité de l'utilisateur, la précision du producteur et la moyenne des pourcentages des pixels correctement classés. K est le coefficient de Kappa.

Les matrices de confusion des images Landsat ETM+ 1990 et celle de 2001 (tableau 6.1 et 6.2) indique une MPCC 91 % et de 93 % respectivement pour les deux années. En général nous constatons que la qualité du producteur et celles de l'utilisateur sont bonne parce que toutes ces valeurs sont au-dessus de 85 %.

### 3.1.3 MISE EN EVIDENCE DES CHANGEMENTS A L'ECHELLE DU PAYSAGE : MATRICE DE TRANSITION

#### 3.1.3.1 MATRICE DE TRANSITION

Tableau 3.3. Matrice de transition illustrant en hectare le changement des surfaces des classes d'occupation du sol entre 1990 et 2001

		2001						
		Forêt dense	Foret Sec.	Champs et jachères	Plantation	Sol nu	eau	total
1990	<b>Forêt dense</b>	<b>1675,62</b>	885,6	285,2	38,34	0,8	21,06	2906,62
	<b>Foretsecondaire</b>	474,9	<b>2755,35</b>	887,4	70,11	10,8	4,14	4202,7
	<b>Champs et jachères</b>	19,53	2077,7	<b>3820,95</b>	203,94	71,01	3,3	6196,43
	<b>Plantation</b>	5,1	110,16	232,38	<b>116,19</b>	8,82	0,7	473,35
	<b>Sol nu</b>	0	36,54	159,21	6,9	<b>9,9</b>	0,09	212,64
	<b>Eau</b>	28,17	10,71	20,07	3,96	0,36	<b>344,79</b>	408,06
	<b>Total</b>	2203,32	5876,06	5405,21	439,44	101,69	374,08	<b>14400</b>

En effet de la lecture du tableau 6.4 issu du tableau 6.3, nous constatons que des 20 % qu'occupait la forêt dense en 1990, 11,64 % est restée intacte, 6,15 % est maintenant occupée par la forêt secondaire, et 2 % par la classe champs et jachères, la classe forêt dense a reculé d'environ 5 %.

Tableau 4.4. Matrice de transition de l'occupation du sol (en pourcentage) entre 1990 et 2001

		2001						
		Forêt dense	Forêt Sec.	Champs et jachères	Plantation	Sol nu	eau	Total %
1990	Forêt dense	<b>11,64</b>	6,15	1,98	0,27	0,01	0,15	20%
	Forêt secondaire	3,30	<b>19,13</b>	6,16	0,49	0,08	0,03	29%
	Champs et jachères	0,14	14,43	<b>26,53</b>	1,42	0,49	0,02	43,03%
	Plantation	0,04	0,77	1,61	<b>0,81</b>	0,06	0,00	3,20%
	Sol nu	0,00	0,25	1,11	0,05	<b>0,07</b>	0,00	1,47%
	Eau	0,20	0,07	0,14	0,03	0,00	<b>2,39</b>	2,83%
	Total %	15,30%	40,80%	37,53%	3,05%	0,71%	2,60%	100%

Au niveau de la classe forêt secondaire, 3 % est devenu forêt dense et 6 % transformé en champs et jachères et nous constatons qu'en dix ans la classe a augmenté de 10 %. S'agissant de la classe Champs et jachère, de ses 43 % en 1990 ; 26 % sont restés intacts et 14 % sont devenus forêt secondaires, ce passage de la jachère à la classe forêt secondaire serait due par le fait que sous l'appellation forêt secondaire, nous avons aussi la classe longue jachère c'est-à-dire aggradation de la petite jachère à la jachère vieille qui fait partie de la classe forêt secondaire [18].

Les valeurs des diagonales, indiquent la permanence des classes, celles au-dessus indiquent la tendance à la déforestation tandis que celles en dessous de la diagonale indiquent la tendance à la reforestation. Nous constatons que la classe la plus stable est celle de la forêt secondaire. En somme l'analyse des transferts d'occupation du sol entre 1990 et 2001 permet de départager l'importance relative des dynamiques paysagères à savoir : la stabilité des classes 60,57 %, la tendance à la déforestation de la couverture végétale 17,31 % du paysage et la tendance à la reforestation 22,14 %

### 3.1.4 TAUX DE DEFORESTATION ANNUELLE MOYEN (LE SIGNE NEGATIF EXPRIME LA REDUCTION DU COUVERT FORESTIER)

Tableau 4.5. Taux de déforestation spatiale annuelle entre 1990 et 2001

	Aire 1990 ha	Proportion 1990 %	Aire 2001 ha	Proportion 2001 %	T(%)
<b>Forêt dense</b>	2906,64	15,30 %	2 203,38	20 %	-2,50
<b>Forêt secondaire</b>	4202,73	40,80 %	5876,1	29 %	3,03
<b>Champs et jachères</b>	6196,50	37,53 %	5 405,22	43,03 %	-1,23
<b>Plantation</b>	473,4	3,05 %	439,47	3,2 %	-0,67
<b>Sol nu</b>	212,67	0,71 %	101,7	1,47 %	
<b>Eau</b>	408,06	2,60 %	374,13	2,83 %	
<b>Total</b>	14 400,00		14 400,00		-1,38

La lecture de ce tableau montre que la région forestière de Masako accuse un taux de déforestation annuelle moyen de 1,38 %.

## 4 DISCUSSIONS

### 4.1 CLASSIFICATION DE L'OCCUPATION DU SOL

Plusieurs auteurs ont utilisées la cartographie et les indices des structures spatiales pour l'étude de la détection des changements d'occupation du sol. Plusieurs types de classification existent pour une étude de la détection des changements, nous avons utilisé la méthode des classifications utilisant la classification Iso-data ou non supervisée pouvant nous aider à obtenir des classes d'occupation du sol. Plusieurs auteurs ont utilisés la classification non-supervisé pour l'étude des changements, [3], [6], [15],[20], [24],[36], [37], utilisé la classification non supervisée pour le suivi du changement d'occupation du sol en Egypte, en Asie, en Amérique latine et en Afrique centrale ; la même méthodologie a été appliquée en 2007 [16] pour les études de la déforestation en Afrique centrale. [24] a utilisé la classification non supervisée avant

d'appliquer la classification orienté-objet pour une étude de suivi du changement des forêts tropicales ils ont constaté que la classification non supervisée a donné des bons résultats pour des études de changements.

ces méthodes sont simples et fournissent des informations sur la nature des changements, ce qui est important dans le cas présent cependant, cette méthode est critiquée parce qu'elle crée des erreurs d'omission [3] c'est-à-dire qu'elle a tendance à sous-estimer les changements, pour résoudre ce problème, nous proposons donc d'ajouter une autre méthode, la méthode orienté-objet, puisqu'elle permet d'isoler les pixels pour lesquels il n'y a pas eu de changements et de classer seulement les pixels correspondant à un changement [2], [36].

#### 4.2 VERIFICATION DE LA CLASSIFICATION D'OCCUPATION DU SOL

L'évaluation de la classification a été faite par le biais d'une matrice de confusion [34], plusieurs auteurs ont utilisé la matrice de confusion pour vérifier l'exactitude de la classification [2], [6], [22],[29]. La précision de l'utilisateur et celle du producteur a été déterminé selon [31], [38], ainsi que le coefficient Kappa K[17], [35]. Selon ces auteurs, il faut une moyenne de 85 % d'exactitude et ne pas avoir une classe moins de 70 %, le USGS propose une exactitude de 85 % comme une valeur minimale pour une classification d'occupation du sol utilisant. D'après Pontius une étude de l'occupation du sol peut être validée si K est > 75 %

#### 4.3 MATRICE DE TRANSITION DES CLASSES D'OCCUPATION DU SOL

Trois processus importants ont été observés dans l'interprétation de la matrice de transition, la stabilité des classes de 60,57 %, la tendance à la déforestation de la couverture végétale 17,31 % du paysage et la tendance à la reforestation 22.14 % au niveau du paysage forestier.[36] a utilisé la matrice de transition pour quantifier la dynamique paysagère et a abouti aux résultats selon lesquels la stabilité du paysage était de 33,56 % du paysage, la dynamique de densification de la couverture végétale de 18,26 % et l'ouverture du paysage de 48,18 %. [23] ont trouvé que du point de vue spatial, 22,3 % du secteur étudié ne change pas, 59,4 % est en régression et 18,3 % connaît une expansion lors d'une étude sur la modélisation de la dynamique de l'occupation des terres dans le département des collines au Bénin. Par contre Bamba, 2010 a constaté Premièrement la savanisation, c'est-à-dire la création ou formation de savanes; elle s'est faite par le maintien des savanes préexistantes (9,30 %) et surtout par la disparition de la classe forêt secondaire (14,23 %). Deuxièmement la dégradation de l'écosystème forestier, surtout de la forêt secondaire (-22,63 %). Finalement la succession naturelle spontanée : c'est l'évolution normale vers un état climacique. Il s'agit de la restauration et formation de forêts (+1,85 %) dans un paysage du Bas-Congo en République Démocratique du Congo.

#### 4.4 TAUX ANNUEL DE DÉFORESTATION

Dans le cadre de cette étude nous avons utilisé l'équation proposée par [23], [30], [36] pour évaluer la déforestation annuelle qui est estimée à 1,38 % pour la région forestière de Masako qui représente la forêt tropicale. Selon les estimations de la Fao, 2004 cité par Anonyme, 2006, le taux annuel de déboisement du massif forestier de la RDC est estimé à 0.6%. Pour [30], le taux annuel du changement de la couverture forestière est de 0,26 % par an pour des zones identifiées comme des aires de changement rapide et varie jusqu'à 1 % voire 2,3 % par an pour des zones affectées par des activités paysannes.

### 5 CONCLUSIONS

La présente étude s'inscrit dans le cadre de l'application des techniques de la cartographie par télédétection multitemporelle en vue de caractériser la dynamique de l'occupation du sol entre 1990 et 2001 par les indices de structure spatiale dans la région forestière de Masako à Kisangani en R. D. Congo. Nous avons utilisé deux cartes d'occupation du sol issues des images Landsat des années 1990 et 2001.

La classification non supervisée a été appliquée sur ces images Landsat en utilisant des logiciels de télédétection, la matrice de confusion a été utilisée pour valider les cartes produites, la matrice de transition a été utilisé pour percevoir le taux de changement, le taux annuel de déforestation a été appliqué pour percevoir les pertes annuelles de la couverture végétale.

A la suite de ces analyses le paysage est soumis à une forte pression anthropique, nous relevons dans l'ensemble que le paysage a beaucoup changé en 11 ans. La matrice de transition prouve qu'il ya eu déforestation et dégradation de la couverture végétale, le taux de déforestation est de 1,32 % dans la zone d'étude.

Néanmoins comme nous l'avions signalé, cela est une tendance et nous devons éviter de tirer une conclusion hâtive sans avoir auparavant approfondi les études par l'utilisation d'autres types de données tels que les images satellites d'autres types des capteurs, utiliser une classification par une segmentation Orienté-Objet et les photos aériennes des périodes intermédiaires entre ces deux dates.

C'est pourquoi nous prévoyons dans la suite les démarches suivantes :

- Acquérir d'autres cartes ou données complémentaires pour mieux élaborer un suivi diachronique de plus de 50 ans de l'occupation du sol de cette zone à intervalle de 10 ans ;
- Approfondir l'étude de la structure spatiale par la prise en compte d'autres phénomènes tels que le facteur de graduation K ;
- Insérer l'accessibilité de la population dans l'interprétation des résultats.
- Superposer plusieurs cartes physiques et celles d'utilisation du sol afin de détecter les changements potentiels.
- Proposer une modélisation de la dynamique du paysage forestier pour les 50 années futures

## REFERENCES

- [1] Anonyme, Etat des forêts d'Afrique centrale en 2006, 2006.
- [2] B. Desclée., C. Wasseige., P. Bogaert. & P. Defourny. Tropical forest monitoring by object-based detection: Towards an automated method in an operational perspective. Proceedings of the 1st international conference on object-based image analysis (OBIA 06), July 4–5, 2006, Salzburg, Austria. 2006.
- [3] Béland, M. K. Goïta. Bonn, F. and Pham, T.T.H. Assessment of land-cover changes related to shrimp aquaculture using remote sensing data: a case study in the GiaoThuyDistrict. Vietnam International Journal of Remote Sensing, vol. 27, no8, pp. 1491-1510, 2006.
- [4] Bogaert., J. Lejoly. Influence des actions anthropiques sur la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la province du Bas-Congo (R.D. Congo). *Science & Nature*, Vol.5 N°1 pp. 49-60, 2008.
- [5] C. Petit, T. Scudder. E. and Lambin. Quantifying processes of land-cover change by remote sensing: resettlement and rapid land-cover changes in south-eastern Zambia. International Journal Remote Sensing, vol. 22, no17, p. 3435-3456, 2001.
- [6] C. Vancutsem., J. Lubamba., X. Blaes., J. Pekel., de Wasseige C. & Defourny P., the Land CoverMap of the Democratic Republic of Congo, presses universitaires de Louvain ISBN2-87463-019-5, UCL-Geomatics, Louvain-la-Neuve, 2006.
- [7] C.D. Hargis, J.A. Bissonette & J.L. David. Understanding measures of landscape pattern. In: Wildlife and landscape ecology (eds. Bissonette J.A.), pp. 231-261. Springer, Berlin Heidelberg, New York. 1997.
- [8] D. Lu., P. Mausel. E. Brondizio. and E. Moran. Change detection technique. International Journal of Remote Sensing, vol. 25, n012, pp. 2365-2407, 2004
- [9] Déclaration de Bruxelles. - La gestion durable des forêts en République Démocratique Congo, (disponible sur [www.confordrc.org](http://www.confordrc.org)), 2007.
- [10] F. Gourmelon., F. Bioret. & L. Sauve. Potentialités de l'imagerie satellitaire spot 5 pour la cartographie de la végétation terrestre. *Cybergeo*, Cartographie, Imagerie, Sig, Article 325.juin 2007.
- [11] F. White. La végétation de l'Afrique. UNESCO, AETFAT et UNSO. 384p. <http://www.theses.ulaval.ca/2007/24216/ch03.html>, 1986.
- [12] F.A.O. Recherches actuelles et perspectives pour la conservation et le développement. Département des forêts (site internet: <http://www.fao.org/docrep/X2161F/X2161F00.htm>). 1999.
- [13] F.A.O. *Gestion durable des forêts tropicales en Afrique centrale, recherche d'excellence*. Dép. Forêt série N°143, 124 p, 2003.
- [14] F.A.O. Evaluation des ressources forestières mondiales progrès vers la gestion forestière durable. Rome, <http://www.fao.org/forestry/fr/>.2005.
- [15] F.A.O. *Situation des Forêts du monde 2007*. Rome, pp. 143, 2007.
- [16] G. Duveiller., P. Defourny., B. Desclée. P. Mayaux.-Déforestation in Central Africa : Estimates at regional, national and landscape levels by advanced processing of systematically distributed Landsat extracts. *Remote Sensing of Environment*, 112 (5), pp 1969 – 1981, 2008.
- [17] G. Rosenfield. & K. Fitzpatrick-Lins. A coefficient of agreement as a measure of thematic classification accuracy. *Photogrammetric Engineering and RemoteSensing*, pp. 52(2), 223–227, 1986.
- [18] I. BAMBA. Anthropisation et dynamique spatio-temporelle de paysages forestiers en République Démocratique du Congo. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, Belgique, pp. 205, 2010.

- [19] I. Bamba. Etude de la structure spatiale et de la dynamique spatio-temporelle d'un paysage dans l'ex-Bas-Congo (R.D. Congo). Mémoire de Diplôme d'Etude Approfondie, Université libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgique, 2006.
- [20] J. A. Richards. Remote sensing digital image analysis. An introduction (2nd ed.). Berlin: Springer-Verlag. 340 pp, 1993.
- [21] J. Bogaert., I. Bamba., J.P. Kabulu., K.J. Koffi. C De Cannière. M Visser. & S Sibomana.. Fragmentation of Forest Landscapes in central Africa: causes, consequences and and management. pp. 25, 2008.
- [22] J. Gao. and D. Skillcorn. Capability of SPOT XS data in producing detailed land-cover maps at the urban – rural periphery. International Journal of Remote Sensing, pp. 2877-2891, 1998.
- [23] J. Oloukoi., JM. Vincent., FB. AGBO. modélisation de la dynamique de l'occupation des terres dans le département des collines au Bénin in journal canadien de télédétection vol. 6, n° 4, pp. 305-323, 2006.
- [24] J. T. Tou. & R. C. Gonzalez. Pattern recognition principles. Reading, MA: Addison-Wesley. 1974.
- [25] J.C. Bergonzini. & J.P. Lanly. Les forêts tropicales. Cirad / Karthala, pp. 164.2000.
- [26] J.R. Mercier. La déforestation en Afrique : Situation et perspectives. Imprimerie Rhodes Chaudoreille, Edisud, Aix-en-Provence. pp. 177, 1991.
- [27] K. Djibu. - Evaluation de l'état de la fragmentation des forêts au Katanga. *Mémoire DEA, Université Libre de Bruxelles, 85 p.* 2007.
- [28] M. Story. & R. G. Congalton, Accuracy assessment: a user's perspective. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 52(3), pp.397–399, 1986.
- [29] Q. Zhan., J. Wang., X. Peng., P. Gong., & P. Shi., Urban built-up land change detection with road density and spectral information from multi-temporal Landsat TM data. International Journal of Remote Sensing, 23,3057–3078,2002.
- [30] R. Caloz. et C. Collet. Précis de Télédétection, vol. 3 : Traitements numériques d'images de télédétection. Presses de l'Université du Québec et Agence universitaire de la Francophonie, Sainte-Foy, pp. 386, 2001.
- [31] R. G. Congalton. & K. Green. Assessing the accuracy of remotely sensed data: Principles and practices. Boca Raton: Lewis Publishers. 1999.
- [32] R. Schlaepfer. *Analyse de la dynamique du paysage*. Fiche d'enseignement 4.2, Laboratoire de Gestion des Ecosystèmes, Ecole Polytechnique de Lausanne, Suisse. pp.10, 2002.
- [33] R.G. Congalton. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. Remote Sensing of Environment, pp. 35-46. 1991.
- [34] V. Godard. Typologie des paysages forestiers du sud du massif de Fontainebleau après la tempête de décembre 1999. Évaluation des dégâts forestiers à l'aide d'un semis de points et d'imagerie satellitale optique. Revue Internationale de Géomatique, 15 (3) : pp. 281-302, 2005.
- [35] W. Hudson. & C. Ramm. Correct formula of the Kappa coefficient of agreement. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 53(4), 421–422. 1987.
- [36] Y. Barima. Dynamique, fragmentation et diversité végétale des paysages forestiers en milieux de transition forêt-savane dans le Département de Tanda (Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, Belgique, 2009.
- [37] Z. Daolan., O. David., W and H. Zhanqing Rates and patterns of landscape change between 1972 and 1988 in the Changbai Mountain area of China and North Korea. 1997.
- [38] Z. Campbell. Introduction to remote sensing (3rd ed.). New York: The Guilford Press. 2002.

## Philosophy of Islamic Education: Study Thought A. Wahid Hasyim on Islamic Education

H. Achmad Asrori<sup>1-2</sup>

<sup>1</sup>Teaching Staff at Faculty of Tarbiyah, State Institute for Islamic Studies Raden Intan, Lampung, Indonesia

<sup>2</sup>Assistant Director at Postgraduate School of State Institute for Islamic Studies Raden Intan, Lampung, Indonesia

---

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:** Wahid Hasyim has thought Islamic education renewal. Orientation Islamic education in the lifetime of Wahid Hasyim the middle of the twentieth century purely religious and towards *ukhrowi*. While Wahid Hasyim already initiated the reform of Islamic education oriented and pragmatic mundane ideal to *akhiratan*. This is among the significance of this paper need to be removed. Issues raised is how Wahid Hasyim thinking about human nature and position, the basic concepts of human morality and its relationship with the outside world, the purpose of education, curriculum, educational methods and learning resources? Whatever color the thinking of education? The approach in this paper is a socio-historical analysis using the tools of philosophy of education, linguistic analysis and the analysis of the concept. The result is that Wahid Hasyim have thought of educational reform (Islam) which is a very radical at the time, among others, 70 per cent of general knowledge and 30 percent of religious knowledge in the curriculum and educational purposes in addition to objectives religion too mundane namely life skills as an output *pesantren* education.

**KEYWORDS:** education, fatalist-passive, neutral-passive, positive-active, dual-active, religious conservatives, religious rational, pragmatic instrumental, the basic idea of the structure and value of education.

### 1 INTRODUCTION

The journey of the XIX century to the twentieth century was marked by many changes in almost every aspect of life in Indonesia, including the lives of Muslims. The relationship between Muslim Indonesia with Indian Muslims began tenuously and replaced with the relationship between Indonesian Muslims and Arabs. These changes follow the changes in the color of Islam in Indonesia from style to style mysticism and Sufism *Fiqh*. This in turn will make them aware that there are irregularities in the practice of religious life. Meanwhile, modern education given to the nation, Indonesia Netherlands however, at least on the one hand makes them aware of the actual position in the colonial administration and on the other hand after the birth intellectuals who see Islam as an impediment to progress. Developed colonial education was discriminatory, both related to the system or curriculum. In terms of the system, for example, appears in more modern colonial educational institutions, either in relation to the classical system as well as facilities and infrastructure. In terms of curriculum, colonial education more cargo secular sciences and pragmatic.

Such conditions will doubtless give birth to levels sufficient separation in the educated class of Western schools and educated group of boarding schools. And it appears once in the social and intellectual activities, such as the way the two groups get along, dress, speaking, thinking and so on. Discrimination against indigenous Dutch government is not confined to the field of education, but almost all sectors of the life of either the legal, economic, political, or religious. Specialized in the field of education, as a result of political discrimination, making the output (output) less quality of Islamic education and the opportunity to go to school is very limited.

An Islamic education based in schools is a fortress which is fundamental to maintain the existence of Muslims. But the invaders managed to educate indigenous people to set up schools which provides general secular subjects. The education system can print scientists who think ahead, so that Muslims who do not get a chance with a Western education lag far in his

thinking because the Western education that has the view to empower and oriented secularist, rationalistic, empirical and pragmatic, while the Islamic education seeks to restore all the problems the events of the past and oriented to the life hereafter. This situation resulted in the scarcity of religious intellectuals derived from the Islamic education including boarding schools. Or in other words a Western education has been patterned Progressivism who focuses his gaze to progress (forward) Academics- professional dimension. While the style of Islamic education is more focused on the essentials-style Islam. That is the noble values that created the scholars in the first period is already a dead thing, which can no longer be updated and even values are considered to be able to answer all the problems that arise.

These conditions led to the birth of new thinking among Muslims, especially the younger generation to catch up and eliminate the existing gap separator. Most generations of Muslims trying to find a way out by giving the material a mixture between religious knowledge and general knowledge. Wahid Hasyim is a revolutionary leader in the field of education to answer it. Wahid Hasyim proposed to his father to change the education system in schools that do not need to be required for all students to learn Arabic. They are more in need of general science for life provision in the midst of society, both in the form of theory and practice. Because not all students will be clerics waiting. This corresponds John Dewey opinion that the school should not be beyond the life of the community or the school are heard, but it should be a "school work". Educational purposes must necessarily guide the children to live. Life is the ability to adjust to society. Wahid Hasyim idea is oriented, pragmatic and nuanced link and match (linkage and harmony). This is very interesting because Islamic education in Indonesia at that time are generally more focused on the spiritual life, while thinking Wahid Hasyim already integrating the spiritual dimension and the temporal dimension (practical). This is the significance of this paper were presented.

When Wahid Hasyim served as Minister of Religion, he was very concerned about the development and advancement of Islamic education. It can be seen from the various activities. Among them, a policy that requires religious education as a field of study in public schools ranging from low level to college. On the one hand Wahid Hasyim in Indonesia society known as the great scholars who were involved in the field of social and political organizations in both the movement *Nahdlatul Ulama* (NU), MIAI/*Masjumi*, the state ministry, and the ministry of religion, turns on the other hand, he has brilliant ideas in the field of education (Islam) that is different from the figures of other Islamic education at that time. Islamic education which was originally only monopolized by the traditional educational institution and its students cannot think freely start revisited. Wahid Hasyim wants to move his students into thinking, more open and free, but does not oppose the teacher commands. This idea of freedom in education. But freedom does not destroy the character of the students. For that Wahid Hasyim would like to invite the Muslim youth to advance in the field of general science, because during this time of teaching in educational institutions of Islam only revolve around the issue of religion that is *ukhrowi* alone. As illustrated by Zamakhsyari Dhofier that the students are expected to take part to uphold Islam and become defenders of the homeland, have the same status as other common disciples and dismissed the notion of negative about them. That life is a life that is old-fashioned boarding schools who are only after afterlife alone.

There is no denying that every person has its advantages and disadvantages, and each result musings and thoughts are influenced by many factors, such as level of intelligence, personal inclinations, the circumstances surrounding them, educational background, life experiences, even the development of science and social conditions of society and the nation. Understanding that, M. Quraish Shihab understanding absolute to the ideas of a person, and this in turn can lead to the judgment of the opinions expressed, and the boundaries idealisme for embraced or rejected. Thus, this paper is an attempt interpretation of human thought with their strengths and weaknesses. This interpretation is certainly not merely descriptive, but analyzed with the philosophy of education (Islam).

## 2 RESEARCH METHODE

This study attempted to construct ideas about education Wahid Hasyim Islam scattered in various places. Problems in this paper are how Wahid Hasyim thinks about the Islamic education system, in particular the nature of man and his position, the basic concepts of human morality and its relationship with the environment, learning resources especially libraries, educational goals, curriculum, and educational methods? Whatever color the thinking of education?

The approach used is the philosophy of education (Islam). Purpose uncooperative approach to the philosophy of education is the idea of the study of texts by Wahid Hasyim on education, seen from a variety of educational thought were released from the system flow. The purpose of this paper is to want to know the central ideas of Islamic education Wahid Hasyim viewed from the philosophy of education (Islam) and the factors that affect thinking. Also aims to test the theory that the birth of an idea or a person's thinking cannot be separated from a variety of internal factors and external. While its usefulness is to be input on the philosophical theory of education (Islam). By knowing the thought Wahid Hasyim every reader can place them in proportion-not just Wahid Hasyim as a national hero-but also leaders of Islamic education-with a

relevant measure. Also these findings into concrete measures to build a system of educational philosophy (Islam) which is applied at the level of operational concepts and education, especially in Indonesia.

This research method literature review that by collecting various sources of literature from various places. The reason the author uses this method is due essentially. This study is a qualitative research. In addition, this method is considered quite appropriate to approach the problem to be studied. After all sources collected, then classification, verification to answer research questions. All data collected from these sources are then analyzed in depth so clearly defined answers to the problems studied. Report the results of this research are presented with descriptions analysis pattern.

### **3 DISCUSSION**

#### **3.1 A BRIEF SKETCH OF WAHID HASYIM AND THINGS THAT CHARACTERIZE EDUCATIONAL THINKING**

A. Wahid Hasyim was born on Friday *Legi*, 5th of Rabi al-Awwal 1333 H, coincidentally on June 1st 1914 Tebuireng M in East Java. He was the eldest son of the marriage between K.H.M. Hasyim Ashari and Nafiqoh, boarding *Tebuireng* founder and a prominent scholar. Wahid Hasyim was born from a family of scholars, in boarding schools with the students that conservative and religious life ta'asub static. Wahid Hasyim lineage either paternal or maternal met at the level of Ox Peteng (UB VI, king of Majapahit). Genealogy paternal through Joko Tingkir (Mas Karebet) had a son named Prince Bawono, Prince Samba, Ahmad, Abdul Jabbar, Sihah, Layyinah, Halimah (Winih, wife of Kyai Ash'ari) which later gave birth to Wahid Hasyim. While the pedigree of the mother is through the descent of UB VI, then Kyai Ageng Tarub I, Kyai Ageng Tarub II, Kyai Ageng Ketis, Kyai Ageng Selo, Kyai Ageng Saba, Kyai Ageng Ngalawinan (Solo), Kyai Ageng Pemanahan, Panembahan Senopati (Mataram) Prince Kejoran, Aryo Pringgoliyo, Raden Padurekso, Raden Panji Darno Santana, Kyai Ngabdul Ngalim, Kyai Nala Jaya, Kyai Basyariyah (Kyai Good Aaron), Nyai Nuhannad Nantari, Kyai Mu'lum (Sewulan), Kyai Mustarom (Sewulan), Nyai Ilyas Muhammad Hashim Ash'ari Nyai lowered, then have the son of Abdul Wahid Hasyim.

Wahid Hasyim as the son of a cleric, when he was seven years old, he began studying the Book of Fath Qarib, Minhajul Qawim, and Mutammimah. In 1926, at age 12, he finished his studies at the Madrasah Salafiyah Tebuireng. At that time, he had begun to pursue Arabic lessons happy and interested in reading books widely. This expands his knowledge of poetry in Arabic and collected in one manuscript interesting. Among the books that he studied Arabic literature is Diwanusy-Shu'ara. At age 13, he learned to his father about the basic knowledge to Islamization, Arabic, monotheism, and fiqh. In 1927, he went to study at Pesantren Siwalan Sidoarjo. There he learned Salamut Taufiq, Bidayatul Hidayah and Jalalain under the guidance and Kyai Kyai Hasyim Chozin in Panji. But he was unable to continue studying longer. The following year he went to study in boarding schools Lirboyo Kediri, but in a short time he returned to the boarding Tebuireng.

At the age of 13 to 15 years, Wahid Hasyim studied at several schools. In 1929 he returned to Tebuireng, Jombang. Wahid Hasyim in addition to studying the classics, traditional scientific disciplines, also a lot to learn general knowledge. Since returning to Tebuireng, in addition to learn the Dutch language and English, he also subscribe to several magazines, both in Indonesian and Arabic, such as spreaders spirit, Daulat Rakyat, Pandji Library, Umm al-Quran, Saut al-Hijaz, al-Lathaif al Deliberation, Kull Syai ad-Dunya wa, and Itsnain. The first three Indonesian language published by the nationalists, while the rest in Arabic, published in the Middle East.

Wahid Hasyim also often attend lessons given Imam Sukarian, when he was teaching his disciples, for it Wahid Hasyim has graduated from the madrassa. In fact, sometimes he brings a lesson that he wrote himself to the Imam Sukarian who was teaching at his Surabaya to justify it. In 1929, when he was 15 years old, he was new to Latin letters, and earnestly he studied self-taught. Therefore it is widely subscription newspapers and magazines, even he is also subscribe to the magazine from the Hijaz and Egypt. Since then, he learned to speak Dutch with the Source of Knowledge subscription Bandung. Then learn English.

When he was 17, he made the pilgrimage to Mecca to enhance the five pillars of Islam which is to add to and expand science and religion in Mecca for one year 1932-1933, with Muhammad Ilyas, his uncle. At the time will go to Mecca both been fluent in Arabic. Then time started studying there never had trouble, either to read literature as well as to communicate with the scientific community. Unfortunately, according to Mohsen he quoted from the book "Eight scholars Indonesia Jaya Tamar writing, and my Master of *Pesantren* people Syaifuddin Zuhri writing" no records that show, about clerics and scholars who take care of Wahid Hasyim while studying in Mecca. Just mentioned, for there he had many conversations with various races who come from all over the world to learn. In addition to many books, he continued his habit of subscribing to various newspapers and magazines from Cairo, Baghdad and Ankara.

The development of students in Tebuireng learning occurs not suddenly, but gradually has been cultivated by Kyai Hasyim and A. Wahid Hasyim in a long time. This, drawn from life experience Kyai Hasyim journey that is important in the world of

science. So in the end he had the notion that religious knowledge was much written in Arabic, the first step to deepen this knowledge must first master the Arabic language. So in daily life Kyai Hasyim and A. Wahid Hasyim many spoke Arabic well to students and to the guests. Activity is mostly done by the leaders of *pesantren* eat it, so that eventually they assume that the Arabic language does not belong to the Arabs, but the language of Islam. Throughout the day the two of them most of his time is spent on teaching students ranging from dawn until late at night, punctuated by breaks, ie at a time before prayers Zuhur used to walk around while walking around the cottage, to oversee the state of the school and saw some people who are working for success and buildings. Leisure time is also used to read alone (*muthala'ah*) for teaching materials or materials to address issues raised by the public. At the time of emerging issues that are important Kyai Hasyim often made the remarks in written form complete with reasons to give a way out to them. Nearly 24 hours of boarding school filled with students learning activities under the supervision of Kyai.

Wahid Hasyim very familiar with the study of Islamic culture, especially the history of the golden age of Islam ie the Umayyad and Abbasid period. Even he controls more detail the events and a variety of past development, especially the development of thought in Islam that resulted in the branches of science. To explain these problems, Wahid Hasyim often memorize the date and year of occurrence. Mindset and Western philosophy he met through Arabic literature. So there is a fresh nuance that comes from the influence of the Arab or Islamic. Poetry in Arabic literature much he memorized and appear in lectures. He was also interested in the art of Islamic buildings, especially the blend of Javanese-Islam which is the work of ancient times, and she also liked Arabic songs featuring lyrics high.

As has been stated that there are five things that give shades of color one's thinking. Biography Wahid Hasyim, he lived in the early and middle twentieth century. In a scientific odyssey, in addition raised and interact with families in boarding schools, also learned a long time wandering abroad, especially in Mekah under the guidance of renowned teachers. Along with that also, had a strong influence of the Modern Islamic ideas proclaimed by Muhammad Abduh that essentially teach the Islamic world leaders to be more responsible towards the development of social, political and modern education. The invitation influenced the thinking of Indonesian students in Mecca, including Wahid Hasyim, in addition to many writings about the understanding of the renewal of the University of al-Azhar University in Cairo to Indonesia. This phenomenon is also supported by magazines and newspapers both traditional and modern, Indonesian, Arabic and English in the library Nizamiya Madrasah. Also thinking in the field of Islamic education that sparked the balance between religious knowledge and general knowledge at that time was a very radical idea. Thus the socio-cultural conditions that surrounded him, just as the in boarding schools, the Dutch and Japanese colonial period, the days of independence and wanderings abroad, especially in Mecca that is receiving the renewal of Egypt's Islamic-Wahid Hasyim and educational backgrounds, including the results of participating educational his autodidact and coloring affect the educational thinking in ideas.

In addition to the social and cultural conditions, educational background and the results of his self-taught, as well as intelligence and personal tendencies and support the notion that characterizes the rulers of Islamic education Wahid Hasyim. At the time Waktu Wahid Hasyim hold educational reform in Tebuireng he was only 22 years old. That age at that time still attending high school. And at the age of 24 years he began to enter the world of politics which he said in support of the development and teaching of Islamic thought. In 1940 (age 26) has served as chairman MIAI, then his name has been aligned with Abi Kusno Tjokrosudjono, Umar Hubais, and Mr. Singodimejo, the average age of 40-50 years they have entered. Thus if being thought above is followed, then Wahid Hasyim had good intelligence. And of pedigree (factor heredities) met at UB VI. Of course, also the result of his thinking cannot be separated from the trend and support the authorities at that time.

### **3.2 CENTRAL IDEAS A. WAHID HASYIM ON EDUCATION (ISLAM)**

#### **3.2.1 HUMAN NATURE (LEARNERS) AND THE ENVIRONMENT**

When A. Wahid Hasyim served as Minister of Religion, he gave a speech in front of Congress PUSA (Unity Ulama entire Aceh) in Kotaradja Atjeh, 23 December 1950. He said that realizing the importance of Islamic education in Indonesia in carrying out daily activities of Muslims always guided by the Qur'an, which includes carrying out educational tasks. Already a nature in the running gait of human life on this earth by God's provision given in the form of spiritual and physical. While the Islamic education serves to foster and develop two aspects of the above. While the Qur'an and Sunnah have given foundation established enough to meet physical and spiritual needs so that people can develop his potential with a good and reasonable. Because of the existence of human beings who think and feel, means Islamic education serves to train of thought, so that the human mind became sharp and able to capture the verses of Allah both written (Qur'an and Sunnah) and unwritten in this nature. In addition, Islamic education should be able to instill faith in monotheism so that people can communicate with the Creator.

According to A. Wahid Hasyim, let every man who is born on this earth ingratitude towards God. Because human beings were created as very perfect. Although physically weak and limbs, but with the ability of the brain, people can have extraordinary power. He was able to move goods very big place far enough. Knowing an event that occurs in a place far away and so forth. The work may not be done by other creatures in this world. Human excess is obtained because humans are capable of using his mind to organize and explore the natural surroundings. Then the work of human effort devoted to human welfare.

According to A. Wahid Hasyim, basically humans are born in the same degree, which does not have anything. But in the development of life taken, as adults they have different degrees and abilities. The main factor of this difference is largely determined by the ability of individuals to use reasonable mind. But human life is not enough to rely solely thinking skills alone, in the absence of control that could lead to the straight path. As a steering control is religion gained through the education process.

Wahid Hasyim thinking about human nature is actually a reflection of the teachings of Islam and consistent with the thinking of contemporary Islamic educational philosophy. Because according to Wahid Hasyim that human nature consists of two: physical and spiritual that can think and feel. While the position is if it were the noblest human beings are able to develop his mind accompanied by a sense of spiritual development and skills. Humans also according Wahid Hasyim is a creature that can be educated and educate, as Wahid Hasyim very concerned with the influence of education in the process of human development. According to Wahid Hasyim that the result of man's ability to be used to organize and explore the universe, grateful for the favors of God, and use that knowledge for the benefit of humankind and uphold the interests of the religion of Allah. With the provision of the ability of human beings to make himself responsible that exceeds that of other creatures. Wahid Hasyim thereby placing human position as a servant of God on the side as caliph responsible in the management of the universe. Due to organize and digging, ingratitude, the welfare of humanity, and establish the religion of Allah on earth are among the caliph responsible task.

Wahid Hasyim relevance of thinking about the nature of man and his position with the spiritual values and the thinking of contemporary education can be seen in the following explanation. According to Gabriel Marcel that "man is not a problem that will be solved exhausted, but 'mystery' the armpits may be mentioned properties and the characteristic is completely and therefore must be understood and internalized. The figure of the human person disclosed Islam comprehenship. Even the man himself is sometimes misunderstood him, either in the form of feeling superior or inferior. The Qur'an itself clearly states that human beings are creatures of God created in the best shape the structure of the physical and spiritual (Qur'an, 95: 4-6). In physical structure, human beings were originally created from a variety of terms that refer to the definition of the various components of the soil (QS. 22: 5; 25:54; 55:14 and 15:26). While the descendants of Adam was created from the compound between the germ (sperm) and ovum, as the main ingredient of human reproduction (Qur'an, 32: 7-8). From the aspect of personality, according to Mahmud that Islam in fact has its own view on the issue psychology and personality. Man consists of physical, mind and spirit, which is based on QS question. *As-Sajadah*, 32: 7-9. Elements of special bodies as a means of meeting other primary impetus that are external, or in accordance with the social customs, traditions and values restraints. Intellect is a means of humans to understand at a modest rate to achieve the best ways to fulfill a boost earlier. And at a higher level to solve all the problems of human life. While the spirit is the potential of nature and the power of conscience is *Robbani* that can assist people in realizing the objectives more noble in life in the form of chastity and virtue.

This multidimensional human form fused unity has created with a specific purpose. By because is not allowed to waive the right bodies to enhance the rights of spirit and intellect, and vice versa, is not allowed to ignore the rights of the spirit and sense to perfectly rights bodies, as well as the commendable waste nor to pleasure one side; nor happiness on the other side.

According to the formulation of the results of the World Conference of Islamic about Islamic education that man is composed of soul and body, which are zoological; he at the same time is a spirit and matter; unity as individuals and individuality shows itself; it is equipped with various attributes bestowed by God. Humans have organs of cognition that is both spiritual and rational as the liver (*qalb*) and intellect (*'aql*), and the forces that are physical, intellectual and spiritual vision, experience and awareness. Humans are basically too forgetful and can fall into the abyss of injustice and ignorance. What is important is the gift of knowledge pertaining to the spiritual as a reality that can be absorbed and palpable.

In this discussion originated from a philosophy that human beings are creatures *homoeducandus* that man can be influenced (educated) and can also influence (nurture), is not a creature which is always passive in the sense that can only accept nor aggressive in the sense of giving, influence but it cannot be affected by any circumstances. With *khalqiyah* nature and disposition *munazzalah* (such potentials) in humans is possible at all can change in the environment according to his will.

Departing from QS. *Ar-Rum*: 30 that innate understanding of the basic (nature) of man and how his ability to thrive can be grouped into four, namely (1) fatalist-passive, (2) the neutral-passive, (3) positive-active and (4) *dualis*- active.

Passive fatalist theory, saying that every individual, through the ordinance of God is good or evil in origin, whether provisions of this kind occur in all or in part in accordance with God's plan. The human ability to develop into a passive, since each individual is bound by the provisions which have been determined before the Lord. Who holds a neutral-passive, assume that the child is born in a state of pure, intact and perfect, an empty state as it is, without awareness of the faith or *kufr*, good or evil. This theory is the same as Tabularize theory of John Locke. The individual's ability to grow is passive and highly dependent on the polished environment, especially education. The positive outlook-active assumes that basic human innate from birth is good, whereas the accidental crime. The ability of individuals to flourish is active. Humans are a source that is able to resurrect himself from inside. Who holds dual-active, assume that it is a basic human congenital double (dual). On the one hand its very nature tends to favor, and on the other hand tend to evil. The dual nature of both active and in a state of equal.

Wahid Hasyim, in principle, can be classified on the flow of good-active. Because according to Wahid Hasyim as quoted Mohsen that human potential mine like objects that are stored in the bowels of the earth. So that it develops a good potential and actual then there must be education and exercises. In the concept of Wahid Hasyim unclear whether only the basic capabilities of convergence between the poles and polar environmental influences that shape the personality of the learner. According to the author, in addition to the two poles there are two things that cannot be ignored that '*Inayatullah* (hands providence of God) and the human freedom to determine their fates. In the convergence theory covers only anthropocentric (human-centered) and Cosmo centric (centered to the natural environment), yet includes theocentric (God-centered). This is in line with the paradigm that every Muslim believes that there *sunnatullah* and others' *Inayatullah*. Then the law can be significant and actual of the two roads; first with the laws that have been known to man (the laws), and second, by the way '*Inayatullah*. So the paradigm becomes "*teoantropokosmosentris*" or good-active. This is in line with the assurance of God in QS. 40:60: "Pray to Me undoubtedly I will give you". That is basically the innate fundamental human good from God, then becomes not good in the hands of human and environmental influences including education. Or in other words, a person's character is dependent upon three factors namely heredity human factors, human freedom over *Inayatullah*, including education and the environment.

So important influence in shaping the character education learner, it is natural that Islamic education experts give very strict criteria for educators. It because (1) so that educators do not spoil the positive nature of learners, (2) is so sharp effect of educator to the learners, (3) educators positioned ad inheritors of the Prophets, and (4) a very important position of science in Islam.

### 3.2.2 OBJECTIVES, METHODS AND CURRICULA OF EDUCATION IN ISLAM

According to Wahid Hasyim that the primary purpose of Islamic education put forward in 1933 is to encourage students who have a certain *al-karimah*, piety to Allah and have the skills to live. This means that with his knowledge, a person is able to live a decent in this world, can erect not be a burden to others. Because for students who do not have the skills to live, he will face various problems that will narrow the trip of his life. With the hope of a decent living after they do not forget to fight for the religion of Allah

At the end of 1933 Wahid Hasyim back to Indonesia. At first Wahid Hasyim Tebuireng taught at boarding school with the intention of making changes in education and teaching schools. Therefore, the start to make changes to the four students who considered the smartest among pupils boarding Tebuireng. Experiment is the new method is to combine religious studies with general knowledge. In addition, Wahid Hasyim propose to his parents a fundamental change in the education system and teaching in schools. Among the proposals is that the traditional system, *sorogan* and *halaqah/bandongan* converted into a more systematic tutorial system, with the aim to develop the initiative and personality of the students. In addition, Wahid Hasyim also proposes that general knowledge is taught more, so that the students not only learn the knowledge of traditional Islam, as scattered in the classics. According to this proposal is based on the consideration that not all students who study at the school aims to become scholars. For those who do not aspire to become less important scholars taught the classics and the mastery of Arabic and classical texts in Arabic. In other words, they only learn Islam from literature-speaking Indonesian Islamic literature and in the span of time that is not too long, even if necessary, they simply follow the lessons at the school within a few months. The rest, when they could be used to study the practical knowledge and skills.

Educational methods with this tutorial systems, teachers and students can meet to learn face to face. After the experiment to four core deemed successful students then developed in the form of larger classes. Implementation of the

study are grouped according to ability of pupils in one class, between 20 to 30 students. The grouping as a replacement model of learning together in large numbers are difficult to control by the teacher.

As illustrated in the work of Wahid Hasyim, "religious education in boarding school" in Magazine *Soeloeh NU* quoted Mohsen, that Wahid Hasyim gave some excuse about the renewal of this learning strategy that is as pioneering the classical model of religious education in the form of madrasah *Nizamiyyah*; incorporate general studies in the madrasa curriculum; and the levels or levels of education is measured by the occupied grade pupils, whereas the increase must go through tests the ability of classes held in the form of evaluation of learning outcomes of each semester.

Wahid Hasyim proposal seems pretty basic, according to his father, will cause problems between the leadership of schools, because they are not yet ready to accept radical changes. Except that, as a way out, his father could accept the proposal Wahid Hasyim others are set up madrasah *Nizamiyah*. *Nizamiyah* curriculum in addition to Islamic studies held general knowledge subjects and in addition to Arabic language lessons also held lessons in Dutch, English and typing. In addition to the boarding school, as pilot institutions, the number of common subjects reaching 70 percent of the overall curriculum, a change and comparison are quite radical. Religious instruction which consists of 30 percent of it is in Arabic, *Fiqh*, Hadith and *Tafsir-tawhid-Aqeedah*. Other religious instruction is given in the form of book recitals in *sorogan* or *bandongan* outside of school hours in the classical style. The general lesson which consists of 70 percent, among other math lessons, Indonesian, Dutch, English, Earth Science, life Sciences, Natural Sciences and Science *Falg*. The first year the school was followed by only 29 students in one class, including his own brother, Abdul Karim Hasyim. But not how long Wahid Hasyim forced to add two more classes, so it consists of three classes again. An end of 1910 to 200 students and 10 the next year jumped nearly 2,000 students. The new cottage complex is made in Seblak in 1923 that less than 150 meters away from Tebuireng. The Seblak *pesantren* daughter is now boarding. Progress achieved considerable progress, because in it held lessons in Arabic, Dutch and English. This has never happened in the educational institutions in Indonesia, including boarding.

Wahid Hasyim emphasized to the students to study hard, with a lot of reading outside of school hours so they have extensive knowledge. He said that extensive reading material master is the principle of development in Islam. We are required to learn how to use the pen as recommended by the Qur'an. Because reading and writing humans will master the science that has not been previously understood. With the argument that the verses of the Qur'an was first *rurun* is *lqra* 'as the suggestion to read. Means that if you want to know a vast knowledge should read.

Other reforms proposed by Wahid Hasyim in his work "for the progress of the nation" is the formation of the organization early in the *pesantren*. Within the next three months the students started the organization in the form of classroom learning activities for organization, and its activity is deliberation/discussion to discuss a variety of subjects that are less clear when lessons take place in a formal class. The activities conducted informal discussions outside the classroom activities. Another form of organization is the organization for activities of students of a particular area. Member-members consist of the students who come from certain areas (districts, residency, and province) studying in boarding Tebuireng. The ultimate goal is to tie the brotherhood between people, improve the discipline of learning and skills training activities such as reading books, organize and develop the administrative and management to prepare as a *muballig* (Islamic scientist) in society. The organization also serves as a bond between friends in the area, so after returning to society, they still interact in various activities aimed at developing Islam.

Goals are the world's ideals, the ideal atmosphere to be achieved. The function of the ultimate goal of education is to end and directing the business, as a starting point for achieving other goals, give value (nature) in the venture and provide the best motivation in education. The final goal of Islamic education certainly comes from faith or religion, philosophy of life, and the philosophy of a nation. Due to the fact that education is the result of the philosophy and beliefs of a nation.

Wahid Hasyim in expressing basic and educational purposes is still general and more pragmatic. He said that basic education is enough of the Qur'an and *Sunnah*. Unlike other NU leaders commonly refer to the books *mu'tabarah*. While the purpose of education, he said, to train thinking so as to capture the secret revelations of Allah, as a means of planting the faith, morals *karimah*, fear of God, and have the life skills (life skills). This thought is consistent with contemporary educational experts that the purpose of education refers to the achievement of a balanced ie, cognitive (intellectual ability), affective (the realm of taste), the spiritual realm and the psychomotor domain (life skills).

Teaching methods important role in the learning process because the appropriate methods would facilitate the achievement of educational goals. The method taught by al-Abrasyi is the road that we follow to hang learners about all kinds of subjects, in all subjects. He is a plan that we created for ourselves and we can apply in the classroom. According Gunaimah, the teaching method is as practical ways to carry out the objectives and purposes of teaching. Thus the method of education is any activity that is purposeful and planned use of educators to help learners achieve learning objectives and desired changes in their behavior. According to Wahid Hasyim, Islamic education method used is *halaqah* or *bandongan*,

*sorogan*, tutorials and discussion or *mudzakarah*. This is in accordance with the principles of educational method proposed by al-Syaibani which among other methods must be based on morality *al-karimah*, can evoke the spirit of the teachings of Islamic morality, there student freedom discussion, debate and dialogue within the limits of decency and mutual respect, are flexible, able to accept changes in accordance with the conditions of learners, able to accept the difference of topics and the ability of learners. So what was raised by Wahid Hasyim about the various methods mentioned above implicitly within the framework of the principles of Islamic education method presented al-Syaibani. There should also note that there is no single method was appropriate education for all learning purposes, all science topics, all the content of the lesson, all stages of development, all the differences of learners, all the teachers and to all the circumstances. The method for determining factor is highly dependent on the learning objectives, the characteristics of the material, the ability of teachers, the state of learners, infrastructure and atmosphere that enveloped him. The most important thing in learning is again preparing the operational steps that teachers do in order to facilitate the learning objectives achieved. To that effect philosophy in education, "the material is important. The method is more important than the material. But the character of the most important educators of everything.

Regarding the content or curriculum, Wahid Hasyim held a very radical change. Curriculum oriented to the principles of a dynamic, practical skills, balance between the demands of practical life mundane and *ukhrowi* ideal life. In terms of practical life, Wahid Hasyim closer to the flow-Reconstruction Progressive philosophy. In Progressivism explained that progress (progress), which became the core concern, then the science in the curriculum that can foster progress must be practical. While in philosophy *rekonstruksionism* found learners is regarded as being active and creative. One effort that can be done is changing the concept of education as the transfer of knowledge into the transformation of knowledge. Learners are expected to be included digest that knowledge to be his. For this, the knowledge given to students should not only basic knowledge, but also with regard to the problems that exist in society. Likewise, the proposed curriculum Wahid Hasyim has been relevant to the principles of the curriculum proposed by education experts such as-Syaibani contemporary. The principles it is the engagement with religion, universal purposes and its contents, related to their talents, interests, abilities and needs of learners, maintenance of diversity, development and change among students, the linkage between subjects, experiences, and activities

### 3.2.3 LEARNING RESOURCES SUCH AS LIBRARIES

Mechanisms to support education in the new institution, in the same year (1934), Wahid Hasyim immediately establish a park reading or modern library. In addition to a number of books that are not less than 1000 titles are generally Islamic books, the library also actively subscribe to magazines and newspapers, both ardent traditional, modernist, and nationalists. Vibrant, even more appropriately be described as a traditionalist is *Nahdlat al-'ulama* News. The banner of the Library, East Library, New Pudjangga, and Penjebar spirit regarded as ardent nationalist media. While ardent modernists is the banner of Islam, Islam Moving, *Adil*, Nur al-Islam, and Munawarah. In short in 1936 Tebuireng experience a glorious future progress in the field of science, both theology and general science. This phenomenon indicates that Wahid Hasyim was a forward-looking and spacious, both in the fields of religion, social or political.

So happens that a conducive teaching and learning process will inevitably have provided learning resources are adequate, especially the library. Library is one means conservationists library materials as a result of culture and has the function of educational, informative, recreational and research in order to educate the students. What is practiced in Madrasah *Nizamiya* Wahid Hasyim, is already very advanced thinking about education in his day dose for providing learning resources that are key scientific life. Although not yet fully complete but the library has fulfilled its function as a modern library according to function. According Hernandono, educative function library if it is able to generate interest in reading learners, develop the power of expression, language, intellectual and able to guide and nurture learners in how to use the library materials properly. Informative function, if it is able to provide the materials of diverse, high quality and up to date. Administrative functions, when the library was doing the recording, organizing the circulation of a practical and efficient. And recreational functions, if the library provides books that are recreational quality.

Educational methods used in schools Tebuireng also updated. Which had been running that Arabic passively controlled, then the ideas Kyai Hasyim, Wahid Hasyim, was changed to become active so that the knowledge of religion is written in Arabic that must be mastered. So in daily life Kyai Hasyim, many spoke Arabic well to students and against can understand it. Such practices are carried out by the leadership of schools, so that eventually they assume that the Arabic language does not belong to the Arabs, but the language of Islam. Nearly 24 hours of boarding school filled with students learning activity in the supervision of clerics and religious teacher.

#### 4 CONCLUSION

1. Nature of Man according to Wahid Hasyim consists of physical and spiritual components. He is a perfect being, given the ability to think, feel and spiritual abilities. He creates *homoeducandus* (can be influenced or educated and influence or educate). Perfection can be achieved if people develop thinking skills, physical skills accompanied by faith in the educational process. The work of thinking and physical skills is aimed at the welfare of mankind, to fight for the religion of Allah, and ingratitude towards God.
2. Position Wahid Hasyim in the system of Islamic education philosophy is positive-active. It means that people are basically bringing a good potential of God, there is nothing bad in it. Humans will continue to either actively or being ugly is in the hands of human and environmental influences.
3. Basic education Islam is the Qur'an and *Sunnah*. While the purpose of education is for students to be human beings who have a certain *al-karimah*, resourceful mind develops, fear of God, and have the life skills (life skills). This opinion is in line with the objectives of contemporary education experts it includes the realm of psychomotor, cognitive, spiritual realm, and affective.
4. Islamic education curriculum according to Wahid Hasyim must balance materials related practical demands of life and the demands of an ideal life or *ukhrowi*. Likewise, education methods must be developed, not only the traditional methods such as *sorogan* and *bandongan*, but there are methods tutorials, *mudzakarah* (discussion and deliberation).
5. Learning resources to realize the idea of a library of Wahid Hasyim is a key scientific life in Islamic educational institutions and this is a remarkable progress in his day.
6. The things that affect his thinking is social and cultural surroundings, educational background, possessed intelligence, including personal tendencies his autodidac and support families and rulers of his time.

#### REFERENCES

- [1] Abrasyi al, M. Athiyah, *Al-Tarbiyah al-Islamiyah wa Falsafatuha*, Isa al-Bab al-Halabi wa Syurakauhu, Mesir, 1975
- [2] Al-Naqueib al-Attas, Syed Muhammad. *Aims and Objectives of Islamic Education*, King Abdul Aziz University, Jeddah, 1978
- [3] Barnadib, Imam *Ke Arah Perspektif Baru Pendidikan*, Ditjen Dikti LPTK, Jakarta, 1988
- [4] Dhofier Zamakhsari, *Tradisi Pesantren, Studi tentang Pandangan Hidup Kiai*, LP3ES, Jakarta, 1994
- [5] *Encyclopedia Americana*, Americana Corporation, USA, Volume 9, 1977.
- [6] Gunaimah, Muhammad Abdul Rahim, *Tarikh al-Juziyat al-Islamiyah al-Kubra*, Dar Ettiba'ah, Marokko, 1953
- [7] Hasyim, Wahid "Abdullah Oebaid sebagai pendidik", *Soeloeh Nahdloel Oelama*, Tahun I, Volume V, Agustus 1941
- [8] Hasyim, Wahid "Abdollah Oebait sebagai pendidik," dalam *Majalah Soeloeh Nahdloel Ulama*, Mei, 1941
- [9] Hasyim, Wahid "Kebangkitan dunia Islam, beragamalah dengan benar dan ingatlah kebesaran Tuhan", dalam *Majalah Agama II*, Nomor 3-4, Maret-April, 1951.
- [10] Muki Ali, A, *Alam Pikiran Modern di Indonesia dan Modern Islamic Thought ini Indonesia*, Nida, Yogyakarta, 1971.
- [11] Muhammad Mahmud, Mahmud, *Ilm al-Nafs al-Ma'ashir fi Dhoui al-Islam*, Dar al-Syuruq, Jeddah, 1983.
- [12] Muhsin Ks, A. *Wahdi Hasyim dan Pendidikan Agama (Kajian Historis)*, Pascasarjana IAIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta, 1993
- [13] Nasution, Harun. *Ensiklopedia Islam di Indonesia*, Dirjen Binbaga PT Agama Islam IAIN Jakarta, 1987/1988
- [14] Shihab,, M. Quraish. *Studi Kritis Tafsir al-Manar*, Pustaka Hidayah, Bandung, 1994, .
- [15] Soejanto, Poespowardojo, dan Betens, K. (editor), *Sekitar Manusia: Bunga Rampai tentang Filsafat Manusia*, Gramedia, Jakarta, 1978
- [16] Soeroto, Soeri (Penyunting), *Pemahaman Sejarah Indonesia Sebelum dan Sesudah Revolusi*, LP3ES, Jakarta.
- [17] Sutoyo, Agus "Masa depan perpustakaan di Indonesia", *Harian Merdeka*, 28 September 1994
- [18] Syaibani al, *Falsafah Pendidikan Islam*, Hasan Langgulung (penterjemah), Bulan Bintang, 1979
- [19] Wahid, Abdurrahman, "Perkembangan pendidikan agama di Pesantren" (ceramah di PDP), Tebuireng, 28 Nopember 1978;
- [20] Yunus,. Mahmud. *Sejarah Pendidikan Islam di Indonesia*, Mutiara Sumber Widya, Jakarta Pusat
- [21] Zuhri, Syaifuddin *Guruku Orang-orang Pesantren*, Al-Ma'arif, Bandung, 1974.

## Assessment of longitudinal shear strength of Composite deck slab

A. Siva<sup>1</sup>, R. Senthil<sup>1</sup>, and S. Swaminathan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Civil Engineering, College of Engineering Guindy, Anna University,  
Chennai, Tamilnadu, India

<sup>2</sup>Department of Civil Engineering, Affiliated to Anna University,  
Chennai, Tamilnadu, 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:** In the modern construction sector, steel-concrete composite deck slabs have emerged as an alternative to conventional concrete slabs nowadays. The composite construction is lighter, stronger and economical when compared to conventional construction method. The longitudinal shear capacity of the slab determines the ultimate load of the composite slab and is the most prominent failure type in composite slab construction. The profile steel sheeting acts as an external tensile reinforcement in the slab. In this experimental investigation, three types of embossments viz., chevron, rectangular and inclined penetrated are introduced for predicting the m-k curve. Totally six numbers of steel-concrete composite deck specimens are used for the study. For each type of embossments, two numbers of specimens were chosen with two different shear span conditions. The specimens are cast using M25 grade of concrete and using 1 mm thickness of profiled steel sheeting to avoid the shrinkage and creep of the concrete, 8 mm diameter of secondary reinforcements are provided (on top of the profiled sheet). The specimens are subjected to static loading and load capacity was found. As per the regulations of Euro-code 4, the m-k method is used to determine longitudinal shear capacity of the deck slabs. The linear regression analysis was plotted using experimental tests data to predict the m-k value.

**KEYWORDS:** Embossment, slip, deflection, trapezoidal, profiled sheeting, concrete.

### 1 INTRODUCTION

In the construction industry, composite decks slabs are widely accepted due to its higher structural performance with minimum utility of materials. The composite deck slab construction involves two materials-concrete and cold form profile steel sheet. The concrete being good in compression and steel being good in tension combine together to act as a single unit to enhance the structural ability of the whole structure. The cold form profile steel sheet is available in many size and shapes of which trapezoidal profiled sheet is one of the popularly used profile in the construction. The shear strength of the composite slab mainly depends upon the longitudinal interfacial shear between the concrete and the cold form profiled sheet. The main type of failure in the composite slab is the longitudinal shear failure. To overcome this longitudinal shear failure, three methods are used. They are mechanical interlocking, frictional interlocking and end anchorage method. In the mechanical interlocking method, embossments or indentation on the profiled sheet are widely used to increase the shear interaction between steel and concrete. Embossments are placed in the crucial portion of the profiled sheet such as web or flange, wherever there are higher chances of slip occurrence between the concrete and the profiled sheet. Embossments are formed in the profiled sheet by press breaking method.

The experimental studies conducted by Ong and Mansurt [1] to determine the shear and capacity of the composite slab with locally available profiled sheet. Under three point loading, ten numbers of one way slab specimens were tested. To predict the empirical relationship between the concrete and steel sheeting, slabs were cast with and without end anchorage method. The author also reviewed the existing design method to find the shear bond capacity and proposed a new empirical relationship.

Marimuthu et al. [2] and Saravanan et al. [3] experimentally investigated the trapezoidal profile steel sheet with embossments. The embossments were provided at the web and flange to enhance the shear capacity of the profiled steel sheet. To evaluate the shear strength of the composite slab, eighteen numbers of composite slabs were cast and tested using two different shear span conditions. The experimental study aimed at improving the longitudinal shear strength of the composite slab by analyzing the optimum m-k value.

Pentti Makelainen and Ye Sun [4] discussed the behavior of particular type composite slab using push out tests. Totally twenty seven numbers of push out tests were carried out with different shape, size and location of embossment. The embossments were provided in the profiled sheet by two methods, one by rolling method and other by punching method. The experimental study concluded that the depth of the embossment is an important factor in determining the shear capacity of the composite slab. Finally the author proposed a new method of profiled sheet with embossment which provides higher longitudinal shear.

Namedo Adkuji Hedao et al. [5] analyzed the failure mechanism of the composite slab using static and cyclic loading. The trapezoidal profiled sheet of thickness 0.8 mm is used in this study. The dimensions of the composite slab were 3.0 x 0.83 x 0.12 m. the depth of the profiled sheeting ( $h_p$ ) and the depth of concrete above profiled sheeting ( $h_c$ ) was 52 mm and 50 mm respectively. To determine the load carrying capacity and structural behavior of the simply supported slabs, both the static and cyclic loads were imposed. The experimental results were compared and the failure modes were analyzed.

Holomek and Bajer [6] investigated the behavior of composite slabs under different types of loading conditions. The specimens were tested with four point loading and vacuum test. In addition to the full scale testing, small scale testing were performed to analyse the shear behavior of embossed profiled sheet which forms the basis of numerical modelling. The point of loading is the main factor which influences the load carrying capacity.

A.Gholamhoseini et al. [7] conducted experimental and numerical investigation of composite slabs with four different types of deck profile. Two types of loading schemes applied on the composite slab on the slab. It was concluded that the bond slip between concrete-steel interfaces contributes to the failure and flexural capacity of slabs. Comparison of both numerical and experimental test results was satisfactory.

Hajir Satin Abbas et al. [8] experimentally investigated the shear capacity and load carrying capacity of composite slabs. The profiled sheet was corrugated with steel embossments provided on it. Additionally in order to avoid shrinkage and creep in the concrete, mesh reinforcement was provided. Four number of shear studs were anchored in each side of the rib. The experimental study concluded that the load carrying capacity was increased with the addition of shear studs and mesh reinforcement minimized the concrete cracking.

K.N.Lakshminadhan et al. [9] experimentally investigated the shear connection of composite slabs with three schemes of shear connectors provided on the specimen. Three specimens of each type were tested under two point loading conditions. Experimental results were compared with the load vs slip value of composite slab without any shear connectors. The study concluded that the slabs with shear connector exhibited failure mode in ductile manner whereas the slab without shear connector exhibited failure mode in brittle manner.

## 2 EXPERIMENTAL PROGRAM

### 2.1 MATERIAL PROPERTIES OF CONCRETE

In the composite slab, the concrete is cast above the cold form profiled sheet. The grade of concrete used in this experimental study is M25, which is prepared using Indian Standards 10262:1982 [10]. To avoid the shrinkage or creep in the concrete, minimum reinforcement of 8 mm diameter is provided on the top surface of the concrete. The composite slab cast is represented in the Fig.1.

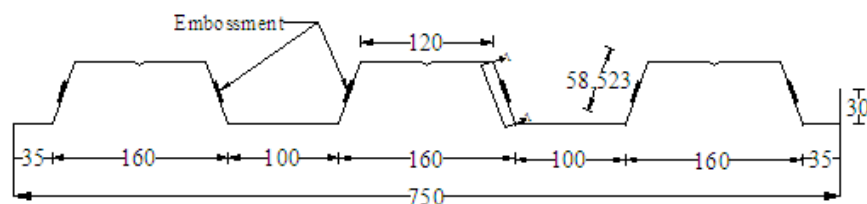


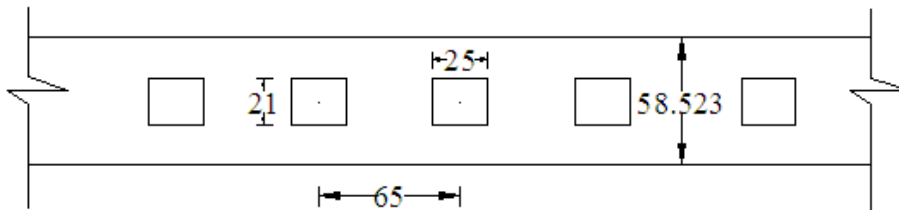
Fig.1. Schematic view of composite slab

## 2.2 RECTANGULAR BOX TYPE EMBOSSEMENT

The rectangular type embossment was punched onto the profiled sheeting as shown in the Fig. 2. The center spacing between the each embossment is maintained as 65 mm. The embossment also looks like box shape and the dimensions of the embossments are 21 mm x 25 mm is shown in the Fig. 3.



*Fig.2. Rectangular Dishing Type Embossment*



*Fig.3. Detailed view of Rectangular Dishing Type Embossment*

## 2.3 CHEVRON TYPE EMBOSSEMENT

The chevron type embossment was punched onto the profiled sheeting as shown in the Fig.4. The center spacing between the each embossment is maintained as 85 mm. The embossment also looks like inverted V shape and the dimensions of the embossments are 31 mm x 60 mm is shown in the Fig.5.



*Fig.4. Chevron type embossment*

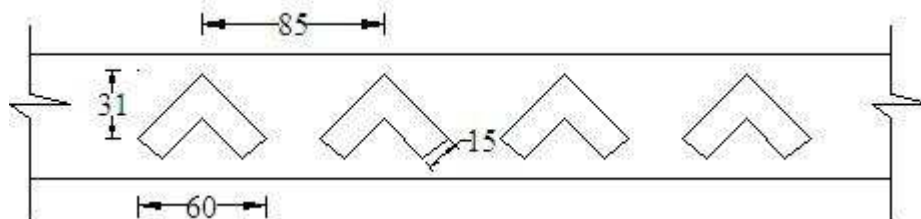


Fig.5. Detailed view of Chevron type embossment

2.4 INCLINED PENETRATED EMBOSSMENT

The inclined penetrated embossment is another type of embossment which is punched inclined method represented in the Fig.6. The dimension of the inclined penetrated embossment was 25 mm x 55 mm and distance between the centers of each embossment is 55 mm is shown in Fig.7.



Fig.6. Inclined Penetrated Embossment

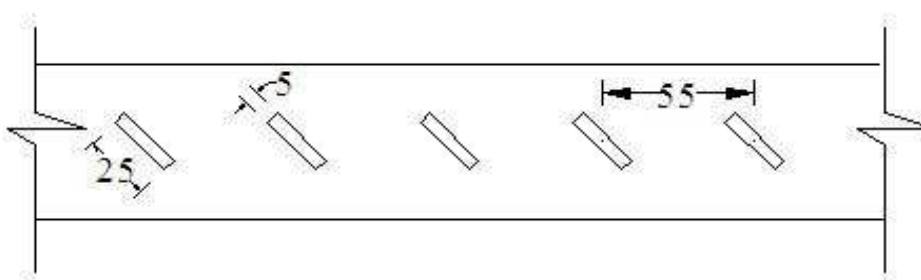


Fig.7. Detailed view of Inclined Penetrated Embossment

2.5 APPARATUS SETUP

The composite slab specimens were placed on the loading frame carefully without any damage to the specimen. The loading frame is attached with hydraulic jack of capacity of capacity 500 kN is used to give the static load on the specimen. The schematic view of the loading frame is shown in the Fig.8. The overhanging length of the specimen ( $l_0$ ) is 100 mm on either sides of the specimen and the effective length ( $l_e$ ) is 1400 mm respectively. Hinged support is provided on one side and on the other hand roller support is provided to simulate simply supported condition. Along the width of the composite slab specimen the load is given with the help of I section beam. Two line rods are used to distribute the load equally on the composite specimen. The load carrying capacity of the composite slab is recorded through the load cell which is placed at the top of distributor beam. The loads on the composite slab specimen were recorded timely on regular time intervals in the computer. A total of six numbers of specimens were subjected to testing with two numbers in chevron, rectangular dishing

and inclined penetrated type of embossment. To measure the mid span deflection and load slip behavior of the composite slab specimen, Linear Variable Differential transducers (LVDT) and digital dial gauge were used. The LVDT's and the dial gauges were placed at the bottom and middle of the composite slab as shown in Fig.9 Experimental set-up and Fig.10 shows the End-slip of trapezoidal profile sheet. Fig.11 shows the crack pattern of the composite slab.

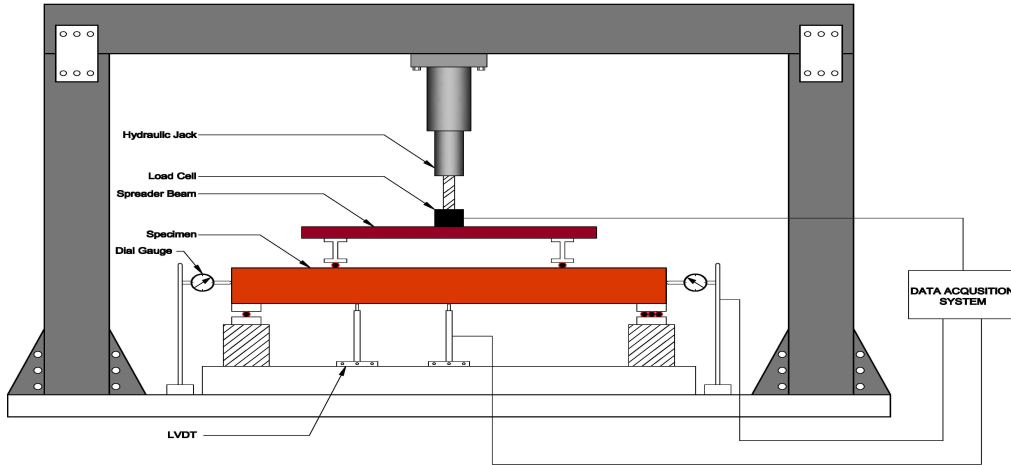


Fig.8. Schematic view



Fig.9. Experimental setup of loading frame

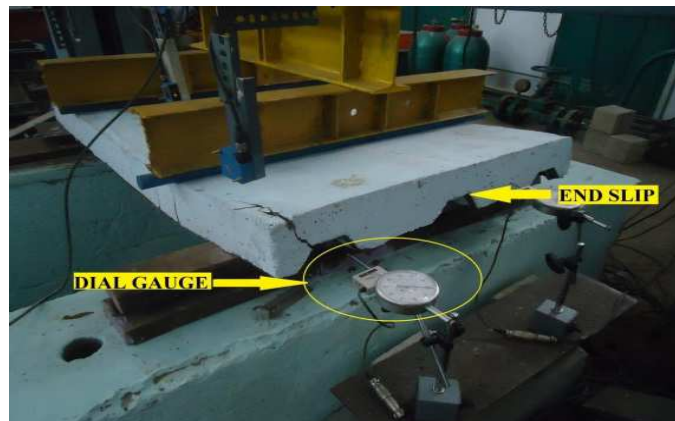


Fig.10. End-slip of Trapezoidal slab

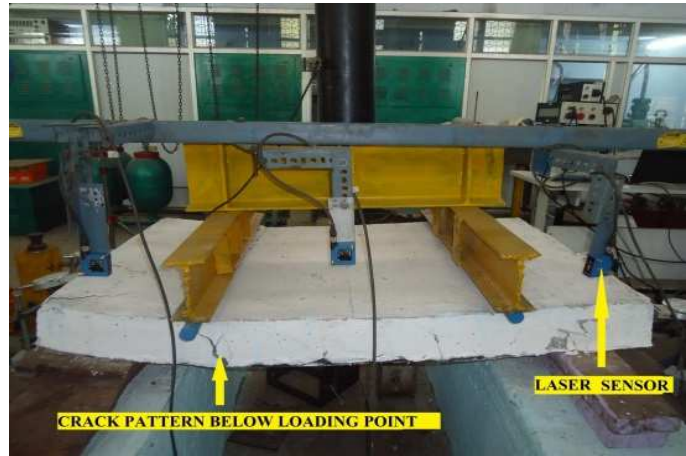


Fig.11. Crack pattern of composite slab

3 RESULTS AND DISCUSSION

For the experimental studies m-k method was adopted from Euro code. As per Euro code recommendations two different shear spans should be considered for the studies. In this experiment two types of loading was given, one short shear span 300mm and long shear span 500 mm was chosen with different embossing sheets. Initially with a propping sound indicated which clearly indicated the delamination of concrete and profiled sheeting. Longitudinal shear continued with the help of embossing in the profiled steel sheeting. The Fig.12 indicates the load- deflection value of the three types of embossed profiled sheeting tested with short shear span. The chevron type of embossment had a higher deflection of 25 mm and higher load was 71 kN. Similarly for long shear spans shown in Fig.13, rectangular profiled sheeting showed higher deflection of 23 mm and higher load was 55 kN.

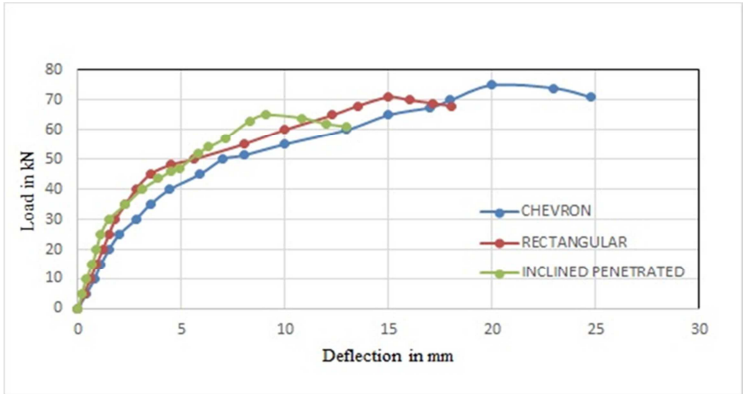


Fig.12. Short shear span of 300 mm

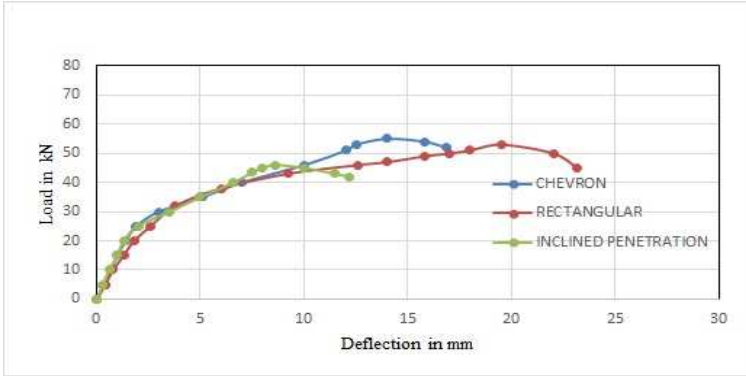


Fig.13. Long shear span of 500 mm

#### 4 PREDICTION OF M-K VALUE

Table 1 Experimental value for m-k

Embossment type	Shear span, $L_s$ (mm)	Ultimate load, $P$ (kN)	Vertical shear force, $V_u = (0.8 \times P) / 2$ (kN)	$\frac{V_u}{b d_p}$ ( $N/mm^2$ )	$\frac{A_p}{b L_s}$	Experimental value for m-k method
Rectangular	500	50	40	0.376	0.00278	0.266
Rectangular	300	71	56.8	0.535	0.00463	0.382
Chevron	500	55	44	0.414	0.00278	0.294
Chevron	300	75	60	0.565	0.00463	0.402
Inclined	500	46	36.8	0.346	0.00278	0.243
Inclined	300	65	52	0.489	0.00463	0.348

The regression analysis is performed to predict the m-k method According to Euro code 4 Part 2, the mathematical equation to estimate the m—k value is given below

$$\frac{V_u}{b \cdot d_p} = m \cdot \frac{A_p}{b \cdot L_s} + k$$

Where  $A_p$  represents the area of profiled sheeting,  $b$  represents the breadth of the specimen,  $L_s$  is the shear span of the specimen,  $d_p$  is the depth of the profile sheet. The linear regression analysis was used to estimate the m-k values for the different embossing profiled sheets. The value  $m$  represents the slope and  $k$  represents the co-efficient of friction. The Fig.14 represents the linear regression analysis for estimating of m-k value.

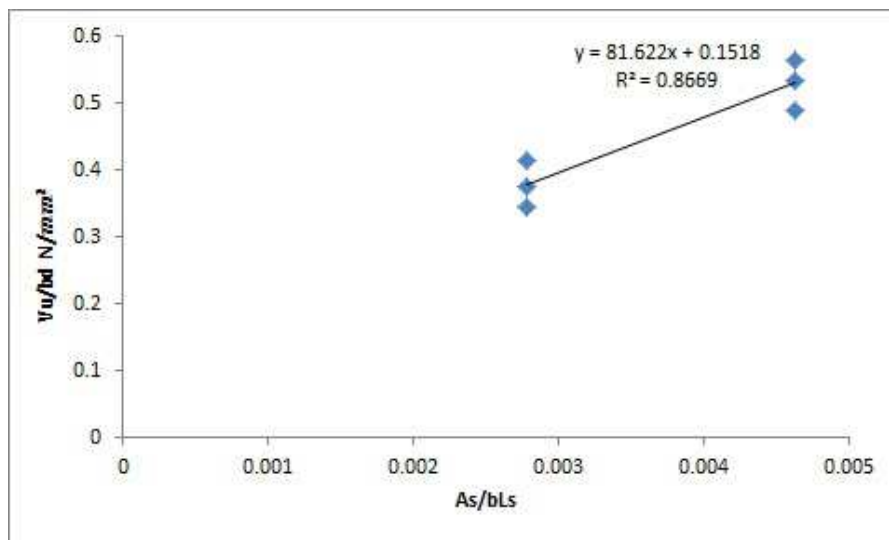


Fig.14. Estimation of m-k value

#### 5 CONCLUSION

The following conclusions were arrived from the experimental studies. They are

- The specimens with the shorter shear span showed more load bearing capacity than the longer shear spans
- The longitudinal shear capacity of the specimen can be increased by depth of the embossment and orientation of the embossment.
- A simple regression analysis was created. The linear regression constants 'm' and 'k' values are:  $m = 81.662$ ,  $k = 0.1518$ .
- The shorter shear spans failed in shear mode whereas the longer shear spans failed in flexural mode.
- Up to initial crack the deflection was greater in chevron type of embossment in short shear span and deflection was greater in rectangular type of embossment in longer shear spans.

REFERENCES

- [1] K.C.G. Ong and M.A Mansurt, "Shear-bond capacity of composite slabs made with profiled sheeting", The International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete, vol. 8, no. 4, pp. 132-140, 1986.
- [2] V. Marimuthu, S. Seetharaman, S. Arul Jayachandran, A. Chellappan, T.K. Bandyopadhyay and D. Dutta, "Experimental studies on composite deck slabs to determine the shear-bond characteristic (m-k) values of the embossed profiled sheet", Journal of Constructional Steel Research, vol.63, pp. 791-803, 2007.
- [3] S. Saravanan, V. Marimuthu, P.Prabha, S. Arul Jayachandran and D. Dutta, "Experimental investigation on composite slabs to evaluate longitudinal shear strength", Steel and concrete composite structures, vol.13, no.5, pp. 489-500, 2012.
- [4] Pentti Makelainen and Ye Sun, "The longitudinal shear behavior of a new steel sheeting profile for composite floor slabs", Journal of Constructional Steel Research, vol. 49, pp. 117-128, 1999.
- [5] Namdeo Adkuji Hedao, Laxmikant Madanmanohar Gupta and Girish Narayana, "Design of composite slabs with profiled steel decking: a comparison between experimental and analytical studies", International Journal of Advanced Structural Engineering, vol 4, pp. 3-15, 2012.
- [6] J. Holomek and M. Bajer, "Experimental and Numerical Investigation of Composite Action of Steel Concrete Slab", Procedia Engineering, vol. 40, pp. 143 – 147, 2012.
- [7] A. Gholamhoseini, R.I. Gilbert, M.A Bradford and Z.T. Chang, "Longitudinal shear stress and bond-slip relationships in composite concrete slabs", Engineering Structures, vol. 69, pp.37-48, 2014.
- [8] Hajir Satin Abbas, Sohaimi Abu Bakar, Mohammed Ahmadi and Zaiton Haron, "Experimental studies on corrugated steel-concrete composite slab", Gradevinar, vol. 67, no. 3, pp. 225-233, 2015.
- [9] K.N. Lakshmikandhan, P. Sivakumar, R. Ravichandran and S. Arul Jayachandran, "Investigations on efficiently steel concrete composite deck slab", Journal of Structures, Article ID 628759, pages 10, 2013.
- [10] IS 10262. Indian Standard recommended guidelines for mix design. Bureau of Indian Standards; 1982.

## Cluster Analysis Based Fault Identification Data Mining Models for 3 Phase Power Systems

**Tan Yong Sing<sup>1</sup>, Syahrel Emran Bin Siraj<sup>1</sup>, Raman Raguraman<sup>1</sup>, Pratap Nair Marimuthu<sup>1</sup>, K. Gowrishankar<sup>1</sup>, and K. Nithiyananthan<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Faculty of Engineering and Computer Technology, AIMST University,  
Bedong, Kedah, Malaysia

<sup>2</sup>Department of Electrical and Electronics Engineering,  
Karpagam College of Engineering, Coimbatore, Tamil Nadu, 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:** The main objective of this research work was to develop a Cluster Analysis based fault identification model for the power system. Cluster Analysis based Data Mining Techniques model has been implemented to locate the 3-phase transmission lines fault in IEEE 30 bus power system. Power World version 18 software was used to simulate the IEEE 30 bus power system and the 3-phase transmission lines fault. The bus voltages at fault were collected and import to the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) for determining the bus at fault. Through Cluster Analysis using Squared Euclidean Distance method, fault has been identified at each bus. This meant that the application of Data Mining Techniques yields a huge potential in solving complex problems related to power system, it not only yield an accurate result but also fast computation. The proposed innovative, successful model was able to locate the fault at each bus by bus nominal voltage comparison method.

**KEYWORDS:** Power system transmission lines faults, Data Mining, Cluster Analysis.

### 1 INTRODUCTION

Data Mining Technique had gain popularity recently due to its practicality and robustness in solving complicated problems, especially problems involving a huge set of data. Trends and knowledge that exceed simple analysis can be observed and learned through a database by applying Data Mining Techniques which also called as Knowledge Discovery in Data (KDD). Data Mining Techniques had successfully applied to various fields such as business, security, banking, anti-terrorist activities, social networks, medical field and information technology. There was a lot of data mining analysis involved in Data Mining Technique such as Classification, Evolution Analysis, Generalization, Cluster Analysis, Association Analysis, and Outlier Analysis. As stated above, there was a lot application of Data Mining Technique in various fields, however, there were less research on applying Data Mining Technique into Power System field. As the demand of electricity increases, it increases the complexity and the capacity of power system networks, which leads to the huge amount of data was collected every time. Transmission line faults in power system can be categorized as symmetrical fault and unsymmetrical fault. The symmetrical fault will equally affect all the three phases, however, just about 5% of chances it occurred. Upon comparison with asymmetrical fault, three phases were not affected equally and most of the fault occurred was asymmetric. Example of symmetrical fault was Three Phase fault. Asymmetrical fault will not affect all the three phases equally. There were various types of asymmetrical fault in transmission lines such as:

- Single line-to-ground (SLG) fault
- Line-to-line (LL) fault
- Double line-to-ground(DLG) fault

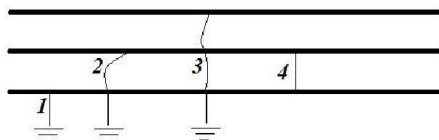


Fig 1: Illustration of transmission line fault

- 1) SLG Fault
- 2) DLG Fault
- 3) Three Phase Fault
- 4) LL Fault

There were many available techniques available in power system fault detection in transmission lines. Takagi et.al. [1] proposed a impedance-based fault location method by using both pre-fault and pure fault data and minimizing the influence of fault resistance. In 1931 J.Rohrig [2] reported using travelling waves for fault location in both overhead and underground transmission lines. Travelling waves were a technique where the position of the fault can be determined by measuring the time taken for high frequency electromagnetic waves to reach the end of the transmission lines. Later, Amir Tabatabaei et.al. [3] proposed by using Discrete Wavelet Transform in traveling waves to locate the fault of the three phase transmission lines and uses Global Positioning System(GPS) to obtain the actual data. However, there was difficulty in analyzing certain types of signals if the mother wavelet was not chosen properly and it's unable to distinguish between LL and SLG faults in power system due to an overlap in the range of the detail coefficient magnitude. More advance technique, which lead to non-conventional methods were developed to detect fault location in transmission lines fast and accurately. Aravinda Surya. V et.al [4] proposed using ANN to detect LG fault in double circuit transmission lines, the result showed that the maximum absolute error was less than 1% which means it yield an accurate result. Besides that there were more non-conventional techniques such as Fuzzy Logic technique or Genetic Algorithm technique Yagang Zhang et.al. [5] proposed using Data Mining cluster analysis to identify transmission line faults in IEEE 9 bus power system but have not tested in larger bus system, it was only tested for Single Line-To-Ground transmission lines fault, the author directly performs Cluster Analysis without pre process the raw data. The proposed model has been tested for larger bus system IEEE 30 bus system with data preprocessed features to detect 3 Phase fault and using Squared Euclidean Distance (SED) method for calculating the proximity matrix of similarity among each bus and which produce more accurate and distinct results.

## 2 CLUSTER ANALYSIS BASED DATA MINING

Cluster Analysis was a method of grouping objects such as observations or events found based on the information in the data describing the relationships between the objects. The product of Cluster Analysis will contain multiple groups of objects where each object in a same group will be closely related or similar and objects that were different from others will not be clustered into the same group. Distinct clusters of groups can be produced if there were large difference and great homogeneity in the group.

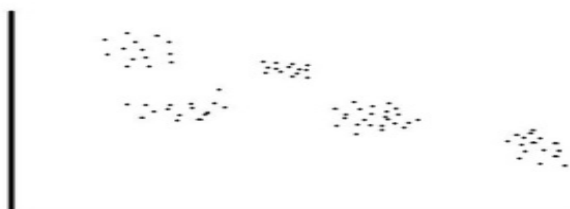


Fig 2: Illustration set of data

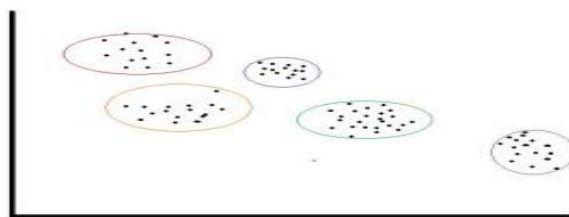


Fig 3: Illustration of 3 types of clusters in a set of data

As shown in Fig 2 there were raw data which carry no knowledge or no distinct relationships among other data. After Cluster Analysis was applied into the set of data, as shown in Fig 3 there were five different types of clusters or groups, thus from here crucial information can be extracted which simple observation unable to extract it. Cluster Analysis has long been used in a wide variety of fields such as pattern recognition, retrieval of information, psychology, biology, statistics, machine learning and data mining. Generally there were two types of clusters in Cluster Analysis which are Partitional (un nested) set of clusters and Hierarchical (nested) set of clusters [6]. Data objects are randomly divided into non-overlapping clusters such that all data objects were in exactly one subset, this is called Partitional clustering. Let  $K$  be the desired amount of clusters, Partitional clustering techniques will find all  $K$  cluster at once in conditions that  $K$  must less than the number of data set. As shown in Fig 2 and Fig 3 the illustrations of partitional clustering where Fig 2 was the original points and Fig 3 was the partitional clustering. Hierarchical clustering produces a nested sequence of partitions which contain only one, all inclusive clusters at the top of the hierarchy and finally form a singleton clusters of individual points at the lowest level of hierarchy as shown in Fig 4. The outputs of hierarchical techniques can be easily observed and analyzed by producing a dendrogram shown in Fig 5. Dendrogram able to represent the degree of difference between each element by analyzing the horizontal lines in the dendrogram, the element 4 in the Fig 5 had the longest horizontal lines which represent as outlier.

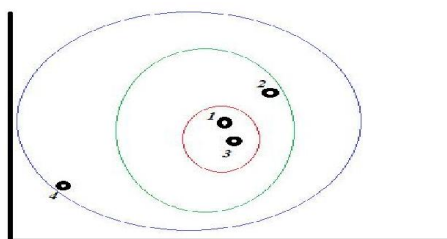


Fig 4: Illustration of Hierarchical clustering

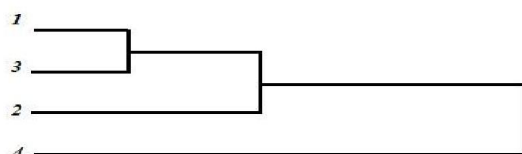


Fig 5: Illustration of dendrogram

Generally there were two available methods involve in Hierarchical clustering, which are divisive (Top-down approaches) and agglomerative (Bottom-up approaches). Divisive hierarchical clustering also called as the flat algorithm which the algorithm starts with all data set in a single cluster and then form hierarchy clusters by splitting the least similar clusters. Agglomerative hierarchical clustering is the reverse approach of divisive approach. Agglomerative algorithm starts with individual data, data with highest similarity between each other will form a cluster in a subsequent hierarchical stage [6]. Cluster Analysis with agglomerative algorithm is a powerful tool to locate transmission line faults, especially 3 Phase fault in power system, due to the, ability of Cluster Analysis able to identify the bus at fault fast and accurately. There were very few research has been done where this analysis was used in power system application which might produce a new powerful solution for the power system.

### 3 CLUSTER ANALYSIS BASED POWER SYSTEM DATA MINING MODEL FOR 3 PHASE FAULT DETECTION

As the complexity of the power system, increase the information regarding of the power system network also increases. Traditional method of transmission line fault identification has become more costly and ineffective as power system network keeps growing to sustain a healthy supply and demand relationship. At present, more powerful and effective methods are required to replace the traditional methods in detecting transmission line fault. Data mining technique was one of the windows of opportunity for effective transmission lines fault detection in power system, making benefits from the ever increasing raw data collected such as bus voltages, bus currents, transmission line impedances and many others. Upon all the collected data and information, new hidden knowledge regarding the behavior of the power system can discover and with this knowledge detecting transmission lines fault will become simpler, faster and more accurate. In this paper, the proposed agglomerative hierarchical clustering technique with Squared Euclidean Distance (SED) method and preprocessed bus phase voltage data to determine the bus in the IEEE30 bus system was at fault. The Cluster Analysis model for proposed methodology can be viewed in Fig 6.

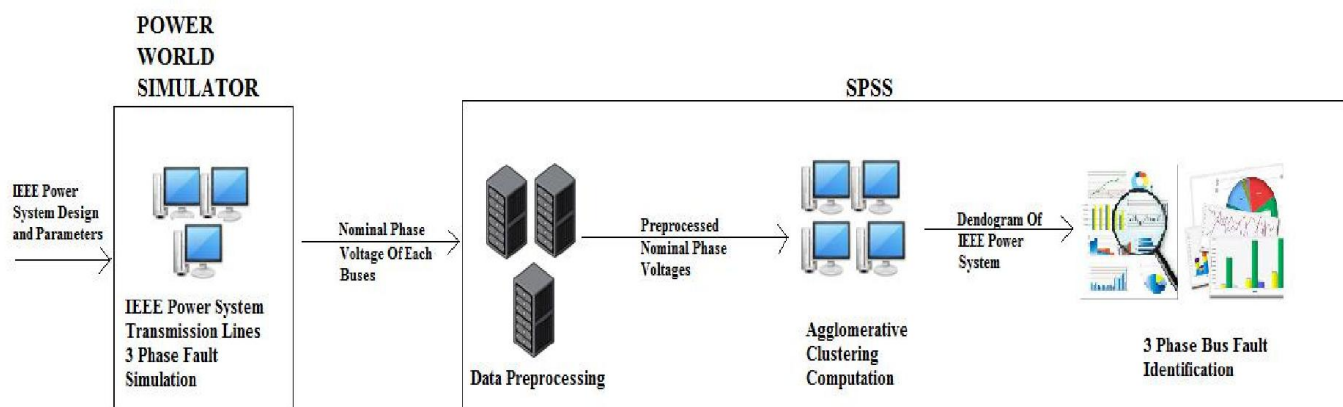


Fig 6: Cluster Based Fault Identification Model

The whole proposed design structure can be broken down into four main subdivisions which will be discussed in the following sections.

#### 3.1.1 PHASE FAULT SIMULATION IN POWER WORLD SIMULATOR

After collections bus system data of the IEEE 30 power system, the IEEE 30 bus system was designed and the 3 phase transmission lines fault was simulated by Power World Simulator v.18. The one-line diagrams of each individual bus was first located in the new design window shown in Fig 7 with maximum (1.05 p.u.) and minimum (0.95 p.u.) voltage magnitude were assigned to each bus. Then each bus was connected to the transmission line. After all the transmission lines had been configured the generator and load were connected. The phase voltages of each bus produced by the simulation as shown in Fig 8 was collected, and save in spreadsheet format for data preprocessing.

Bus	Va	Vb	Vc
1	0.07997	0.07997	0.07997
2	0.00000	0.00000	0.00000
3	0.15961	0.15961	0.15961
4	0.17631	0.17631	0.17631
5	0.22404	0.22404	0.22404
6	0.21146	0.21146	0.21146
7	0.20921	0.20921	0.20921
8	0.25383	0.25383	0.25383
9	0.31269	0.31269	0.31269
10	0.29721	0.29721	0.29721
11	0.44968	0.44968	0.44968
12	0.32748	0.32748	0.32748
13	0.43495	0.43495	0.43495
14	0.31855	0.31855	0.31855
15	0.31220	0.31220	0.31220
16	0.31176	0.31176	0.31176
17	0.29969	0.29969	0.29969
18	0.30272	0.30272	0.30272
19	0.29825	0.29825	0.29825
20	0.29769	0.29769	0.29769
21	0.29218	0.29218	0.29218
22	0.29202	0.29202	0.29202
23	0.29872	0.29872	0.29872
24	0.28385	0.28385	0.28385
25	0.25827	0.25827	0.25827
26	0.25339	0.25339	0.25339
27	0.24505	0.24505	0.24505
28	0.22295	0.22295	0.22295
29	0.24004	0.24004	0.24004
30	0.23716	0.23716	0.23716

Fig 7: One-line representation of IEEE 30 Bus System Design

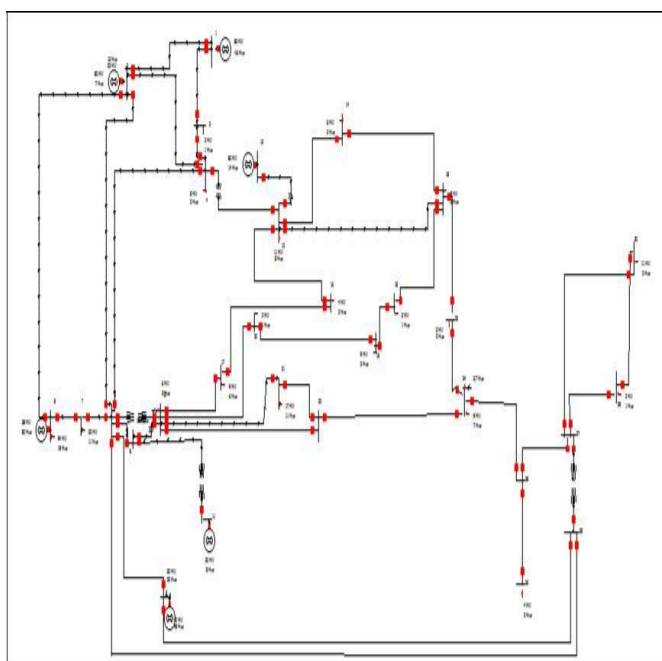


Fig 8: Simulated 3 Phase fault at bus 2 in IEEE 30 bus power system

### 3.2 DATA PREPROCESSING

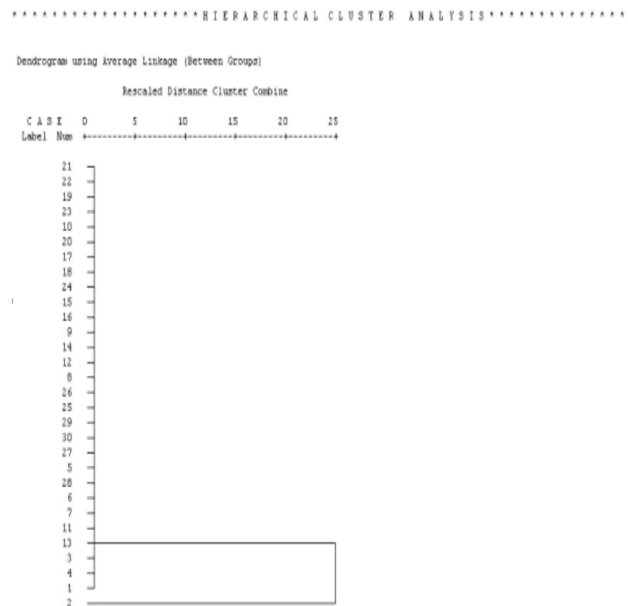
The raw data (Va,Vb,Vc) collected needed to be preprocessed in order to obtain the best results in term of accuracy and speed in data mining technique. All the data were transformed into "0" or "1" values before Cluster Analysis was applied as shown in Fig 9. This was because the SED method for measuring the similarity of each bus worked best at values "0" and "1".



1. Compute the proximity matrix of the preprocessed phase voltages of each bus using the SED equation in (4).
2. Let each bus point forms an individual cluster.
3. Each cluster was compared and similarity of each cluster was computed
4. After similarity of each cluster was computed, merge two clusters which had the highest similarities to form a new cluster
5. The proximity matrix was then updated as in step (1)
6. The algorithm iterates step (1) to step (5) until a single cluster was obtained.

#### 4 RESULTS

The proposed methodology architecture was entirely carried out in Windows 7 workstations with SPSS version 16.0 and Power World Simulator version 18. The result obtained from the proposed methodology was very promising as the Cluster Analysis with SED method and data preprocessing. The dendrogram of Cluster Analysis with Squared Euclidean distance method as shown in Fig 10 successfully identify the Bus 2 was at fault distinctly. Besides that, the proposed method was effective where there were a total of 3 only clusters for identifying the outlier bus. However, if for the cluster analysis with Squared Euclidean distance method without data preprocessing having 5 clusters for identifying the outlier bus. This show that suitable data preprocessing technique was required for power system data.



**Fig 10: Dendrogram of Agglomerative clustering with SED**

The scaled distance for Bus 2 for Fig 10 was at maximum scaled of 25 which means it's definitely an outlier bus which was abnormal from other buses. The ratio of the scale distance of each shown in the dendrogram was exactly same as the ratio of the actual distance between each bus. Thus, it can be concluded that with data preprocessing and SED clearly able to identify the Bus 2 at 3 Phase fault with the bus nominal voltages as the original data.

#### 5 CONCLUSION

An effective Cluster Analysis based Power System model has been developed to identify symmetrical transmission line's fault. The proposed method by using data mining technique such as Agglomerative clustering successfully identify the Bus 2 at 3 Phase fault in an IEEE 30 bus power system. This showed that there were huge potential by using DMT in power system, although very less research has been done. Therefore, in today's world of ICT there are a lot of information being presented in order to optimize the efficiency in solving complex problems in power system conventional methods will not perform as well as non-conventional methods. DMT was one of the non-conventional methods that are gaining popularity in analysis that involving large data in the database.

## REFERENCES

- [1] T.Takagi, Y. Yamakoshi, R. Kondow, M. Yamaura, T. Matsushima, "Development of a New Type Fault Locator Using the One-Terminal Voltage and Current Data." IEEE Power Eng Rev. PER-2(8), 59-60 (1982).
- [2] J. Rohrig, "Location of Faulty Places by Measuring with Cathode Ray Oscilloscope". Electicitat Zeitschrift, 19th Feb, 1931, pp 241-242.
- [3] Amir Tabatabaei, Mohammad Rez Mosavi, Abdolreza Rahmati, "Fault Location Techniques in Power System based on Traveling Wave using Wavelet Analysis and GPS Timing", Electrical Review, ISSN 0033-2097, 2012.
- [4] Aravinda Surya. V, Ebha Koley, Anamika Yadav and A.S. Thoke, "Artificial Neural Network Based Fault Locator for Single Line to Ground Fault in Double Circuit Transmission Line", DOI: 10.7763/IPEDR, vol. 75, 2014.
- [5] Yagang ZHANG, Jing MA, Jinfang ZHANG, Zengping WANG, "Application of Data Mining Theory in Electrical Engineering", SciRes, DOI:10.4236/eng.2009.13025.
- [6] Technical paper "An Introduction to Cluster Analysis for Data Mining", 2000
- [7] Nithiyananthan K. and Ramachandran V., 'RMI Based Multi Area Power System Load Flow Monitoring', Iranian Journal of Electrical and Computer Engineering, Tehran, IRAN, Vol. 3, No.1, pp. 28-30.
- [8] Tan Yong Sing, Syahrel, Emran bin Siraj, Raman Raguraman, Pratap Nair Marimuthu, K. Nithiyananthan, 'Local Outlier Factor Based Data Mining model for Three phase Transmission Lines Faults Identification', International Journal of Computer Applications, USA, 2015, Vol130, No2.17-23.

## EVALUATION OF THE SIZE AND CHANGE PATTERNS OF GREEN AREAS, BUILT UP AREAS AND EXURBAN OF UGEP, CROSS RIVER STATE, NIGERIA

*Peter Onen Oka, Stanley Monkayuk Majuk, and Josiah N. Obiefuna*

Department of Geography and Environmental Science,  
University of Calabar,  
Calabar, 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:** Urban green areas are important part of dynamic and complex urban ecosystem and provide significant ecosystem services. Less attention is often given to the potential urban green areas serve in urban biodiversity conservation in most developing areas. This paper identify and mapped urban green areas of Ugep, the largest 'native' town in West Africa and further examine the size and change pattern of the green areas in comparison to the built-up areas and exurban from 1999 to 2013. Using aerial photograph and ground truthing helped to identify and map land uses while graphs and tracing papers served in calculating the size and change pattern of the urban green areas, built-up areas and exurban. Ten urban green areas depleted by anthropogenic activities were located in the study area. The Analysis of Variance (ANOVA) tested the validity of the size and change pattern of the green areas, built-up areas and exurban. Results showed that significant differences occur in the size and change pattern among green areas, built-up areas and exurban. The area covered by the green areas, built-up areas and exurban was calculated and then converted to percentage of site covered. Green areas decrease in size from 23.65% in 1999 to 18.19% in 2013, and exurban, 60.13% to 49.01%. During the period of study, built-up areas increased from 16.23% to 32.80%. Hence, built-up areas consistently expanded at the detriment of green and exurban areas. The vestiges of natural vegetation remain primarily along stream buffers and pristine sites. The most evident problem in the study area is that emphases are not laid on the ecological values the green areas possess hence increased built-up areas has caused biodiversity imperilment in the area under study. It is therefore recommending that conservation planning should specifically address the issue of human settlement and development to underline the values of unprotected green areas for nature conservation within the urban setting.

**KEYWORDS:** Green areas, Sub-watershed, Exurban, change pattern, biodiversity, conservation.

### INTRODUCTION

Humans are continually altering natural ecosystems through various means including farming, constructions and building of new settlements. These anthropogenic activities change the landscape of an area, hence increased urban and sub urban development and its subsequent sprawl can lead to huge conservation challenges. The requirement of space, food and raw materials for expanding human establishments are some of the most important singular causes of rapid decline in natural ecosystems. Where habitats are not completely destroyed, they are fragmented into smaller patches, creating islands of habitats in a sea of development. The pressure of human activity, population and development are fragmenting biological communities into smaller patches surrounded by urban and agricultural land (Asthana and Asthana, 2005). Consequently, urban areas encompass a full range of manipulation from highly altered open-space area to highly developed commercial districts.

Urban environments provide leisure and sporting activities, aesthetic value and avenue for scientific research. However, within cities diverse range of artificial, semi-natural and natural habitats exist. Some cities for instance have within their boundaries, remnants of native vegetation as sanctuaries. Singapore is a city that leaves nothing to chance but has developed

an extensive planning and conservation culture. Singapore has 2,158ha of protected watershed in the middle of the island and the watershed provides half of the city's freshwater needs. With four million people in an area of just 647Km<sup>2</sup>, Singapore's urban planners have been able to control sprawl, and expand parks and protected areas (Tuan, 2001). Growing interest in the ecological functioning of Ugep coincide with the realization that Ugep is no longer a rural settlement.

Within the green areas of Ugep are relics of vascular tree species, which shows that the original natural vegetation was evergreen forest. This appears quite different from those of the exurban with park-like landscape of grasses and trees characteristics of tropical savanna dominated by palm trees, Gmelina and shrubs. Relatively, pristine habitats are being lost at unprecedented rates as an expanding human population converts the land to agricultural, residential and recreational uses.

In recent times, the protection of the global environment has become an issue of great concern. This is associated with the threat to environmental degradation following the activities of man in a bid to satisfy his needs. According to Hansen *et al.* (2005), land use and land-cover change due to sprawl are currently causes of habitat loss in urban areas. As settlement expands with time, the general level of human activity at broader spatial scales increase and human influence grows throughout the landscape by selecting more biologically rich habitats and fragmenting landscapes with roads (Theobald, 2003).

Rapid growth of the urban centres eventually leads to mounting pressure on environmental resources. Udo asserted in Mamman (1996) that at a growth rate of 3.3 per cent (1991 National census) the Nigerian population will double by the year 2013 leading to further negative consequences on the environment. Maiwada (2000) highlight that almost all the green areas in Kano Metropolis have been converted to other uses. Akpu and Ahmed (2007) observe that 50 per cent of the area allotted to green areas in Wuse-1, Abuja, has been converted to residential quarters. Recent study by Akpu and Ahmed (2007) further reveal that green areas in Zaria have shown similar trend of encroachment as observed along the drainage corridors of Kubanni River. This trend, Akpu and Ahmed (2007) conclude that allowing further encroachment implies that soon the entire green areas would give way to other land uses.

Some areas of natural vegetation in Ugep appear to be untouched but dominated by man in a subtle manner. Some of the green areas protected for many decades have been put into other uses when compared to their original state as natural ecosystems. Under the present intensive use of land, Ugep is in danger of a mass extinction of most of the biodiversities in the green areas. The green areas in Ugep have shown trends of encroachment as observed along the drainage corridors of local streams (*Loblo, Isayi, Mma Oden, and Kiweyi*). Physical developments for instance, are rapidly taking over the green areas presumably due to planning limitations of development control or the general failure by planning agencies to recognize the importance of green areas in the environment.

Land use and land cover changes due to sprawl are one of the main issues of biodiversity loss within urban green areas (Hansen *et al.*, 2005). Bell and Slade (2004) explained further that deleterious effects of roads, lawns and other aspects of residential development as well as spatial and temporal dynamics of sprawl have long been the subject of study. The construction of the Calabar - Ikom Highway created a major land use and land cover change pattern in Ugep; green areas transformed into residential, commercial administrative land uses. To Brown and Laband (2006) the degree of activities, not the variation in spatial distribution of activities, best explains the endangerment of native species. Baldwin *et al.* (2007) in response to Brown and Laband (2006) acknowledged that higher levels of activities inside any unit leads to a greater conflict with biodiversity, but disagree with the conclusion that the pattern and process of sprawl is not a leading cause of species imperilment. Bell and Irwin (2002) further ascertain that sprawl is more of time-dependent process that result in particular sprawling spatial distribution visible at varying spatial scale.

Land use type varies over space and different land uses influences residential biota differently (Sanderson *et al.* 2002) while areas with highly clumped settlement are characterized by high-intensity resources uses. Fleischer (1998) and Wilcove *et al.* (1998) pointed out that such activities are likely to be responsible for the shrinking of green areas and biodiversity. Over time, land use changes due to sprawl constitute a leading threat to green areas subtly.

To give this paper a focus, the following objectives are of great importance: (1) to identify and map green areas in study area, (2) to examine the size of and change pattern of green areas in Ugep. This paper is an attempt to identify the green areas in a growing urban centre and further encourage planners to focus attention on the restoration and rehabilitation of urban green areas to generate new values from such spaces in the bid to promote tourism and sustain cultural heritage. The paper will further provide baseline information that can be used for further scientific inquiry on urban biodiversity on a small spatial scale.

## STUDY AREA

Ugep the largest native town in West Africa, lies between longitude 08°03'40"E and latitude 05°47'30" and 05°48'33" N occupying a land mass of about 48km<sup>2</sup>. The relief of the area is gentle except in places where granite extrusions rise above the general level of the surface; the slope southward is in sympathy with the dip of the rocks from about 200m — 300m micro relief. The study areas have very low drainage density with several streams in radial network. Among these are *Loblo*, *Isayi*, *Mma Oden*, *Kiweyi* and *Oganawen*. Subsequently, urban development has followed the sub-watersheds between the streams resulting in continuous reduction of the existing green areas. A step escarpment southward constitutes a significant barrier to urban expansion hence providing habitat for wildlife around *Loblo* watershed. Temperature varies between an average of 27<sup>o</sup>C to 31<sup>o</sup>C, with a variation in annual rainfall between 2500mm to 3 000mm. The National Population Census, Nigeria (2006) show that for the periods of 1991 to 2006, the population has risen to a total of 78,580. This increase corresponds to a demand for extra residential and land uses of urban means that has caused a shrinking effect on the green areas. As settlement expands with time, the general level of human activities at broader spatial scales increases thus resulting in conflict with biodiversity. The traditional economy of the indigenous people is farming and market gardening which has great impact on the existing green areas and biodiversity. The indigenous people further engage in lumbering and hunting resulting in the destruction of natural habitat of the wildlife. Over 60 per cent are not involved in agriculture (National Population Commission, Nigeria, 2006).

## METHODOLOGY

A preliminary visit was undertaken to obtain prior permission from community leaders to gain access into the residential neighborhoods in the study area. This visit also created opportunity to meet with local experts that served as guides, and created opportunity to ascertain the actual location of green areas earlier marked on the procured orthophoto map of the study area.

From recent aerial photograph provided by Cross River State survey department (2003) the orthophoto map of the study area, the limits of the green areas were outlined on a tracing paper and dipped on a graph paper (Scale: 10 x 10mm). Hence, the result from the land use map, 1999 and the orthophoto map, 2003 served as computation instruments for change in size over time. Empirical observations provided guide to identify changes resulting from human intervention and in computing for the significant difference in the size of the green areas, built-up area and exurban at 0.05 level of significance, ANOVA was used. As a means of preserving ample but regulated land for future urban development and for the avoidance of conflict between development and the ecosystem, six major land uses characterized the study area as shown in Figure 1.

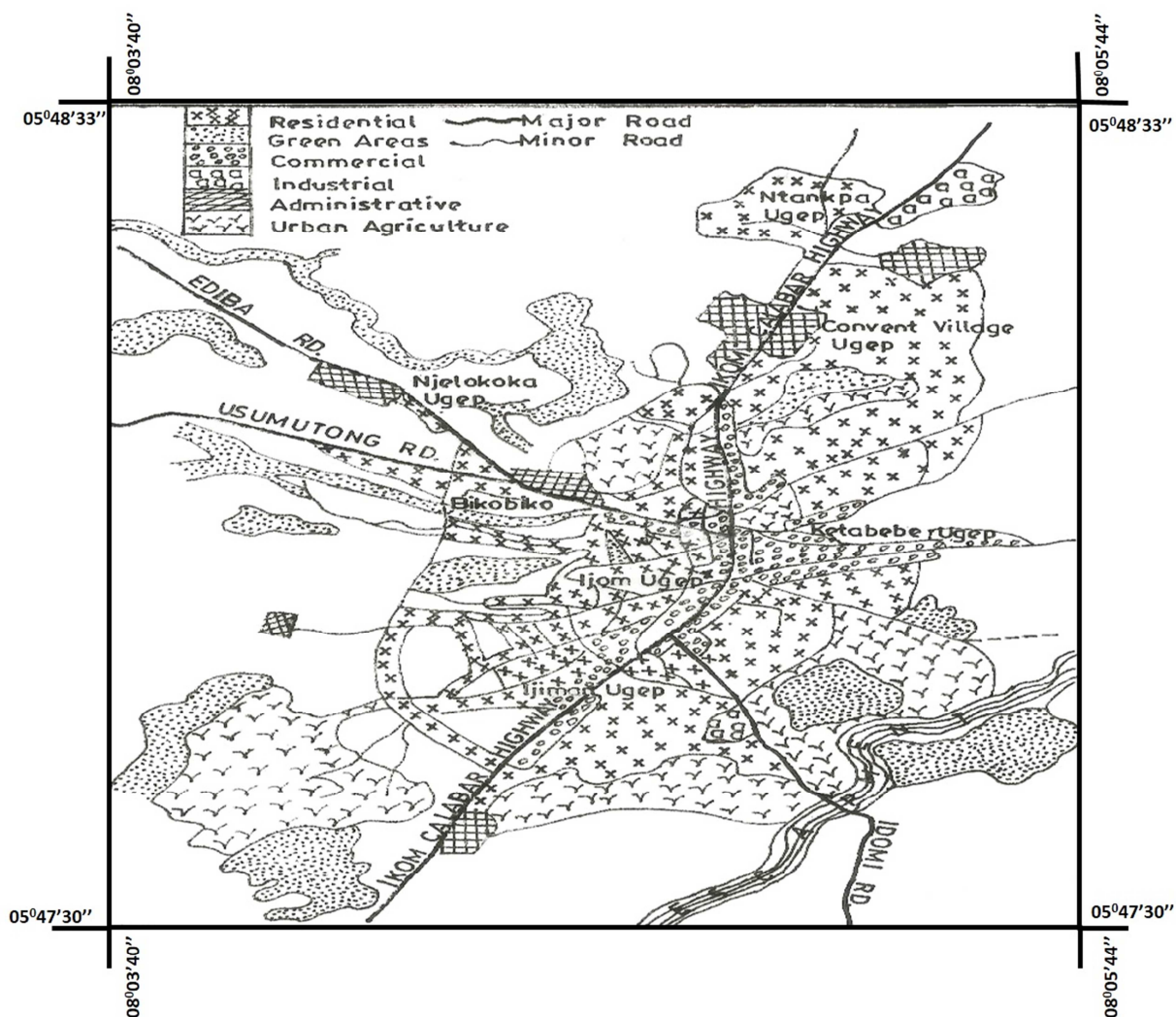


Fig.1. Six major land uses in Ugep metropolis, Nigeria

Source: Authors' field research, 2015

## RESULT

The balance between built-up area and green area shifted in favour of the built-up area. The actual ratio between the two depends on the stability of the land for agriculture and the local pressure to use more land for other developmental purposes. In the early stages, reasonably predictable pattern of the green areas correspond to the physiographic of the stream buffers with emergent trees. The most fundamental green areas have hierarchical structures that follow networks formed by stream systems in the study area (Fig. 2).

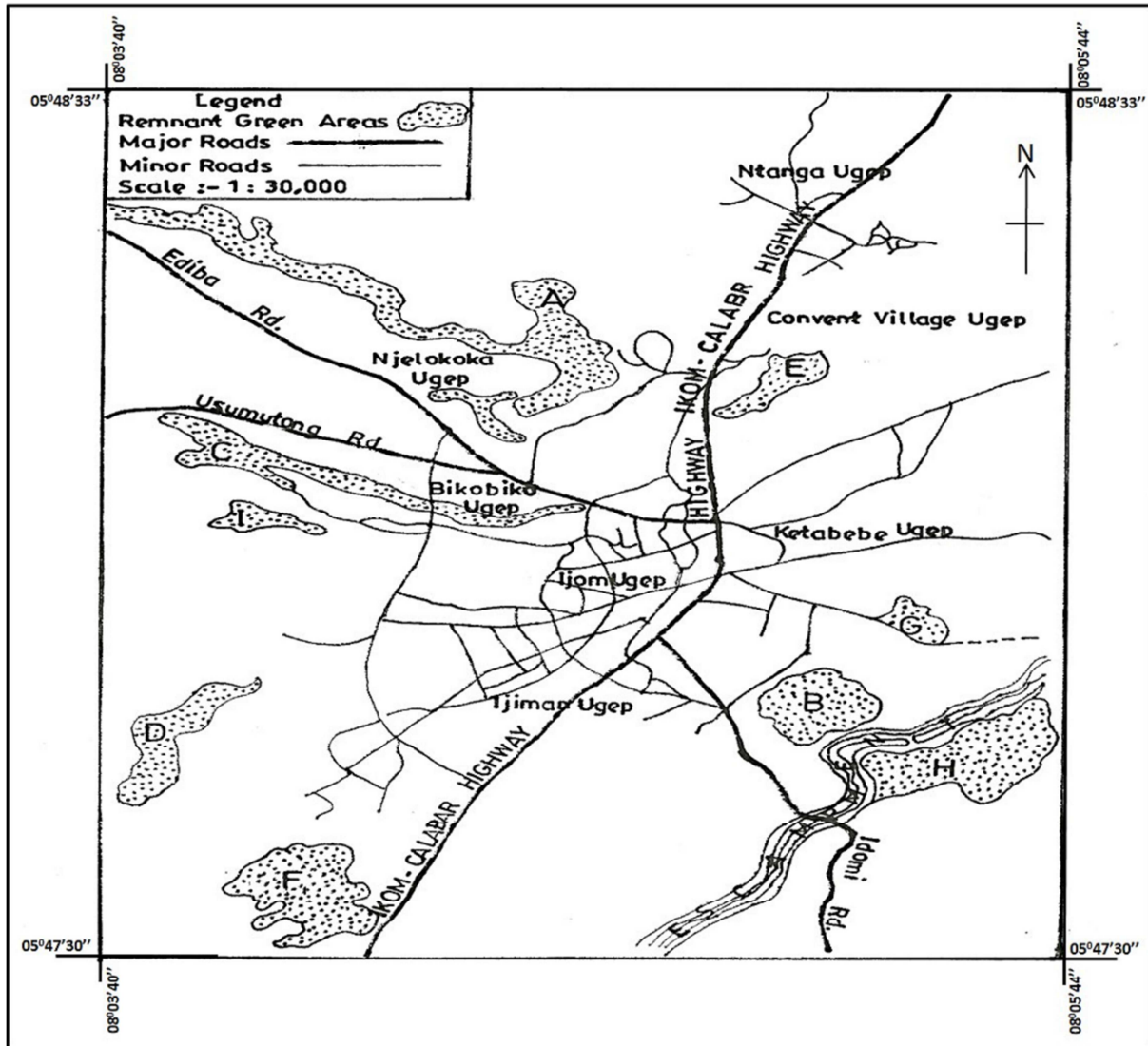


Fig.2. Pristine habitats in Ugep metropolis, Nigeria.

Source: Authors' field research, 2015

Table 1 shows the size and change pattern that has existed from 1999 - 2013 in the study area. Temporal changes in land use and spatial growth of Ugep shows a change rate of -2 per cent, 5 per cent and -2.6 per cent in the green areas, built-up areas and exurban respectively. The change pattern clearly reflects that the green areas, built-up areas and exurban occupies 23.65 per cent, 17.27 per cent and 59.08 per cent respectively in 1999 and have reduced in the green area and exurban but increased in the built-up area over time. In 2013, the green area reduced to 17.82 per cent and exurban, 34.42 per cent while the built-up area increased to 47.76 per cent.

Table 1. Size and change pattern of the green areas, built-up and exurban in the study area.

Year	Green Area (hectares)	Percentage change of Green area	Built-up area (hectares)	Percentage of change of Built-up area	Exurban (hectares)	Percentage change of exurban
1999	1,350.00	23.65	829.00	17.27	2,826.00	59.08
2000	1,112.30	23.17	917.95	19.13	2,769.75	57.70
2001	1,090.05	22.71	1,008.85	21.02	2,701.10	56.27
2002	1,068.25	22.26	1,101.79	22.96	2,629.96	54.78
2003	1,046.89	21.81	1,196.88	24.94	2,556.96	53.25
2004	1,025.95	21.37	1,294.22	26.96	2,479.83	51.66
2005	1,005.43	20.95	1,393.93	29.04	1,400.64	50.01
2006	985.32	20.53	1,496.13	31.17	2,318.55	48.30
2007	965.61	20.12	1,600.94	33.35	2,233.45	46.53
2008	946.30	19.71	1,708.48	35.59	2,145.22	44.69
2009	924.38	19.25	1,818.91	37.89	2,056.71	42.85
2010	908.83	18.93	1,932.35	40.26	1,958.82	40.81
2011	890.65	18.55	2,048.97	42.69	1,860.38	38.76
2012	872.84	18.18	2,168.92	45.19	1,758.24	36.63
2013	855.38	17.82	2,292.37	47.76	1,652.25	34.42

Source: Ugep Master Plan (1991), Authors' Field Report (2014)

## TESTING OF HYPOTHESIS

H<sub>0</sub>: There is no significant difference in the size of the green areas, built-up and exurban areas.

H<sub>1</sub>: There is a significant difference in the size of the green areas, built-up and exurban areas.

The result in Table 2 indicates that the table F-value, 3.23 is less than the calculated F-values, 336.13 at 0.05 significant levels, therefore H<sub>0</sub> is rejected. Thus, H<sub>1</sub> is accepted, that is, there is a significant difference in the size and change pattern of the green area, built-up area and exurban.

Table 2. Analysis of variance of size and change pattern of exurban, built-up and green areas in the study area.

	Source	Sum of Squares	df	Variance Estimate	F-ratio
i	Between sample	22,792,696,40.2	2	11,396,484.70	
ii	Within sample	1,423,994.30	42	33,904.62	336.13
	Total	24,216,690.70	44	11,430,389.32	

Critical F-value = 3.23

Source: Author's Fieldwork (2014)

## DISCUSSION OF FINDINGS AND RECOMMENDATIONS

There is a subtle change of pattern and size in urban green areas over the years under study in Ugep. Between the study years, 1999-2013, about 279.62 hectares of the urban green areas have been lost. When Ugep became the administrative headquarters of Yakurr Local Government Area in 1991, there was a surge in population growth, hence the shortage of residential accommodations. This gave rise to increased land values, causing large conversion of green areas to built-up areas. The result was an emergent environmental distress syndrome; loss of biodiversity and decline in pollinators, such as birds that are indispensable to the reproduction of flowering plants. The extent of natural vegetation varied significantly across the urban gradient from the exurban to the urban center and the vestiges of natural vegetation remain primarily along stream buffers and pristine sites.

The most evident problem in the study area is that green areas apart from being unevenly distributed, emphases are not laid on the ecological value if possesses. The spatial concept of the green areas in this study have shown two zones: the

“inner green areas” and the “outer green areas”. The inner green areas are located at the transition between the city center and the new layout while the outer green areas are located between the inner green areas and the exurban. The expansion of the built-up areas have not only reduced the size and influenced the spatial spread of the urban green areas but has destroyed the habitats of biodiversity in the study areas giving rise to few surviving biodiversity to share available space. Hence, the loss of urban green areas due to land use changes and stress is clearly one primary cause of species imperilment in the study area during the period under study.

In line with finding of this paper:

1. It is important to investigate associated changes in land use over time to check change rates that might be taking place, deterrent to biodiversity.
2. Conservation planning should specifically address the issue of human settlement and development to underline the values of unprotected green areas for nature conservation.
3. The establishment of “transition zones” in which human activities are compatible with the conservation of biodiversity within the green areas.
4. Green areas need legal protection to avoid alteration or conversion to other uses.

## CONCLUSION

Ugep has a network of remnant riparian corridors of green areas within built-up areas. These green areas have the potential for interior habitats for biodiversity. Urbanization induces clear changes in biodiversity as a whole. The slight development of a site can create more heterogeneities conditions that support more species but severe development apparently curtails the resources necessary for even the exurban adaptable invaders. Hence, the need arises of not just preventing the pristine habitats but also defending the green areas against pressure of alternative land uses and urban sprawl.

## REFERENCES

- [1] 49th Annual Conference of Association of Nigerian Geographers held at University of Abuja, May 8.
- [2] Akpu, B. & Ahmed, A. (2007). Application of remote sensing geographic information system (GIS) in the assessment of green areas in a part of Zaria metropolis. *Proceedings of the*
- [3] Asthana, D. K. & Asthana, M. (2005) *Environment: Problems and Solutions*. New Delhi: S. Chand & Company.
- [4] Baldwin, R. F., Ray, J. C., Trombulack, S. C. & Woolmer, G. (2007). Relationship between spatial distribution of urban sprawl and species imperilment: Response to Brown and Laband. *Conservation Biology*, 21(1): 546- 548.
- [5] Bell, K. P. & Irwin, E. G. (2002). Spatial explicit micro-level modeling of land use change at the rural-urban interface. *Agricultural Economics*, 27:217-232.
- [6] Bell, K. P. & Slade, N. A. (2004). Conceptual parallels in spatial modeling of economics and ecology. In R. K. Swihart and 3. E. More (Eds), *conserving biodiversity in agricultural landscapes: Model-based planning tools* (25- 34). West Lafayette: Purdue University Press.
- [7] Brown, R. M. & Laband, D. N. (2006). Species imperilment and spatial patterns of development in the United States. *Conservation Biology*, 20:239- 244.
- [8] Fleischner, T. L. (1994) Ecological cost of livestock grazing in Western North America. *Conservation Biology*, 8:629 -644.
- [9] Hansen, A. 3. R., Knight, R. L., Marzhiff, J. M., Powell, S., Brown, K., Crude, P. H. & Jones, K.
- [10] Hansen, A. J., Knight, R. L., Marzluff, J. M., Powell, S., Brown, K., Gude, P. H., & Jones, K. (2005). Effects of exurban development on biodiversity: patterns, mechanisms, and research needs. *Ecological Applications*, 15(6), 1893-1905.
- [11] Maiwada, A. D. (2000). Disappearing open spaces in Kano metropolis. In 3. A. Falola (Ed), *Issues in land administration and development in Northern Nigeria* (51- 65). Ibadan: Pat-Mag Press.
- [12] Mamman, A. B. (1996): *Environmental Impact of Urbanization and Sustainable Development*. In M. M. Daura (Ed), *Issues in environmental monitoring in Nigeria* (45-56). Maiduguri: University of Maiduguri Press.
- [13] National Population Commission (2006). *Nigeria census 2006*. Abuja: National Population Commission.
- [14] Sanderson, E. W., Jaiteh, M., Levy, M. A., Redford, K. H., Wannebo, A. V. & Woolmer, G. (2002). The human footprint and the last of the wild. *Bioscience*, 52:891- 904.
- [15] Theobald, D. M. (2003) Targeting conservation action through assessment of protection and exurban threats. *Conservation Biology*, 17: 1624 -1637.
- [16] Wilcove, D. S., Rothstein, D., Dubow, J., Philips, A. & Losos, E. (1998). Quantifying threats to imperiled species in United States. *Bioscience*, 48:607-615.

## Etude floristique et structurale de deux groupements végétaux mixtes sur terre hydromorphe et ferme de la forêt de Kponyo (Province du Bas-Uélé, R.D. Congo)

### [ Floristic and structural studies of two mixed vegetation communities on hydromorph and firm land forests of Kponyo (Bas-Uélé province, Congo DR) ]

Jean-Leon K. Kambale<sup>1</sup>, Reddy E. Shutsha<sup>1</sup>, Eric W. Katembo<sup>2</sup>, Joseph M. Omatoko<sup>3</sup>, Francine B. Kirongozi<sup>1</sup>, Olivier D. Basa<sup>1</sup>, Elie P. Bugentho<sup>1</sup>, Esther I. Yokana<sup>1</sup>, Ken K. Bukasa<sup>1</sup>, Hyppolyte S. Nshimba<sup>2</sup>, and Koto-te-Nyiwa Ngbolua<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Centre de Surveillance de la Biodiversité, Université de Kisangani, B.P. 2012 Kisangani, RD Congo

<sup>2</sup>Faculté des Sciences, Université de Kisangani, B.P. 2012 Kisangani, RD Congo

<sup>3</sup>Ecole Régionale postuniversitaire d'Aménagement et de Gestion Intégrés des Forêts et Territoires tropicaux, RD Congo

<sup>4</sup>Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RD Congo

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** A floristic and structural composition studies of Kponyo forest, a forest close to the hunting field of Bili Uélé, was carried out with the aim of knowing the variability of the forest types through the evaluation of the parameters such as abundance, taxa predominance, basal area, biodiversity indices and the mode of space distribution of the dominant species in each inspected site. The method of subplot made it possible to sample two hectares (8 pieces of 50 m X 50 m). On the whole, 636 individuals belonging to 173 species and 66 families were inventoried. The species *Gilbertiodendron dewevrei* abounds the hydromorph land forest while the species *Garcinia epunctata* abounds the firm land forest. The Fabaceae family dominates this florule. Basal area average is 28,14m<sup>2</sup>/ha. The analysis according to the K repley<sup>®</sup> function of *Gilbertiodendron dewevrei* and *Garcinia epunctata* shows a random distribution within the settlement.

**KEYWORDS:** Biodiversity, Basal area, Conservation, Bas-Uélé province, Democratic Republic of the Congo.

**RESUME:** Une étude de la composition floristique et structurale de la forêt de Kponyo, une forêt proche du domaine de chasse de Bili Uélé, a été réalisée dans le but de connaître la variabilité de types forestiers au travers l'évaluation des paramètres tels que l'abondance, la dominance des taxons, la surface terrière, les indices de diversité et le mode de répartition spatiale des espèces dominantes dans chaque site inspecté. La méthode de placeau a permis d'échantillonner deux hectares (8 parcelles de 50 m x 50 m). Au total, 636 individus regroupés en 173 espèces et 66 familles ont été inventoriés. L'espèce *Gilbertiodendron dewevrei* abonde la forêt hydro-morphe tandis que l'espèce *Garcinia epunctata* abonde la forêt sur terre ferme. La famille de *Fabaceae* domine cette florule. La surface terrière moyenne est de 28,14m<sup>2</sup>/ha. L'analyse selon la fonction K repley<sup>®</sup> des *Gilbertiodendron dewevrei* et *Garcinia epunctata* montre une répartition aléatoire au sein du peuplement.

**MOTS-CLEFS:** Biodiversité, Surface terrière, Conservation, Bas-Uélé province, République Démocratique du Congo.

## 1 INTRODUCTION

Les écosystèmes tropicaux sont au cœur des enjeux internationaux sur le changement climatique et la conservation de la biodiversité [1-4]. En République Démocratique du Congo, un regain d'intérêt est actuellement accordé à l'inventaire de la biodiversité dans le but d'évaluer le potentiel du pays en ces ressources biologiques [5-13]. Dans la plupart des forêts tropicales humides, l'évaluation de la diversité spécifique des plantes est une tâche très difficile, non seulement parce que ces milieux sont hyper-diversifiés, mais aussi et surtout en raison du caractère encore incomplet de l'inventaire botanique. L'étude de la diversité biologique des forêts est souvent perçue comme une approche scientifique dont les implications pratiques paraissent limitées [14].

Les forêts du bassin du Congo représentent l'une des deux dernières régions au monde qui possède de vastes étendues interconnectées de forêts tropicale humide abritant une grande diversité des plantes vasculaires.

Les forêts congolaises en particulier dispensent également des services éco systémiques essentiels à l'échelle planétaire dans le domaine de la séquestration de carbone. Cela fait du massif forestier congolais le premier piège forestier à carbone d'Afrique et le 4ème au monde [15].

Ces mêmes forêts regorgent une importante faune et flore extrêmement diversifiée du fait de son territoire étendu, de la diversité de ses conditions climatiques, topographique et géologiques. Aujourd'hui les forêts disparaissent de la surface de la terre. Bien qu'elles soient un sujet de préoccupation international croissant, elles continuent à être détruites à une vitesse très inquiétante, sans pour autant connaître la structure ni la composition floristique de certains coins forestiers du pays. C'est pourquoi la notion d'inventaire s'attache à l'impérieuse nécessité pour l'Etat afin de connaître au préalable la ressource forestière et sa capacité en vue de la valorisation au maximum à travers sa gestion, quantification du carbone forestier et ou dans la perspective de sa mise en conservation. Actuellement avec la décentralisation chaque province cherche à faire un état de lieu de ces ressources afin de faire face aux objectifs des millénaires. L'inventaire permet de connaître le contenu réel des essences quant à leur quantité et à leur qualité. C'est à partir des données d'inventaire qu'en matière d'adjudication publique, l'on peut fixer le prix planché d'une forêt mise aux jachères, avoir une idée sur la distributions des classes de diamètre qui apporte plusieurs catégories d'informations notamment l'état de la dynamique du peuplement dans son ensemble (rapport jeunes/adultes), les tempéraments des espèces (Sciaphiles, héliophiles), les situations particulières tels que les contraintes édaphiques, etc. [16].

Un grand problème pour ce coin du pays (Pkonyo) est qu'il n'y a pas d'études botaniques pionnières qui ont été réalisées afin de prédire la biodiversité de ces forêts. La gestion rationnelle des ressources forestières ne saurait exister sans une bonne connaissance de la structure et de la composition spécifique d'un écosystème. C'est pour cette raison que nous avons envisagé une étude floristique et structurale afin de connaître d'abord la diversité biologique des plantes car la protection de la biodiversité est devenue un enjeu fort de la politique forestière.

L'objectif principal est de donner la composition floristique et la structure diamétrique tout en sachant que ces écosystèmes varient d'un endroit à l'autre en fonction des facteurs écologiques locaux.

L'hypothèse serait que cette forêt de Pkonyo a une composition floristique différente de celle de la Tshopo mais ayant une même structure diamétrique que d'autres forêts d'ailleurs. Celle-ci semble être une forêt de transition entre deux écosystèmes : la forêt sempervirente du Nord-ouest et les savanes du Nord-est de la RD Congo. Notre étude est la première à fournir la composition floristique ainsi que la structure de cette couverture forestière du pays qui semble être au stade final du massif forestier de ce coin.

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 MILIEU D'ÉTUDES

La présente étude a été réalisée dans le territoire d'Aketi, province de Bas-Uélé. Ses coordonnées géographiques sont: latitude 024°01'35.1" et longitude 03°19'27.6", altitude : 451 m. Elle bénéficie d'un climat équatorial du type continental chaud et humide.

## 2.2 MATÉRIEL

Les arbres ont constitué nos matériels biologiques. Les matériels suivants étaient nécessaires pour la récolte des données : machette, presse, journaux, GPS de marque Garming 60, crayons, sérateur, ruban circonférentiel, penta décimètre et carnet de note.

## 2.3 MÉTHODES

Les dispositifs d'échantillonnage étaient de 2 ha repartit en 8 parcelles de 50 m x 50 m dans deux écosystèmes différents dont un sur terre hydro-morphe et l'autre sur terre ferme. Tous les arbres et arbustes à un diamètre supérieur ou égal à 10cm étaient inventoriés.

## 2.4 ANALYSE DES DONNÉES

Deux types de paramètres ont été évalués. Il s'agit des paramètres floristiques (abondance des espèces et familles, indice de diversité et courbe aire-espèce) et des paramètres structuraux (variabilité de surface terrière, structure diamétrique et la configuration des peuplements). Les indices de diversité (Shannon, Simpson, Equitabilité, Fisher alpha) ont été calculés à l'aide du logiciel Past version 1.94b comme précédemment décrit [1, 2, 4].

## 3 RESULTATS

### 3.1 COMPOSITION FLORISTIQUE

La présente étude a inventorié au total 636 individus répartis en 173 espèces et 66 familles.

#### ❖ Abondance de cinq premières espèces des parcelles 1 et 2

L'abondance relative des espèces des parcelles 1 et 2 est donnée dans les figures 1a et 1b.

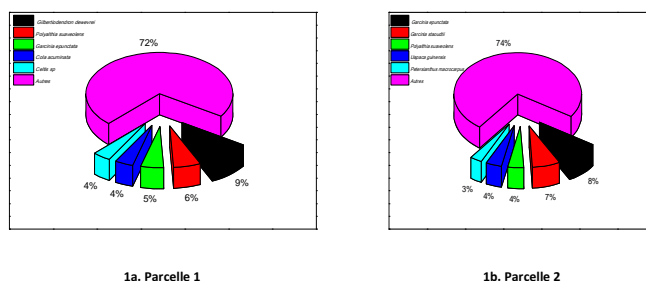


Figure 1. Abondance relative de cinq premières espèces

Il ressort de ces figures qu'il s'agit d'une forêt mixte au regard de la fréquence des espèces autres celles plus abondantes dans les deux parcelles (72% et 74% respectivement). L'espèce *Gilbertiodendron dewevrei* vient en tête avec 9%, suivi respectivement de *Polyalthia suaveolens* (6%), *Garcinia epunctata* (5%) ; *Cola acuminata* et *Celtis sp* (4% respectivement) pour la parcelle 1. Tandis que dans la deuxième parcelle l'espèce *Garcinia epunctata* est en tête avec 8% suivi respectivement de *Garcinia staoudtii* (7%), *Polyalthia suaveolens* et *Uapaca guineensis* (4% respectivement), *Petersianthus macrocarpus* (3%). Ces espèces sont celles d'une forêt semi-caducifoliée.

#### ❖ Abondance de cinq premières familles des parcelles 1 et 2

Les figures 2a et 2b donne la densité relative des familles.

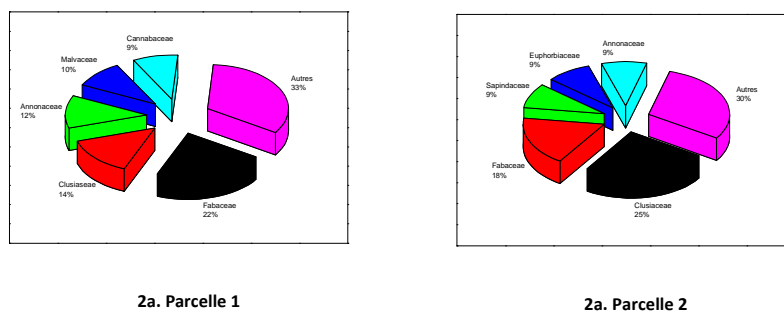


Figure 2. Abondance relative de cinq premières familles

Il ressort de la figure 2a (parcelle 1) que la famille des Fabaceae est la plus abondante (22%) suivi respectivement de la famille des Clusiaceae (14%), Annonaceae (12%), Malvaceae (10%) et Cannabaceae (9%). Par contre la figure 2b (parcelle 2) montre qu'une abondance élevée pour la famille des Clusiaceae (25%) suivi respectivement des Fabaceae (18%), Sapindaceae, Euphorbiaceae et Annonaceae (9% respectivement). En outre, on peut noter que les familles des Fabaceae, Clusiaceae et Annonaceae sont communes aux deux groupements végétaux.

#### ❖ Configuration spatiale des espèces dominantes de deux groupements végétaux

##### ○ Configuration de *Gilbertiodendron dewevrei* dans le peuplement

La configuration spatiale de *Gilbertiodendron dewevrei* dans la communauté forestière est représentée dans la figure 3 ci-dessous.

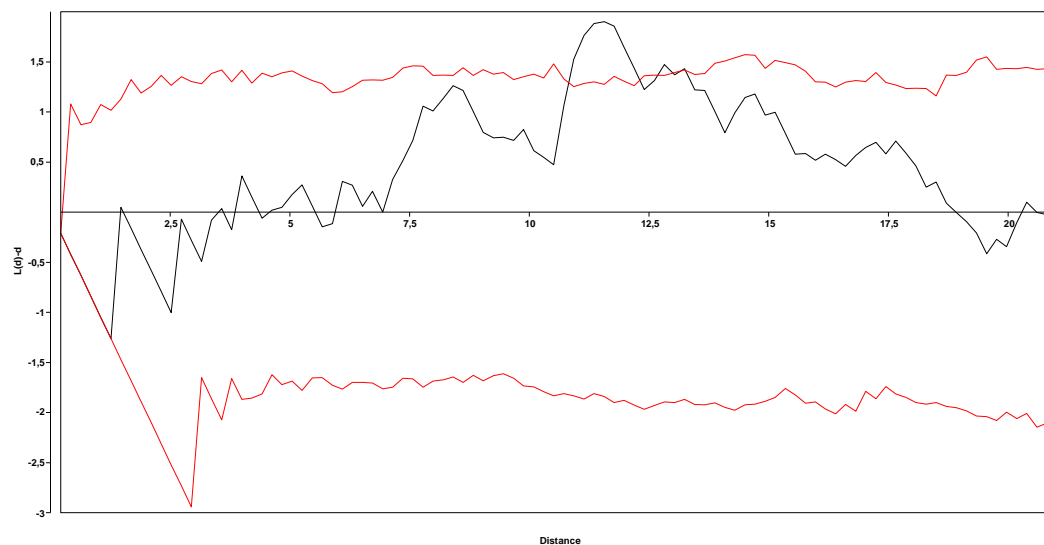


Figure 3 : Configuration spatiale de *Gilbertiodendron dewevrei* au sein du peuplement.

En soumettant *Gilbertiodendron dewevrei* de la parcelle 1 (espèce la plus importante du site) à une analyse selon la fonction  $K(r)$  de Ripley, il a été remarqué que l'espèce a une configuration aléatoire, néanmoins, on note quelque part une tendance d'évolution au fil du temps vers la configuration agrégée marqué par la portion de la courbe qui dépasse l'intervalle de confiance.

○ **Configuration de *Garcinia epunctata* dans le peuplement**

Configuration de l'espèce *Garcinia epunctata* dans le peuplement est présentée par la figure 4 ci-dessous :

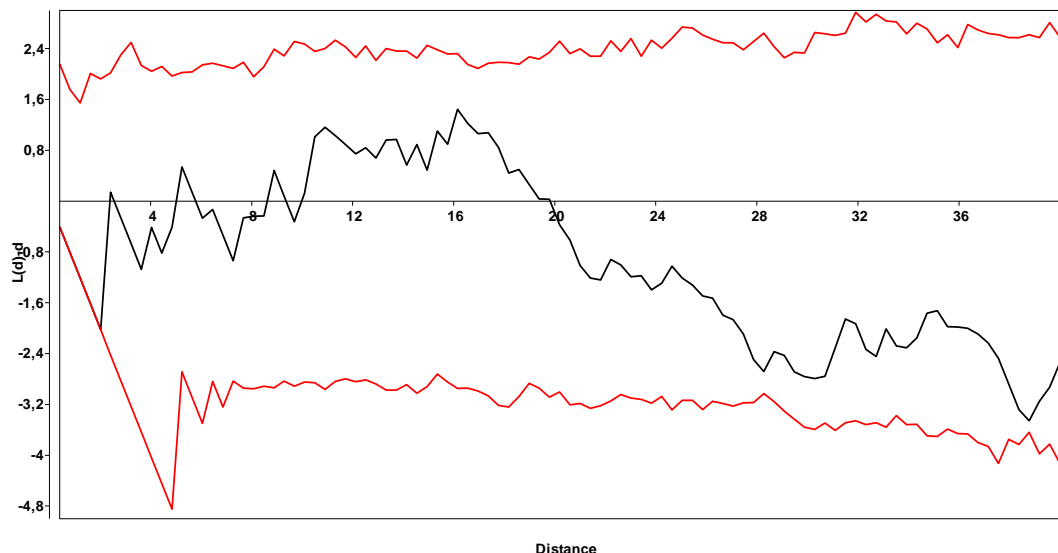


Figure 4 : La répartition d'une espèce de *Garcinia epunctata*

En soumettant *Garcinia epunctata* de la parcelle 2 (espèce la plus importante du site) à une analyse selon la fonction  $K(r)$  de Ripley, il a été remarqué ce qui suit : l'espèce à une configuration spatiale aléatoire en toutes les distances de la zone étudiée car la courbe passe entre l'intervalle de confiance qui est en couleur rouge.

❖ **Dispersion des valeurs de richesse spécifique pour la parcelle 1 et 2**

La dispersion des valeurs de richesse spécifique pour les parcelles 1 et 2 est présentée sur la figure 5.

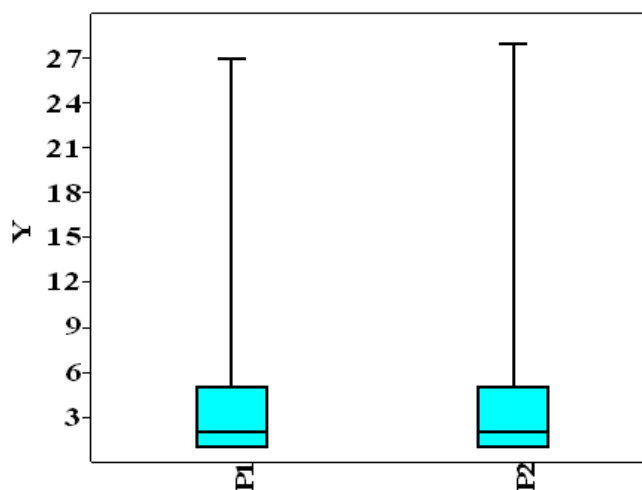


Figure 5 : Dispersion des valeurs de richesse spécifique pour les deux types forestiers

La boîte représente l'intervalle dans lequel sont regroupés **50%** des valeurs de richesse spécifique. Il ressort de ce graphique que la barre noire est en dessous de la moyenne qu'occupent les espèces. Ceci montre que dans les deux parcelles, la variation spécifique est significativement importante.

### 3.2 STRUCTURE DU PEUPEMENT ET INDICES DE DIVERSITE

#### ❖ *Structure diamétrique du peuplement*

La figure 6 donne la structure diamétrique de deux parcelles.

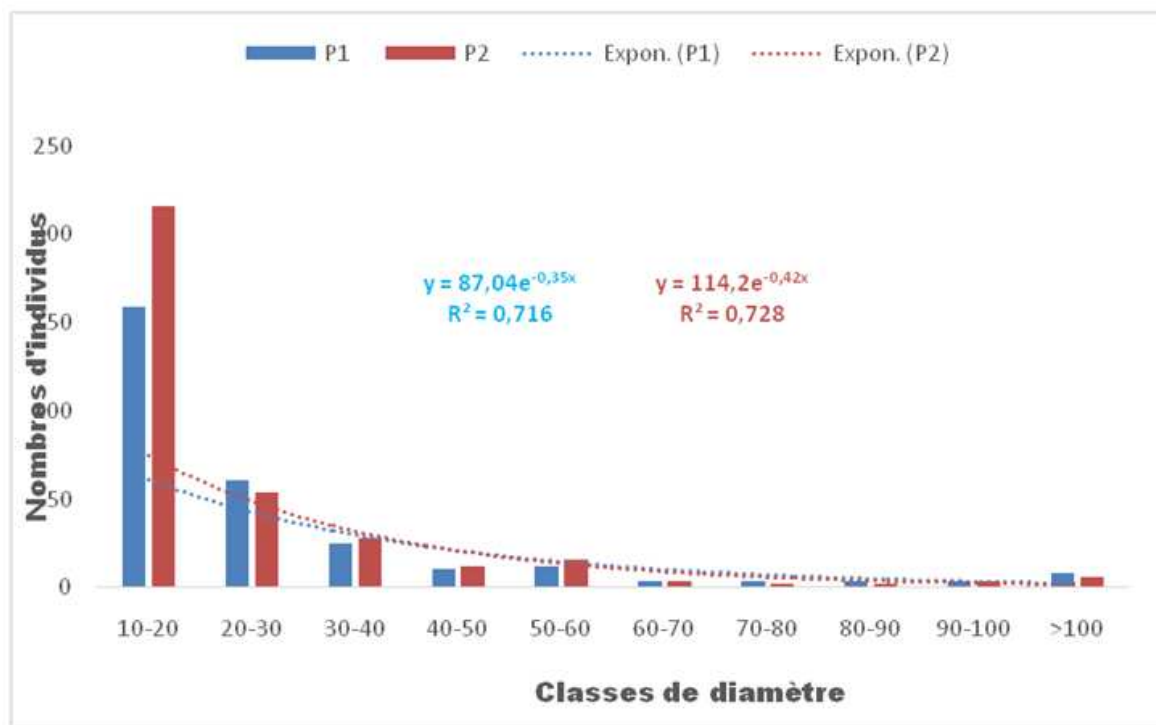


Figure 6 : Structure diamétrique de deux types des forêts

Il ressort de ce graphique que la structure est en J renversée comme pour la plupart des forêts tropicales [4]. Les classes de faible diamètre montrent un bon recrutement car c'est dans cette classe où résident les futures remplaçant des grands arbres. On peut donc noter que la régénération est bonne dans notre diction.

#### ❖ *La courbe aire espèces de nos parcelles*

La figure 7 ci-dessous donne la richesse spécifique de la forêt au sein de nos parcelles.

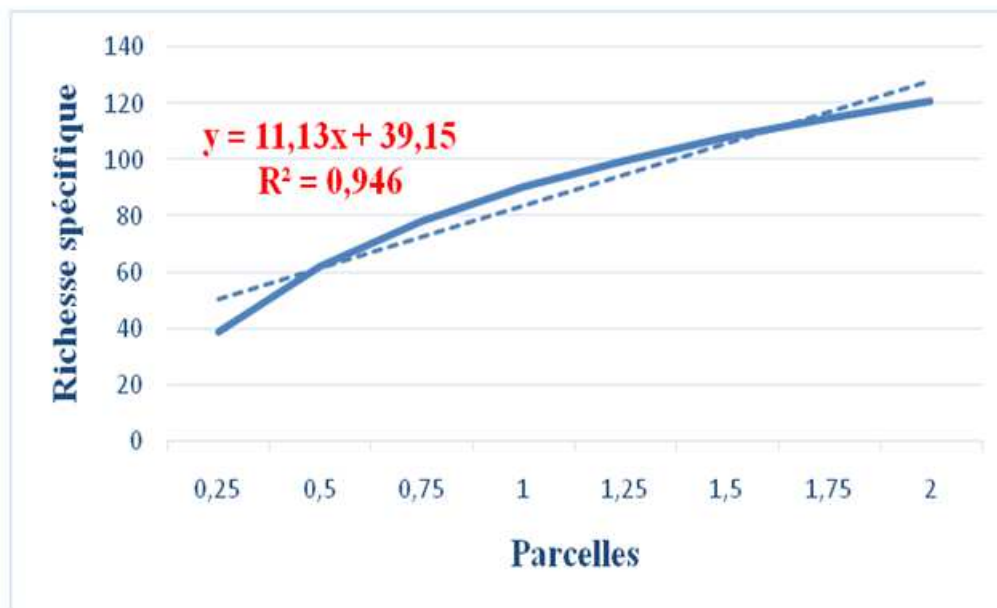


Figure 7 : Courbe aire-espèce de nos parcelles

Il ressort de cette figure qu'au fur et à mesure que les parcelles sont installées, la diversité augmente dans l'aire de répartition. Ainsi, la probabilité d'avoir une biodiversité élevée est observée comme l'indique notre courbe.

#### ❖ Les indices de diversités

Le tableau 1 donne les valeurs d'indices de diversité de nos deux parcelles.

Tableau 1: Indices de biodiversité

Indice de diversité	Parcelle 1	Parcelle 2
Simpson	0,9702	0,9736
Shannon	3,906	4,051
Equitabilité	0,8939	0,8958
Fisher alpha	36,09	41,37

Il ressort de ce tableau que les indices de diversité obtenus dans les deux groupements végétaux sont proches. Les indices de Simpson de deux groupements tendent vers 1, ce qui confirme que la forêt de Kponyo est diversifiée. La probabilité pour que deux individus pris au hasard appartiennent à la même espèce est forte. Quant aux indices de Shannon de deux groupements, ils oscillent autour de 4 bits, cette forte valeur traduit une grande diversité et une bonne reconstitution de la diversité floristique du sous-bois en raison des conditions favorables du milieu. En outre, l'indice d'Equitabilité montre une différence qui n'est pas significative (0,0019), ceci montre qu'il y a une bonne répartition des individus au sein des espèces. Et enfin, les valeurs élevées d'indice Fisher alpha montrent qu'il y a une forte probabilité de trouver deux individus qui appartiennent à la même espèce. Ce qui conduit à dire que les deux types forestiers sont diversifiés comme la plupart de forêts denses tropicales [4].

## 4 DISCUSSION

Afin de situer les résultats obtenus dans cette étude par rapport aux données disponibles sur les forêts tropicales, nous avons réalisé une série de comparaisons avec d'autres massifs forestiers. 636 individus repartis en 173 espèces et 66 familles ont été identifiés et surface terrière moyenne est de 28,14 m<sup>2</sup>/ha.

La présente étude a révélé que les espèces *Garcinia epunctata* et *Gilbertiodendron dewevrei* sont abondantes. [17] a montré que plus le milieu est dégradé, moins il est diversifié. La sociabilité associée à la préférence d'habitat influence la diversification du milieu. Ainsi, notre site d'étant pas perturbé, constitue une forêt mature car riche en biodiversité nécessitant sa conservation. [2] à Yoko avait dénombré 1919 arbres pour 5ha (383,8/ha) dont 141 espèces et 31 familles. Nos résultats sont plus riches et cette différence serait due à la méthodologie utilisée et aux facteurs environnementaux. La courbe aire espèces montre l'augmentation du nombre d'espèces en fonction de l'augmentation de la surface des parcelles, ce qui prédit la probabilité d'avoir d'autres espèces.

[1] à Uma, avait trouvé 1335 individus regroupés en 160 espèces avec comme surface terrière de 83.61m<sup>2</sup>/ha sur une entendue de 3ha au niveau de la montagne. [8] en nouvelle Calédonie a répertorié sur 2,68 ha, un total de 219 espèces dans la forêt sur alluvions et 309 espèces sur les 2,79 ha de forêt sur pentes. Les 219 espèces de la forêt sur alluvions appartiennent à 142 genres et 67 familles et les 309 espèces de la forêt sur pentes à 166 genres et 70 familles. Cette richesse spécifique élevée des arbres est bien entendu fortement liée à la grande complexité des forêts tropicales humides. Cependant, il faut noter que la perturbation des paysages est considérée comme l'un des principaux facteurs de perte de la biodiversité [18, 19]. La structure diamétrique de l'ensemble des essences ligneuses inventoriées présentent une distribution en forme de courbe de Poisson comme d'ailleurs c'est le cas pour les résultats obtenus dans ce travail.

## 5 CONCLUSION

L'étude floristique et structurale de deux groupements végétaux mixtes sur terre hydro-morphe et ferme de la forêt de Kponyo sur une surface de 2 ha nous a permis inventorié au total 636 individus répartis en 173 espèces et 66 familles.

Dans la première parcelle, l'espèce *Gilbertiodendron dewevrei* est la plus abondante, tandis que dans la deuxième parcelle *Garcinia epunctata* est la plus abondante. Les familles les plus importantes en termes d'abondance sont respectivement : Fabaceae, Clusiaceae, Annonaceae, Malvaceae et Cannabaceae (première parcelle) et Clusiaceae, Fabaceae, Sapindaceae, Euphorbiaceae et Annonaceae (deuxième parcelle). Les familles des Fabaceae, Clusiaceae et Annonaceae sont communes aux deux groupements végétaux. La configuration spatiale des espèces dominantes de deux groupements végétaux est de type aléatoire et ces derniers présentent une variation spécifique significativement importante. La structure diamétrique des forêts étudiées est en J renversée tandis que les deux types forestiers sont plus diversifiés.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs expriment leur profonde gratitude à la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani et aux responsables du Centre de Surveillance de la Biodiversité et du projet VLIR-UOS pour leur assistance.

## REFERENCES

- [1] J.A. Asimonyio, K. Kambale, E. Shutsha, G.N. Bongo, D.S.T. Tshibangu, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Phytoecological Study of Uma Forest (Kisangani City, Democratic Republic Of The Congo). J. of Advanced Botany and Zoology, V312. DOI: 10.15297/JABZ.V312.01, 2015.
- [2] J.A. Asimonyio, J.C. Ngabu, C.B. Lomba, C.M. Falanga, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Structure et diversité d'un peuplement forestier hétérogène dans le bloc sud de la réserve forestière de Yoko (Ubundu, République Démocratique du Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 18, no. 2, pp. 241-251, 2015.
- [3] J.M. Tsongo, P. Sabongo, J.K. Kambale, B.T. Malombo, E.W. Katembo, P.K. Kavira, J.A. Asimonyio, P.M. Konga, K.N. Ngbolua. Régénération naturelle de *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard (Leguminosae) dans la réserve forestière de Masako à Kisangani, République Démocratique du Congo. International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 21, no. 1, pp. 61-68, 2016.
- [4] J. Omatoko, H. Nshimba, J. Bogaert, J. Lejoly, R. Shutsha, J.P. Shaumba, J. Asimonyio, K.N. Ngbolua. Etudes floristique et structurale des peuplements sur sols argileux à *Pericopsis elata* et sableux à *Julbernardia seretii* dans la forêt de plaine de UMA en République Démocratique du Congo. International Journal of Innovation and Applied Studies Vol. 13, no. 2, pp. 452-463, 2015.
- [5] F.M. Masudi, A. Dudu, G. Katuala, J.A. Asimonyio, P.K. Museu, B.Z. Gbolo, K.N. Ngbolua, 2016. Biodiversité des rongeurs et Soricomorphes de champs de cultures mixtes de la région de Kisangani, République Démocratique du Congo. International Journal of Innovation and Applied Studies Vol. 14, no. 2, pp. 327-339, 2016.

- [6] K.N. Ngbolua, B.G. Badjedjea, B.J. Akuboy, M.F. Masudi, J.A. Asimonyio, G.N. Bongo, A.D. Siasia. Contribution to the Knowledge of Amphibians of Kponyo village (DR Congo). *J. of Advanced Botany and Zoology*, V4I1 DOI: 10.15297/JABZ.V4I1.04, 2016.
- [7] K.N. Ngbolua., A. Mafoto, M. Molongo, G.M. Ngemale, C.A Masengo, Z.B. Gbolo, P.T. Mpiana, G.N. Bongo. Contribution to the Inventory of "Protected Animals" Sold As Bush Meats in Some Markets of Nord Ubangi Province, Democratic Republic Of The Congo. *J. of Advanced Botany and Zoology*, V3I2. DOI: 10.15297/JABZ.V3I2.02, 2015.
- [8] K.N. Ngbolua, A. Mafoto, M. Molongo, J.P. Magbukudua, G.M. Ngemale, C.A. Masengo, K. Patrick, H. Yabuda, J. Zama, F. Veke. Evidence of new geographic localization of *Okapia johnstoni* (Giraffidae) in Democratic Republic of the Congo: The rainforest of "Nord Ubangi" district. *Journal of Advanced Botany & Zoology*. V2I1. DOI: 10.15297/JABZ.V2I1.02, 2014.
- [9] K.N. Ngbolua, G.M. Ngemale., N.F. Konzi, C.A. Masengo, Z.B. Gbolo, B.M. Bangata., T.S. Yangba, N. Gbiangbada. Utilisation de produits forestiers non ligneux à Gbadolite (District du Nord-Ubangi, Province de l'Equateur, R.D. Congo): Cas de *Cola acuminata* (P.Beauv.) Schott & Endl. (Malvaceae) et de *Piper guineense* Schumach. & Thonn. (Piperaceae). *Congo Sciences* Vol. 2, no. 2, pp. 61-66, 2014.
- [10] J.K. Kambale, F.M. Feza , J.M. Tsongo , J.A. Asimonyio , S. Mapeta , H. Nshimba , B.Z. Gbolo , P.T. Mpiana , K.N. Ngbolua. La filière bois-énergie et dégradation des écosystèmes forestiers en milieu périurbain: Enjeux et incidence sur les riverains de l'île Mbiye à Kisangani (République Démocratique du Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research* Vol. 21, no. 1, pp. 51-60, 2016.
- [11] J.U. Thumitho, T.B. Mambo, C.C. Urom, J.C. Ngab'u, A.B. Kankonda, A.P. Ulyel, M.G. Ngemale, K.N. Ngbolua. Ecologie alimentaire de *Ichtyoborus besse* congolensis (Giltay, 1930 ;Teleostei: Distichodontidae) de rivière Biaro et son affluent Yoko dans la Réserve forestière de Yoko (RD Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 21, no. 2, pp. 330-341.
- [12] T.B. Mambo, J.U. Thumitho, E.L. Tambwe, C.M. Danadu, J.A. Asimonyio, A.B. Kankonda, J.A. Ulyel, C.M. Falanga, K.N. Ngbolua. Etude qualitative du régime alimentaire de *Hippopotamyrus psittacus* (Boulenger, 1897: Osteiglossiformes, Mormyridae) du fleuve Congo à Kisangani (RD Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research* Vol. 21, no. 2, pp. 321-329, 2016.
- [13] B.G. Badjedjea, B.J. Akuboy, M.F. Masudi, J.A. Asimonyio, K.P. Museu, K.N. Ngbolua. A preliminary survey of the amphibian fauna of Kisangani eco-region, Democratic Republic of the Congo. *J. of Advanced Botany and Zoology*, V3I4.DOI: 10.15297/JABZ.V3I4.01, 2015.
- [14] L. Blanc, O. Flores, J.F. Molino, S. Gourlet-Fleury, D. Sebatier. La diversité spécifique et regroupement d'espèces arborescentes en forêt guyanaise. In : *Revue forestière française* (Nancy). Numéro spécial : Connaissance et gestion de la forêt guyanaise, no. 21, pp. 131-146, 2003.
- [15] W. Delvingt. Les aires protégées en RD Congo : menaces et défis, Vol. 68, Fascicule 3, p.5, 2013.
- [16] V.V. Massamba, G. Kalambay. Code forestier commenté et annoté, version complétée, Kinshasa, 151p, 2013.
- [17] S.D. Dibong, G.P. Ndjouondo. Inventaire floristique et écologie des macrophytes aquatiques de la rivière Kambo à Douala (Cameroun). *Journal of Applied Biosciences* no. 80, pp.7147-7160, 2014.
- [18] F. Havyarimana, M.-J. Bigendako, T. Masharabu, F. Bangirinama, J. Lejoly, Y.S.S. Barima, C. De Cannière, J. Bogaert. Diversité et distribution d'abondances des plantes d'un écosystème protégé dans un paysage anthropisé: cas de la Réserve Naturelle Forestière de Burundi. *Tropicultura*, Vol. 31, no. 1, pp. 28-35, 2013. <http://hdl.handle.net/2268/160257>.
- [19] B.A. Nkongmeneck, F.E. Tsabangnolé, J.M. balouma, P. Kamouedouard. Etude botanique du sanctuaire à gorilles de Mengame (sud-Cameroun): ressources ligneuses, facies de végétation, degré de perturbation et sous-bois. *Rapport Technique* no. 4, 73p, 2003.

## Etudes floristique et structurale des forêts dans le domaine de chasse de Rubi-Télé (Province de Bas-Uélé, République Démocratique du Congo)

### [ Floristic and structural studies of forests in the Rubi-Télé hunting domain (Bas-Uélé Province, Democratic Republic of the Congo) ]

Jean-Léon K. Kambale<sup>1</sup>, Justin A. Asimonyio<sup>1</sup>, Reddy E. Shutsha<sup>1</sup>, Eric W. Katembo<sup>2</sup>, Judith M. Tsongo<sup>1</sup>, Patience K. Kavira<sup>1</sup>,  
Esther I. Yokana<sup>1</sup>, Ken K. Bukasa<sup>1</sup>, Hyppolite S. Nshimba<sup>2</sup>, Pius T. Mpiana<sup>3</sup>, and Koto-te-Nyiwa Ngbolua<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centre de Surveillance de la Biodiversité, Université de Kisangani, B.P. 2012 Kisangani, RD Congo

<sup>2</sup>Faculté des Sciences, Université de Kisangani, B.P. 2012 Kisangani, RD Congo

<sup>3</sup>Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RD Congo

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** Democratic Republic of the Congo is among the countries who attach great importance to the conservation and sustainable management of natural resources. The aim of this floristic study was to evaluate the plant diversity of the Rubi-télé hunting area for a good sustainable management. This area is located in the Bas Uele province, Territory of Buta and the Community of Monganzulu village Sukisa (N: 02 ° 19 '072 "E: 024 ° 58' 368"; altitude: 471m). This reserve has an area of 9080 km<sup>2</sup>.

All individuals with a diameter  $\geq 10$  cm were inventoried and measured 1.30 m above the grade. We opted for a targeted sampling of delineating the 50 m X 50 m plots (mixed forest) and where the *Gilbertiodendron dewevrei* (mono forest dominant) was abundant. The study conducted in the field hunting Rubi-Télé an area of 2ha led us census 452 individuals in the mixed forest divided into 79 species, 28 families; 267 individuals in the forest *Gilbertiodendron dewevrei* divided into 30 species, 14 families.

Basal area for forest *Gilbertiodendron dewevrei* is 32,3m<sup>2</sup>/ha and mixed forest as basal area 23m<sup>2</sup>/ha. *Julbernardia seretii* is more abundant with a rate of 11.95%, in the mixed forest. Family Fabaceae leads with 30.87%.

For *Gilbertiodendron dewevrei* forest species abounds its habitat, first with 46.44% of the family Fabaceae is leading with 64.12%, it appears that the mixed forest shows the scattering of the forest wealth specific *Gilbertiodendron dewevrei* because its diversity index values are low.

**KEYWORDS:** Biodiversity, protected areas, Bas-Uélé province, Democratic Republic of the Congo.

**RESUME:** La République Démocratique du Congo fait partie des pays qui attachent beaucoup d'importance à la conservation et à la gestion durable des ressources naturelles. C'est dans ce cadre qu'une étude floristique a été réalisée afin d'évaluer la diversité biologique végétale du domaine de chasse de Rubi-Télé pour une bonne gestion durable. Ce domaine est situé dans la Province de Bas Uélé, Territoire de Buta et dans la Collectivité de Monganzulu, village Sukisa (N : 02° 19' 072" E : 024° 58' 368" ; altitude : 471 m). Cette réserve a une superficie de 9080 km<sup>2</sup>. Tous les individus de diamètre  $\geq 10$  cm ont été inventoriés et mesurés à 1,30m au-dessus du niveau du sol. Nous avons opté pour un échantillonnage ciblé consistant à délimiter les parcelles de 50 m X 50 m (forêt mixte) et où le *Gilbertiodendron dewevrei* (forêt mono-dominante) était abondant. L'étude menée dans le domaine de chasse de Rubi-télé sur une surface de 2 ha a permis de recenser de 452 individus dans la forêt mixte répartis en 79 espèces et 28 familles ; par contre, dans la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei* nous avons recensé 267 individus répartis en 30 espèces appartenant à 14 familles. La surface terrière pour la forêt à

*Gilbertiodendron dewevrei* est de 32,3m<sup>2</sup>/ha et celle de la forêt mixte est de 23m<sup>2</sup>/ha. *Julbernardia seretii* est plus abondante avec un taux de 11,95%, dans la forêt mixte. La famille de Fabaceae vient en tête avec 30,87%. Pour la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei*, l'espèce abonde son biotope (46,44%). La famille des Fabaceae est en tête avec 64,12%, Il ressort de cette étude que la forêt mixte montre une dispersion des valeurs de richesse spécifique que la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei* car la valeur de ses indices de diversité sont faibles.

**MOTS-CLEFS:** Biodiversité, Aires protégées, Bas-Uélé province, République Démocratique du Congo.

## **1 INTRODUCTION**

Dans la plupart des forêts tropicales humides, l'évaluation de la diversité spécifique des plantes est une tâche difficile, non seulement parce que ces milieux sont hyper-diversifiés, mais aussi et surtout en raison du caractère encore incomplet de l'inventaire botanique [1-4]. L'étude de la diversité biologique des forêts est souvent perçue comme une approche scientifique dont les implications pratiques paraissent limitées [5]. La diversité d'espèces arborescentes observées en forêts tropicales représente à la fois une source permanente de questionnement de l'écosystème forestier [6]. Aujourd'hui les forêts disparaissent à la surface de la terre. Bien qu'elles soient un sujet de préoccupation internationale croissant, elles continuent à être détruites à une vitesse très inquiétante, sans pour autant connaître leur composition floristique. La destruction des forêts modifierait la réflectivité de la surface de la terre et de l'atmosphère par le changement climatique [7].

La République Démocratique du Congo (RDC) dispose d'énorme potentialité forestière sur une superficie évaluée à plus de 145 millions d'hectares, soit 54% de l'étendue nationale. La connaissance de ces ressources n'est pas encore totalement maîtrisée sur le plan de la qualité, quantité et du volume [8]. La RDC fait partie des pays qui attachent beaucoup d'importance à la conservation et à la gestion durable des ressources naturelles. Cette vision s'est concrétisée par la création des aires protégées, les réserves de faunes ainsi que des parcs nationaux à travers les pays [9].

Le réseau d'aires protégées de la RDC représente approximativement 11% du territoire national. Il englobe des paysages diversifiés, allant des forêts d'altitude, denses et humides, aux zones de savanes, et renferme notamment cinq sites du Patrimoine Mondial. Malgré les fortes pressions qui s'y exerce, la biodiversité est très riche et renferme encore des espèces emblématiques, mal connues et non maîtrisées y compris dans les forêts à haute valeur pour la conservation comme celles de la province du Nord-Ubangi (une zone prioritaire pour la conservation) [10-15].

Mais ces aires protégées sont dramatiquement convoitées et, cela se manifeste sur le terrain, par une multitude de pressions, dont les plus fréquentes sont le braconnage, la conversion de l'utilisation des terres, l'exploitation illégale des ressources végétales (pour le bois d'œuvre et bois de chauffe) et la pollution environnementale (provenant des exploitations minières) [16].

Dans la présente étude, notre choix est porté sur le domaine de chasse de Rubi- Télé situé dans le territoire de Buta subissant des multiples menaces de la population riveraine. Un grand problème de ce domaine est que peu d'études sur le plan écologique et la composition floristique ont été réalisées alors que la gestion rationnelle des ressources forestières ne saurait exister sans une bonne connaissance de la structure et de la composition spécifique d'un écosystème. A notre connaissance, cette étude est la première dans ce domaine de chasse. Cette étude floristique a but de connaître la diversité biologique des plantes du domaine de chasse en vue d'une bonne gestion durable étant donné que la protection de la biodiversité est devenue un enjeu majeur de la politique forestière.

## **2 MATERIEL ET METHODES**

### **2.1 MILIEU D'ÉTUDES**

Le domaine de chasse de Rubi-Télé est situé dans la province de Bas-Uélé, dans le Territoire de Buta et dans la Collectivité de Monganzulu, village Sukisa (N : 02° 19' 072'' E : 024° 58' 368'', altitude : 471 m). Ce domaine a une superficie de 9080 km<sup>2</sup>. Il est parmi les premières aires protégées au Congo Belge, créée à peine cinq années après le Parc National de Virunga. Il a été créé comme Réserve de Chasse par l'ordonnance loi no. 51/Agri du 12 décembre 1930.

La figure 1 donne la localisation géographique du domaine de chasse de Rubi- Télé.

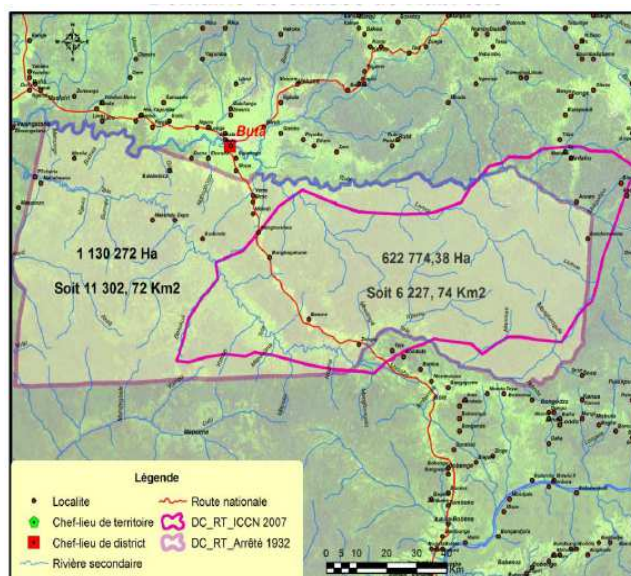


Figure 1. Domaine de Chasse de Rubi-télé (ICCN, 2007).

Les principaux écosystèmes observés dans le domaine de chasse de Rubi -Télé sont : les Jachères formées par des petits champs des indigènes mais aussi des éco-gardes, les forêts secondaires vieilles ainsi que les forêts matures mixtes et mono dominantes à *Gilbertiodendron dewevrei* à grande étendue. On y rencontre également des formations végétales sur sol hydromorphe ainsi que des forêts périodiquement inondées aux abords de rivière Télé.

Il existe aussi la présence de peuplements à *Julbernardia seretii* dans la forêt mixte avoisinant la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei*. Le critère principal de zonation des forêts tropicales est le climat [17]. Cette forêt est située dans la zone climatique équatoriale poussant sur un sol un peu dur sablonneux-graveleux. L'essentiel de cette forêt est une forêt de plaine. La strate arborescente fait preuve de ces quelques individus notamment : *Julbernardia seretii* (Fabaceae); *Diospyros crassiflora* (Ebenaceae) *Diospyros sp* (Ebenaceae); *Greenwayodendron suaveolens* (Annonaceae) ... Les forêts matures de terre ferme sont dominées par les Fabaceae. Les forêts secondaires jeunes se distinguent aisément par la présence d'espèces pionnières (*Musanga cecropioides*, *Macaranga sp.*, *Trema orientalis*) et un sous-bois très dense, dominé par des Zingiberaceae, Malvaceae, Costaceae, et Commelinaceae avec comme espèce *Scaphopetalum* et *Lackesteria elegans*. Plus une forêt secondaire prend de l'âge, plus la distinction avec les forêts matures devient un peu difficile pour le non spécialiste.

## 2.2 MATÉRIEL BIOLOGIQUE

Tous les individus de diamètre  $\geq 10$  cm ont été inventoriés et mesurés à 1,30 m au-dessus du niveau du sol et ont constitué notre matériel biologique. Quelques collections d'herbier pour les individus où l'identification a posé problème sur terrain ont été confectionnées et conservées à l'herbarium du Centre de Surveillance de la Biodiversité de l'Université de Kisangani.

## 2.3 MÉTHODES

Afin d'étudier de manière approfondie la variabilité de types forestiers, nous avons opté pour un échantillonnage ciblé consistant à délimiter les parcelles de 50 m X 50 m où il y avait peu de chablis (forêt mixte) et où l'espèce *Gilbertiodendron dewevrei* était abondant (forêt mono-dominante). Il est organisé de manière à obtenir un nombre de relevés équivalent pour chaque type considéré (forêts mixte et mono-dominante). Cependant, en forêt mixte, quatre parcelles de 50 m X 50 m et équidistantes de 200 m ont été installées le long d'un transect comme l'indique la figure 2 ci-dessous.

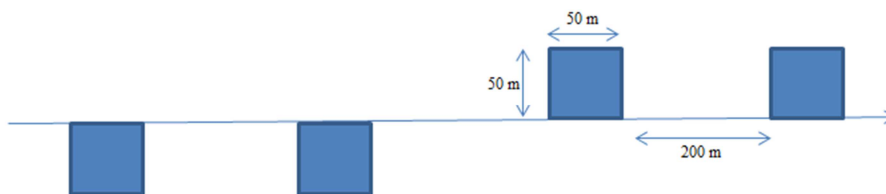


Figure 2 : Dispositif d'échantillonnage dans la forêt mixte

La forte densité de l'espèce *Gilbertiodendron dewevrei* nous a poussé à délimiter quatre parcelles contiguës de 50 m X 50 m chacune. La figure 3 illustre le dispositif d'échantillonnage des placettes installées dans la forêt mono-dominante à *G. dewevrei*

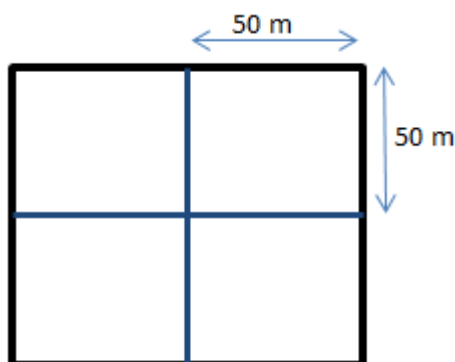


Figure 3 : Dispositif d'échantillonnage illustrant les placettes installées dans la forêt mono-dominante à *G. dewevrei*.

## 2.4 ANALYSE DES DONNÉES

Les analyses envisagées dans ce travail ont concerné la richesse aréale, la surface terrière, la densité des taxons, la dominance des taxons, les indices de diversité (Shannon, Equitabilité, Simpson, Fisher alpha) ainsi que les coefficients de similarités. La richesse aréale indique le nombre d'espèces par unité de surface tandis que la surface terrière est l'espace de terrain occupé par les troncs à la hauteur de la poitrine soit 1,30 m du sol. Par contre, l'abondance d'une espèce (ou famille) correspond au nombre d'individus de la même espèce par unité de surface. La densité relative (%) est le nombre de pieds d'une espèce (ou famille) ramené au nombre de pieds total et multiplié par 100. La dominance relative d'une espèce (ou famille) est le rapport de la surface terrière de cette espèce (ou famille) à la surface terrière totale, multipliée par 100.

Les indices de diversité (Shannon, Simpson, Equitabilité, Fisher alpha) ont été calculés à l'aide de logiciel Past version 1.94b [1, 2, 4].

## 3 RESULTATS

L'étude menée dans le domaine de chasse de Rubi -télé sur une surface de 2 ha nous a conduit au recensement de :

- 452 individus dans la forêt mixte répartis en 79 espèces et 28 familles ;
- 267 individus dans la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei* répartis en 30 espèces et 14 familles ;

La surface terrière pour la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei* est de 32,3 m<sup>2</sup>/ha et la forêt mixte a comme surface terrière 23 m<sup>2</sup>/ha.

### 3.1 LA FORÊT MIXTE

#### ❖ Abondance relative des espèces

La figure 4 donne la densité relative des espèces.

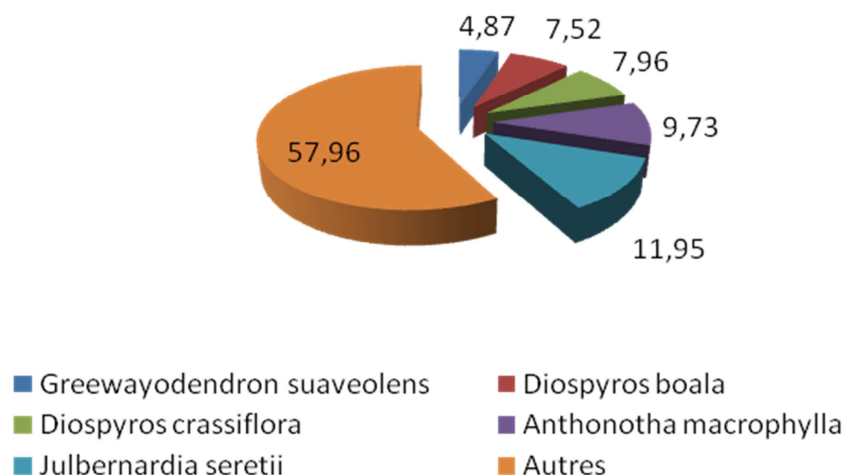


Figure 4 : Abondance relative de cinq premières espèces de la forêt mixte

Il ressort de la figure 4 que *Julbernardia seretii* est plus abondante avec un taux de 11,95%, suivie de *Anthonotha macrophylla* avec 9,73%, *Diospyros crassiflora* avec 7,96%, *Diospyros boala* avec 7,52% et en fin *Greenwayodendron suaveolens* avec 4,8%.

#### ❖ Abondance relative des familles

La figure 5 donne l'abondance relative des familles.

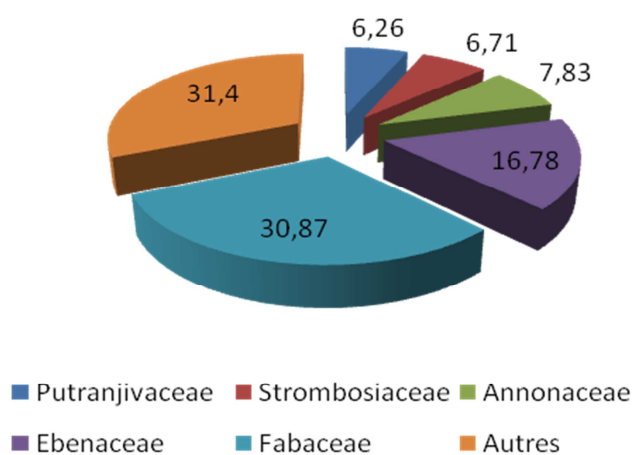


Figure 5 : Abondance relative de cinq premières familles de la forêt mixte

Parmi les cinq premières familles, Fabaceae vient en tête avec 30,87%, suivie de Ebenaceae (16,78%), Annonaceae (7,83%), Strombosiaceae (6,71%), Putranjivaceae (6,26%).

❖ **Dominance relative des espèces**

La figure 6 donne la dominance relative des espèces dans la forêt mixte.

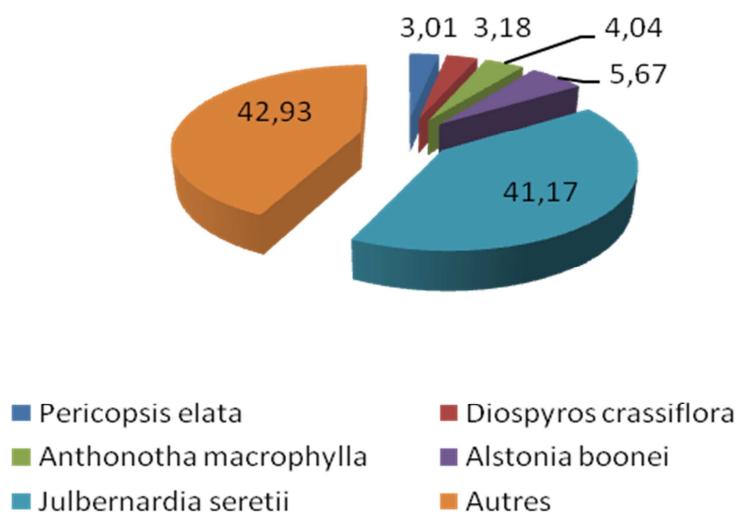


Figure 6 : Dominance de cinq premières espèces dans la forêt mixte

Il ressort de la figure 6 que *Julbernardia seretii* est premier en terme de de dominance avec 41,17%, suivie de *Alstonia boonei* (5,67%), *Anthonotha macrophylla* (4,04%), *Diospyros crassiflora* (3,18%) et *Pericopsis elata* (3,01%).

❖ **Dominance relative des familles**

La dominance relative des familles est donnée dans la figure 7 ci-dessous.

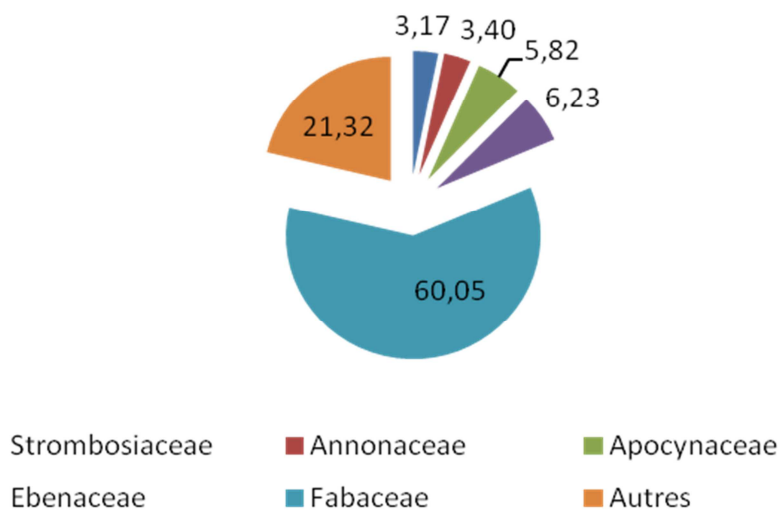


Figure 7 : Dominance relative des familles dans la forêt mixte

Il ressort de la figure 7 que la famille des Fabaceae vient en tête avec 60%, suivie de Ebenaceae (6,23%), Apocynaceae (5,82%), Annonaceae (3,40%) et Strombosiaceae (3,17%).

❖ *Distribution des individus par classe de diamètre dans la forêt mixte*

La distribution des individus en fonction des classes de diamètre est donnée dans la figure 8.

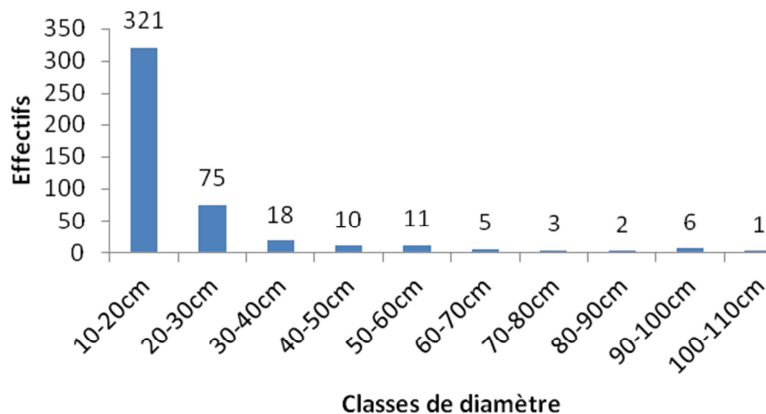


Figure 8 : Distribution des individus en fonction des classes de diamètre dans la forêt mixte

Il ressort de cette figure que la première classe possède beaucoup d’individus soit 321, suivi de la deuxième classe avec 75 et la troisième classe avec 18 et quatrième classe soit 10 et les autres classes sont faiblement représentées.

3.2 LA FORÊT À GILBERTIODENDRON DEWEVREI

❖ *Abondance des espèces*

La figure 9 donne l’abondance relative de cinq premières espèces de la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei*.

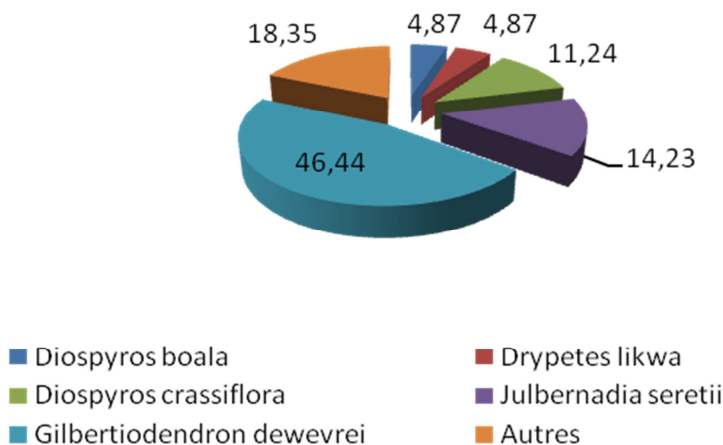


Figure 9 : Abondance de cinq premières espèces de la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei*

Dans la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei*, cette espèce est la plus abondante dans ce biotope avec 46,44%, suivie de *Julbernadia seretii* (14,23%), *Diospyros crassiflora* (11,24%), *Diospyros boala* et *Drypetes likwa* avec 4,87% respectivement.

❖ **Abondance relative des familles**

L'abondance relative de cinq premières familles de la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei* est donnée par la figure 10.

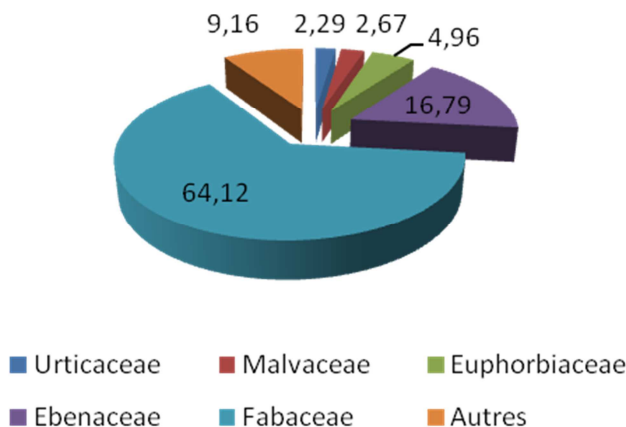


Figure 10 : Abondance relative de cinq premières familles de la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei*.

Il ressort de la figure 10 que parmi les cinq premières familles, les Fabaceae sont en tête avec 64,12%, suivie de la famille des Ebenaceae (16,79%), Euphorbiaceae (4,96%), Malvaceae (2,67%) et Urticaceae (2,29%).

❖ **Dominance relative des espèces**

La figure 11 donne la dominance relative des espèces dans la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei*.

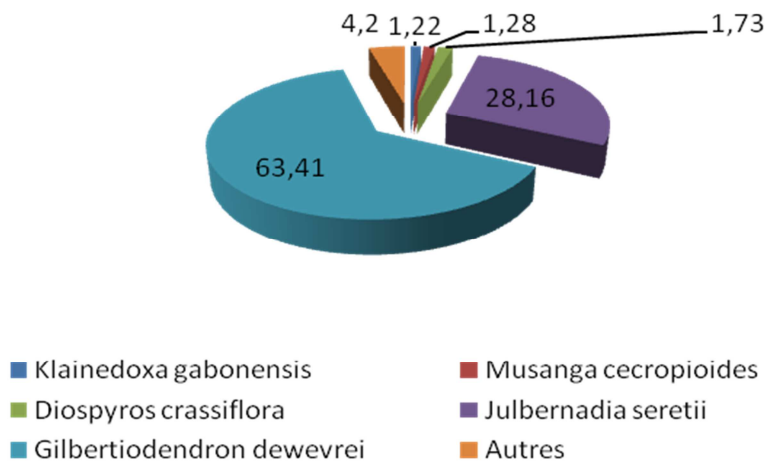


Figure 11 : Dominance relative des espèces dans la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei*

Il ressort de la figure 11 que l'espèce *Gilbertiodendron dewevrei* domine avec 63,41% suivie de *Julbernadia seretii* (28,16%), *Diospyros crassiflora* (1,73%), *Musanga cecropioides* (1,28%) et *Klainedoxa gabonensis* (1,22%).

❖ **Dominance relative des familles**

La figure 12 donne la dominance relative des familles dans la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei*.

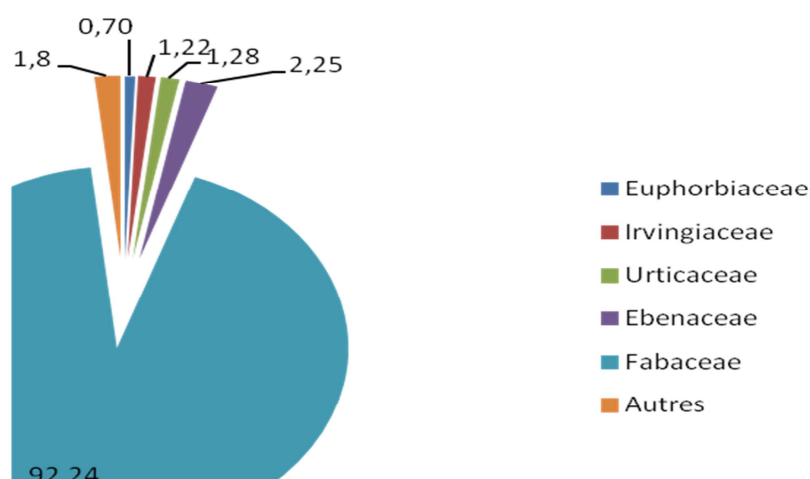


Figure 12 : Dominance relative des familles dans la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei*

Il ressort de la figure 12 que la famille des Fabaceae vient en tête avec 92,24% suivi des Ebenaceae (2,25%), Urticaceae (1,28%), Irvingiaceae (1,22%) et Euphorbiaceae (0,70%).

#### ❖ Distribution des individus par classe de diamètre

La distribution des individus en fonction des classes de diamètre est présentée sur la figure 13.

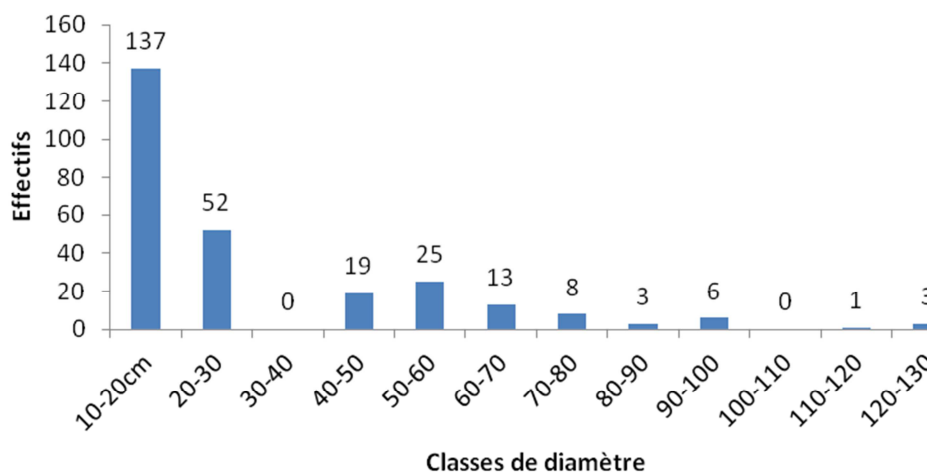


Figure 13 : Distribution des individus par classe de diamètre dans la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei*

Il ressort de la figure 13 que la première classe a un effectif élevé avec 137 individus, suivi respectivement de la deuxième classe (52 individus). La 3<sup>ème</sup> et la 10<sup>ème</sup> classes n'ont pas d'individu, la 4<sup>ème</sup> (19 individus), la 5<sup>ème</sup> (25 individus), la 6<sup>ème</sup> (13 individus), la 7<sup>ème</sup> (8individus), la 8<sup>ème</sup> (3 individus), la 9<sup>ème</sup> (6 individus), la 11<sup>ème</sup> (1 individu) et en fin la 12<sup>ème</sup> classe (3 individus).

### 3.3 DISPERSION DES VALEURS DE RICHESSE SPECIFIQUE POUR LES DEUX TYPES FORESTIERS

La figure 14 donne la dispersion des valeurs de richesse spécifique pour les deux types forestiers.

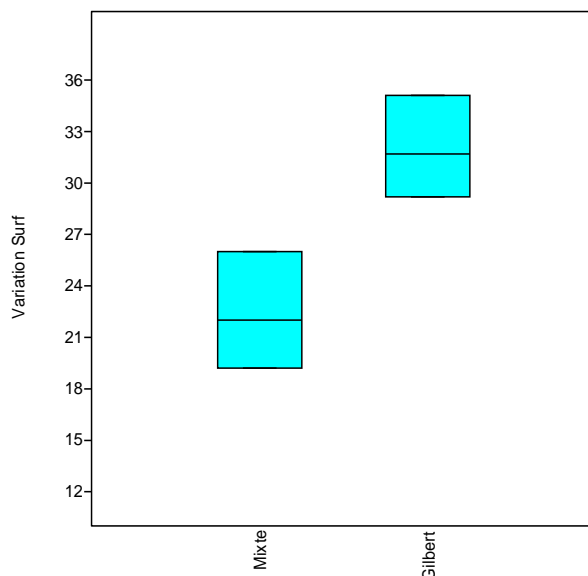


Figure 14 : Dispersion des valeurs de richesse spécifique pour les deux types forestiers

La boîte représente l'intervalle dans lequel sont regroupés 50% des valeurs de richesses spécifiques. Il ressort de ce graphique que la moyenne qu'occupent les espèces est presque confondu. En comparant les deux types de forêt, on peut remarquer que la forêt mixte montre la dispersion des valeurs de richesse spécifique que la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei* car ses valeurs sont vraiment inférieure. En ce qui concerne l'indice de Simpson, sa valeur tend vers 1 pour la forêt mixte, ceci indique une faible diversité spécifique.

### 3.4 INDICES DE BIODIVERSITÉ

Le tableau 1 donne les valeurs d'indices de biodiversité des espèces identifiées dans les deux types de forêt.

Tableau 1. Indices de biodiversité pour les deux types forestiers

Indice	Forêt à <i>Gilbertiodendron</i>	Forêt mixte
Simpson	0,74	0,95
Shannon	2,03	3,62
Equitabilité	0,59	0,83
Fisher alfa	8,67	27,7

Le tableau 1 montre que l'indice de Shannon-Weiner est supérieur à 1 dans les deux types de forêt ; cependant, la forêt mixte présente une diversité supérieure à celle de forêt à *Gilbertiodendron*. Quant à l'indice de Simpson c'est-à-dire la probabilité pour que deux individus tirés au hasard de l'échantillon soient des espèces différentes est de 0,74 forêt à *Gilbertiodendron* et de 0,95 à la forêt mixte.

L'équitabilité est de 0,59 pour la forêt à *Gilbertiodendron* et de 0,83 pour la forêt mixte. Ces résultats montrent que les espèces sont plus ou moins équitablement réparties dans la forêt mixte que dans la forêt mono-dominante à *Gilbertiodendron dewevrei*. De façon générale, la valeur des indices de biodiversité est plus élevée dans la forêt mixte que dans la forêt mono-dominante. Ces résultats montrent que cette dernière est moins diversifiée.

#### 4 DISCUSSION

D'une manière générale et tout en tenant compte des variations régionales, les caractéristiques structurales (densité, surface terrière, dominance, indice de diversité,...) de la forêt de Rubi-télé est comparable à celle des autres forêts. Nous avons recensés au total 452 individus dans la forêt mixte regroupés en 78 espèces repartis en 28 familles et dans la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei* avons eu 267 individus regroupés en 30 espèces repartis dans 14 familles. Dans la forêt mixte nous avons trouvé la surface terrière de 23m<sup>2</sup>/ha et pour la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei* avons eu 32,3m<sup>2</sup>/ha. Pour la forêt mixte, *Julbernadia seretii* est plus abondante avec un taux de 11,95%, suivie de *Anthonotha macrophylla* avec 9,73%, *Diospyros crassiflora* avec 7,96%, *Diospyros boala* avec 7,52% et enfin *Greenwayodendron suaveolens* avec 4,87%.

*Julbernadia seretii* est premier pour sa dominance avec 41,17%, suivie de *Alstonia boonei* avec 5,67%, *Anthonotha macrophylla* 4,04%, *Diospyros crassiflora* avec 3,18% et enfin *Pericopsis elata* avec 3,01% quant à Musepena avait trouvé *Julbernadia seretii*, *Cynometra sessiliflora*, *Staudtia kamerounensis*, *Pancovia harmisiana*, *Prioria oxyphylla* dans sa recherche à Yoko, Ses espèces sont différents de nôtres car ce deux biotopes diffèrent sur le plan édaphique toutefois signalons que *Julbernadia seretii* accompagne l'espèce *Gilbertiodendron dewevrei* dans le deux études. Signalons aussi qu'il avait travaillé dans un sol humide alors que nous le sol était sec (argilo-sablonneux).

La famille des Fabaceae vient en tête avec 60%, suivie de Ebenaceae (6,23%), Apocynaceae (5,82%), Annonaceae (3,40%) et Strombosiaceae (3,17%).

Somue [18] à Luki avait aussi trouvé que la famille des annonaceae prédomine, suivie de Annonaceae, Myristicaceae, Meliaceae etc., cette prédominance serait due au mode de dispersion de diaspores propre à cette famille.

Dans la forêt mixte de la réserve de Yoko, [19] avait trouvé que les espèces suivantes dominaient son biotope : *Piptadeniastrum africanum*, *Cynometra Alexandrie*, *Gilbertiodendron dewevrei*, *Entandrophragma candollei*, alors que [20] à l'île Mbiye a indiqué que les espèces *Gilbertiodendron dewevrei*, *Cynometra sessiliflora* et *Hannoa klaineana* dominant. Ces espèces sont de loin différentes de celles identifiées dans la présente étude.

Dans le rapport final de la convention ECOFOR Sebatier [21] avait trouvé qu'en Guyane le peuplement d'un site forestier est toujours extrêmement diversifié. La richesse en espèces oscillait entre 140 et 210 espèces d'arbres par hectare et dépasse 400espèces pour10hectares en forêt.

Sist [22] dans son étude sur la structure et floristique de la forêt primaire à Dipterocarpaceae de l'Est Kalimatau avait trouvé en moyenne 182 espèces par hectare et la densité moyenne était de 530,7 tiges/ha dans ces parcelles témoins. La surface terrière était de 31,5m<sup>2</sup>/ha, quant à nous, dans la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei* nous avons trouvé comme surface terrière 32,5m<sup>2</sup>/ha avec 30 espèces répartie dans 14 familles,

Somue [18] dans la biosphère de Luki sur 9ha avait trouvé 4042 appartenant tous à 154 espèces et 36 familles sur une surface terrière totale de 277,26/9ha ayant comme moyenne de 30,80m<sup>2</sup>/ha.

Nshimba [23] à l'île mbiye obtient 2534 individus/5ha appartenant tous à 183espèces et 44 familles. Lomba [19] trouve à Yoko 2770/5ha appartenant à 183 espèces en 37 familles.

Musepena [24] a trouvé à Yoko dans la forêt à *Gilbertiodendron* 331 individus/ha appartenant à 72 espèces et 28 familles.

La nature du biotope, les conditions édaphiques ainsi que le climat jouent un grand rôle dans la répartition de la biodiversité sur la planète terre et expliqueraient la différence des résultats rapportée dans ce travail. Quant à la structure dia-métrique des forêts tropicales, on peut noter que les espèces montrent les caractères communs de « J renversé » qui est la caractéristique des forêts naturelles car c'est dans la première classe (10 cm-20 cm) qu'il y a beaucoup de jeunes qui remplaceront les vieux arbres [23].

En ce qui concerne le coefficient de similarité de Jaccard, nous avons trouvé que sa valeur est de 0,34 ; ceci montre que les deux types de communautés sont différents.

## 5 CONCLUSION

L'étude menée dans le domaine de chasse de Rubi -télé sur une surface de 2ha nous a conduit au recensement de : 452 individus dans la forêt mixte répartis en 78 espèces, 28 familles; 267 individus dans la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei* répartis en 30 espèces, 14 familles ; La surface terrière pour la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei* est de 32,3m<sup>2</sup>/ha et la forêt mixte a comme surface terrière 23m<sup>2</sup>/ha.

Du point de vue floristique, c'est *Julbernardia seretii* qui domine dans la forêt mixte (soit 41,17%), et dans la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei* c'est ce dernier qui domine (soit 63,41%). La famille des Fabaceae domine dans la forêt mixte avec 60% et la même famille domine aussi dans la forêt à *Gilbertiodendron* avec 92,24%.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs expriment leur profonde gratitude aux responsables du projet VLIR-UOS pour leur soutien ayant permis la réalisation de ce travail. Nous tenons aussi à remercier les responsables de domaine de chasse de Rubi-Télé pour leur assistance.

## REFERENCES

- [1] J.A. Asimonyio, K. Kambale, E. Shutsha, G.N. Bongo, D.S.T. Tshibangu, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Phytoecological Study of Uma Forest (Kisangani City, Democratic Republic Of The Congo). J. of Advanced Botany and Zoology, V312. DOI: 10.15297/JABZ.V312.01, 2015.
- [2] J.A. Asimonyio, J.C. Ngabu, C.B. Lomba, C.M. Falanga, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Structure et diversité d'un peuplement forestier hétérogène dans le bloc sud de la réserve forestière de Yoko (Ubundu, République Démocratique du Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 18, no. 2, pp. 241-251, 2015.
- [3] J.M. Tsongo , P. Sabongo , J.K. Kambale , B.T. Malombo , E.W. Katembo , P.K. Kavira , J.A. Asimonyio , P.M. Konga , K.N. Ngbolua. Régénération naturelle de *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard (Leguminosae) dans la réserve forestière de Masako à Kisangani, République Démocratique du Congo. International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 21, no. 1, pp. 61-68, 2016.
- [4] J. Omatoko, H. Nshimba, J. Bogaert, J. Lejoly, R. Shutsha, J.P. Shaumba, J. Asimonyio, K.N. Ngbolua. Etudes floristique et structurale des peuplements sur sols argileux à *Pericopsis elata* et sableux à *Julbernardia seretii* dans la forêt de plaine de UMA en République Démocratique du Congo. International Journal of Innovation and Applied Studies Vol. 13, no. 2, pp. 452-463, 2015.
- [5] J.L. Doucet, D. Brugière. Etude de la biodiversité dans les forêts du centre du Gabon : Méthode et implication par la gestion forestier, Séminaire FORAFRI de Libreville-Session 2 : Connaissance de l'écosystème, pp. 1-16, 2003. <http://www.gabon.golden-trade.com/biodiversité>
- [6] L. Blanc, O. Flores, J.F. Molino, S. Gourlet-Fleury, D. Sebatier. La diversité spécifique et regroupement d'espèces arborescentes en forêt guyanaise. In : Revue forestière française (Nancy). Numéro spécial : Connaissance et gestion de la forêt guyanaise, no. 21, pp. 131-146, 2003.
- [7] B. Sinsin, D. Kampmann (eds). Atlas de la biodiversité de l'Afrique de l'Ouest, Tome 1, Vol. 1 : Bénin, Cotonou & Frankfurt/Main, 2010.
- [8] FAO. Etude de cas sur l'évaluation de la dégradation des forêts en République Démocratique du Congo, Rome, 2009.
- [9] C. Ngokaka, F. Akouango, P. Mbete, H. Guenael, L. Nziendolo. Contribution à l'habituation des gorilles de plaine de l'ouest (gorille gorille) à la présence humaine, en vue de leur protection, leur conservation et du développement de l'écotourisme. Journal of Animal and Plant Sciences, Vol. 8, no. 2, pp. 2010.
- [10] F.M. Masudi, A. Dudu, G. Katuala, J.A. Asimonyio, P.K. Museu, B.Z. Gbolo, K.N. Ngbolua, 2016. Biodiversité des rongeurs et Soricomorphes de champs de cultures mixtes de la région de Kisangani, République Démocratique du Congo. International Journal of Innovation and Applied Studies Vol. 14, no. 2, pp. 327-339, 2016.
- [11] K.N. Ngbolua, B.G. Badjedjea, B.J. Akuboy, M.F. Masudi, J.A. Asimonyio, G.N. Bongo, A.D. Siasia. Contribution to the Knowledge of Amphibians of Kponyo village (DR Congo). J. of Advanced Botany and Zoology, V411 DOI: 10.15297/JABZ.V411.04, 2016.
- [12] K.N. Ngbolua., A. Mafoto, M. Molongo, G.M. Ngemale, C.A Masengo, Z.B. Gbolo, P.T. Mpiana, G.N. Bongo. Contribution to the Inventory of "Protected Animals" Sold As Bush Meats in Some Markets of Nord Ubangi Province, Democratic Republic Of The Congo. J. of Advanced Botany and Zoology, V312. DOI: 10.15297/JABZ.V312.02, 2015.

- [13] K.N. Ngbolua, A. Mafoto, M. Molongo, J.P. Magbukudua, G.M. Ngemale, C.A. Masengo, K. Patrick, H. Yabuda, J. Zama, F. Veke. Evidence of new geographic localization of *Okapia johnstoni* (Giraffidae) in Democratic Republic of the Congo: The rainforest of "Nord Ubangi" district. *Journal of Advanced Botany & Zoology*. V2I1. DOI: 10.15297/JABZ.V2I1.02, 2014.
- [14] K.N. Ngbolua, G.M. Ngemale., N.F. Konzi, C.A. Masengo, Z.B. Gbolo, B.M. Bangata., T.S. Yangba, N. Gbiangbada. Utilisation de produits forestiers non ligneux à Gbadolite (District du Nord-Ubangi, Province de l'Equateur, R.D. Congo): Cas de *Cola acuminata* (P.Beauv.) Schott & Endl. (Malvaceae) et de *Piper guineense* Schumach. & Thonn. (Piperaceae). *Congo Sciences* Vol. 2, no. 2, pp. 61-66, 2014.
- [15] J.K. Kambale, F.M. Feza , J.M. Tsongo , J.A. Asimonyio , S. Mapeta , H. Nshimba , B.Z. Gbolo , P.T. Mpiana , K.N. Ngbolua. La filière bois-énergie et dégradation des écosystèmes forestiers en milieu périurbain: Enjeux et incidence sur les riverains de l'île Mbiye à Kisangani (République Démocratique du Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research* Vol. 21, no. 1, pp. 51-60, 2016.
- [16] N.F. Kümpel, A. Quinn, E. Queslin, S. Grange, D. Mallon, J.J. Mapilanga. Okapi (*Okapia johnstoni*) : Stratégie et Revue du Statut de Conservation. Gland, Suisse: UICN et Institut Congolais pour la Conservation de la Nature (ICCN). pp.62, 2015.
- [17] P. Triplet (ed.). Dictionnaire encyclopédique de la diversité biologique et de la conservation de la nature, ISBN 978-2-9552171-0-8, 2016.
- [18] M. Somue. Analyse de types forestiers sur trois topo-séquences du centre-ouest de la réserve de biosphère de Luki, Bas-Congo/RDC, Mémoire de DEA, Faculté des sciences, Université de Kisangani, 2009.
- [19] B.L. Lomba, M. Ndjele. Utilisation de la méthode du transect en vue de la phytodiversité dans la réserve de la Yoko (Ubundu, RD. Congo). *Annales de la faculté des sciences, Université de Kisangani*, pp. 35-46, 1998.
- [20] A. Banodolwa. Contribution à la connaissance floristique et à la cartographie des espèces arborescentes de l'île Mbiye. Mémoire de Licence, Faculté des sciences, Université de Kisangani, 2000.
- [21] J. Molino, D. Sabatier. Tree diversity in tropical rain forest: a validation of the intermediate distribution hypothesis. *Sciences*, no. 294, pp. 1702-1704, 2001.
- [22] P. Sist, A. Saridan. Structure et floristique de la forêt primaire à Diptérocarpacées de l'Est Kalimantan. *Bois et Forêts des Tropiques*, Vol. 259, no. 1, pp. 16-24, 1999.
- [23] S.-M. Nshimba. Etude floristique, écologique et phytosociologique des forêts de l'île Mbiye à Kisangani, RDC. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 2008.
- [24] M.D. Musepena. Etude des forêts mono-dominantes à *Gilbertiodendron dewevrei* De Wild sur les plaques le long de la rivière Yoko. Mémoire de DEA en gestion de la biodiversité et aménagement forestière durable, Faculté des sciences, Université de Kisangani, 2009.

## Caractéristiques de la régénération naturelle du sous-bois forestier du Jardin botanique S. Lisowski (Kisangani, République Démocratique du Congo)

### [ Characteristics of the natural regeneration of the forest underwood of the S. Lisowski Botanical garden (Kisangani city, Democratic Republic of the Congo) ]

Patience K. Kavira<sup>1</sup>, Francine B. Kirongozi<sup>1</sup>, Jean-Léon K. Kambale<sup>1</sup>, Judith M. Tsongo<sup>1</sup>, Nicole A. Shalufa<sup>1</sup>, Ken K. Bukasa<sup>1</sup>,  
Prosper Y. Sabongo<sup>2</sup>, Honoré Kongo Nzapo<sup>3</sup>, and Koto-te-Nyiwa Ngbolua<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Centre de Surveillance de la Biodiversité, Université de Kisangani, B.P. 2012 Kisangani, RD Congo

<sup>2</sup>Faculté des Sciences, Université de Kisangani, B.P. 2012 Kisangani, RD Congo

<sup>3</sup>Institut Supérieur des Sciences de Santé de la Croix Rouge, B.P. 12149 Kinshasa I, RD Congo

<sup>4</sup>Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RD Congo

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** An ecological study based on the natural regeneration of the undergrowth was carried out in the S. Lisowski botanical garden of the Faculty of Science, Kisangani University. A floristic inventory was conducted taking into account the height and diameter of all individuals. From this inventory, 3901 individuals have been recorded and grouped into 6 species, 6 genera, and 5 families; for the species assessed according to the scale of abundance – dominance of BRAUN BLANQUET, 8 species grouped into 8 genre and 7 families were counted. The obtained result show the dominance of the *Leptonychia tokana* (1232 feet or 31.58%) species, followed by *Costus lucanusianus* (881 individuals or 22.58%) and finally *Tricalysia bequaertii* (741 feet or 18, 29%). Among the Spectra evaluated according to the scale of abundance-dominance of BRAUN BLANQUET, *Trachyphrynium braunianum* and *Anthurium ferrierense* are the most abundant. The most represented families in the undergrowth of the garden are the Rubiaceae, Marantaceae, Malvaceae and Costaceae.

**KEYWORDS:** Congo basin, Biodiversity, *ex situ* conservation, Kisangani city, Democratic Republic of the Congo.

**RESUME:** Une étude écologique basée sur la régénération naturelle du sous-bois a été réalisée dans le jardin botanique S. Lisowski de la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani. Un inventaire floristique a été effectué en tenant compte de la hauteur et du diamètre de tous les individus. A l'issus de cet inventaire, 3901 individus ont été recensés et regroupée en 6 espèces, 6 genres, 5 familles. Pour les espèces évaluées selon l'échelle d'abondance-dominance de BRAUN BLANQUET, 8 espèces regroupées en 8 genres et 7 familles ont été dénombrés. Les résultats obtenus montrent la prédominance de l'espèce *Leptonychia tokana* (1232 pieds soit 31.58%), suivi de *Costus lucanusianus* (881 individus soit 22.58%) et enfin *Tricalysia bequaertii* (741 pieds soit 18,29%). Parmi les spectres évalués selon l'échelle d'abondance-dominance de BRAUN BLANQUET, *Trachyphrynium braunianum* et *Anthurium ferrierenses* sont les plus abondants. Les familles les plus représentées dans le sous-bois du jardin sont les Rubiaceae, Marantaceae, Malvaceae et Costaceae.

**MOTS-CLEFS:** Bassin du Congo, Biodiversité, Conservation *ex situ*, régénération naturelle, Kisangani, République Démocratique du Congo.

## 1 INTRODUCTION

Le bassin du Congo fait partie des plus grands biomes/écosystèmes forestiers tropicaux les plus importants au niveau mondial et les plus riches en termes d'abondance et de diversité d'espèces. Cet écosystème forestier est une communauté vivante composée d'espèces végétales et animales les plus variées qui vivent en interaction et dont la conservation constitue une question d'intérêt tant national qu'international [1-9].

Dans la forêt, les espèces végétales sont réparties dans la strate supérieure, arborescente et dans la strate inférieure (arborescente, herbacée et muscinale) communément appelée le sous-bois, qui constitue à lui seul une entité forestière très importante. Les sous-bois constituent non seulement le support faunique mais aussi et surtout la pépinière de différentes forêts qui, sans lui disparaîtraient. Son importance dans la régénération de la forêt et l'évolution de la biodiversité des ligneux est vraiment capitale [10-11]. Les mécanismes de régénération naturelle de ces écosystèmes constituent l'un des aspects essentiels de leur biologie [12].

La régénération naturelle est l'ensemble de préexistants dans les peuplements, sans intervention sylvicole [13], un ensemencement spontané qui permet de comprendre la dynamique forestière marquée par l'existence de trouées et le rôle de la composition « floristique initiale » ou potentiel floristique [14].

Le terme sous-bois peut être défini comme étant l'ensemble des végétations qui poussent sous les arbres d'une forêt c'est-à-dire l'ensemble des végétaux qui sont couverts par les arbres et constituant la strate inférieure d'une forêt [15].

En 1975, le Professeur S. Lisowski s'étant familiarisé avec les plantes congolaises depuis près de huit ans, avait conçu l'idée d'implanter un jardin botanique au sein de la Faculté des Sciences en vue de la conservation *ex situ* de la biodiversité et ainsi servir aux chercheurs, enseignants et étudiants en botanique, des matériels didactiques pour la détermination des plantes et à l'étude floristique. L'aménagement de ce jardin botanique s'est fait par l'introduction des espèces provenant des différents milieux des environs de la ville de Kisangani. Au cours du temps, ce jardin botanique a connu une évolution de telle sorte qu'il y a eu apparition d'autres espèces végétales d'une façon progressive [16]. Trente trois ans après son implantation, nous avons constaté qu'il y a évolution d'une forêt caractéristique qui tend à être naturelle. La présente étude a été initiée dans l'hypothèse que la dynamique progressive de ce jardin conduirait au développement d'un sous-bois naturel caractéristique des forêts tropicales.

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 MILIEU D'ÉTUDES

Le jardin botanique Stanislas LISOWSKI, situé dans la ville de Kisangani au Nord-est de la commune administrative de Makiso. La ville de Kisangani est située dans la cuvette centrale congolaise à 25° 11' de longitude Est et 0° 31' de latitude Nord. Les altitudes sont entre 376,437 m et 424,710 m. La végétation primitive du site de Kisangani auxquelles appartient le jardin botanique S. Lisowski de la Faculté des Sciences est celle de la cuvette centrale congolaise caractérisée par les forêts ombrophiles sempervirentes. Le jardin botanique S. Lisowski bénéficie d'un climat équatorial du type continental, appartenant à la classification A<sub>r</sub> de la classification de Koppen [17]. Les précipitations sont relativement abondantes au cours de l'année sans être uniformément réparties. L'humidité relative annuelle observée au jardin botanique varie de 79,6% à 84% [18].

La figure 1 donne la localisation géographique de la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani.

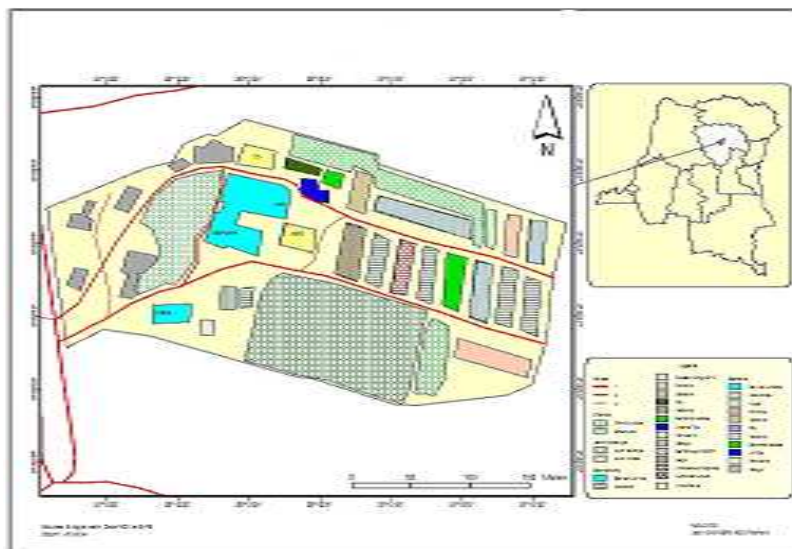


Figure 1. Faculté des Sciences (Université de Kisangani, RD Congo)

## 2.2 MATÉRIEL BIOLOGIQUE

Notre matériel biologique est essentiellement constitué par les espèces du sous-bois forestier du jardin botanique S. Lisowski.

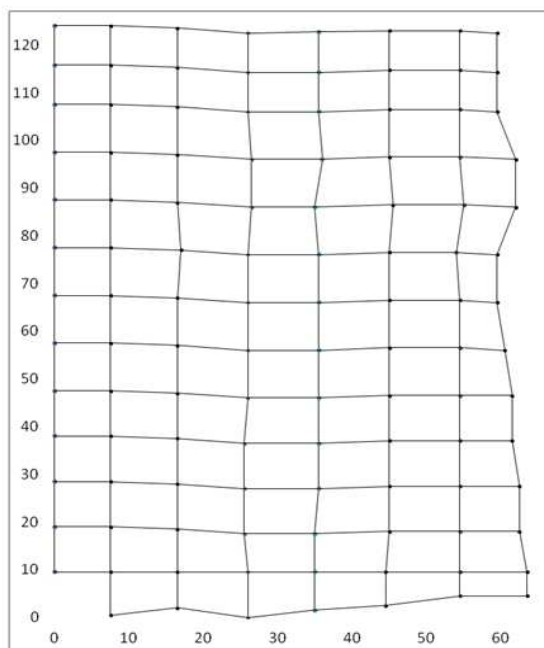
## 2.3 AUTRES MATÉRIELS

Les autres matériels utilisés étaient constitués d' (des) :

- Un clinomètre pour évaluer la hauteur ainsi que la couverture du végétal ;
- Un Pied à coulisse pour le prélèvement du diamètre à la hauteur de poitrine (dbh);
- Fiches des récoltes des données.

## 2.4 MÉTHODES

Le Jardin botanique de la Faculté des Sciences renferme 13 lignes (1-13) et 7 colonnes (A-G) divisés en 91 parcelles séparées entre elles par une distance de 100 cm. L'inventaire floristique a été fait d'une parcelle à une autre dans le carré ci-dessous.



**Figure 2 : Schéma des parcelles du Jardin botanique de la Faculté des Sciences**

La mensuration des individus a été faite de manière suivante :

- Tous les individus à hauteur  $\leq 50$  cm ont été inventoriés et leurs diamètres au collet n'ont pas été mesurés.
- Ceux à hauteur comprise entre 50-190 cm : leurs diamètres ont été mesurés au niveau du collet.
- Ceux à hauteur  $>190$  cm : leurs diamètres ont été mesurés à 130 cm au-dessus du sol et ont été inventoriés.

Il convient de signaler qu'il a été difficile de compter chaque pied des espèces poussant en touffe et ces dernières ont été estimées grâce à l'échelle mixte de BRAUN-BLANQUET (échelle d'abondance-dominance) comme suit :

- + : espèce rare et sporadique.
- 1 : espèce dont le recouvrement total est inférieur à 5%.
- 2 : espèce dont le recouvrement total est de 5 à 25%.
- 3 : espèce dont le recouvrement total est de 25 à 50%.
- 4 : espèce dont le recouvrement total est de 50 à 75%.
- 5 : espèce dont le recouvrement total est 75 à 100%

### 3 RESULTATS

#### 3.1 INVENTAIRE FLORISTIQUE

L'inventaire floristique effectué dans le jardin botanique de la Faculté des Sciences S. Lisowski dans le sous-bois nous a donné 14 espèces regroupées en 14 genres, 12 familles et 7 ordres. Au total 3901 individus ont été inventoriés et repartis en 6 espèces groupés en 6 genres et 5 familles (leur diamètre et hauteur mesurés); et 8 espèces évaluée selon l'échelle d'abondance-dominance de BRAUN-BLANQUET reparties en 8 genres et 7 familles. Les espèces inventoriées reparties en famille sont représenté dans le tableau 1.

Tableau 1. Liste floristique

Famille	Espèces
Acanthaceae	<i>Thomandersia hensii</i> Dewild & Th. Dur
Araceae	<i>Anthurium ferrierense</i> Host
Aspleniaceae	<i>Asplenium africanum</i> Desv
Commelinaceae	<i>Palisota ambigua</i> (P.Beauv) C.B.CL
Costaceae	<i>Costus lucanusianus</i> J.Braum
Lomariopsidaceae	<i>Lomariopsis hederaceae</i> Alst
Maranthaceae	<i>Maranthochloa purpureum</i> (Ridd) Milne. Red Head
Nephrolepidaceae	<i>Trachyphrynium braunianum</i> (K.Schem)
Polypodiaceae	<i>Nephrolepis biserrata</i> (SW) Shott <i>Drymaria laurentii</i> (Christ) Hier
Rubiaceae	<i>Oxyanthus unilocularis</i> Hier
Sterculiaceae	<i>Tricalysia bequaertii</i> Dewild <i>Leptonychia tokana</i> R.Germain
Thelypteridaceae	<i>Cyclosorus totus</i> (Fosk) Ching

### 3.2 ANALYSE FLORISTIQUE

#### ❖ Analyse spécifique

Le jardin botanique à une superficie de 7.107m<sup>2</sup> et sa richesse aréale donne une importance spécifique de 14 espèces de sous-bois. Les espèces ne poussant pas en touffe sont représentées dans le tableau 2.

Tableau 2. Analyse proportionnelle spécifique

Espèces	Nombre d'individu	Fréquence (%)
<i>Costus lucanusianus</i>	881	22.58
<i>Leptonychia tokana</i>	1232	31.58
<i>Oxyanthus unilocularis</i>	508	13.02
<i>Palisota ambigua</i>	318	8.15
<i>Thomandersia hensii</i>	221	5.66
<i>Tricalysia bequaertii</i>	741	18.29
Total	3901	100

De ce tableau, il ressort que, l'espèce *Leptonychia tokana* abonde la flore de sous-bois avec 31.58%, suivi de *Costus lucanusianum* avec 22.58% et de *Tricalysia bequaertii* avec 18.29%. L'espèce la moins représentés est *Thomandersia hensii* avec un effectif de 221 individus soit 5.66 % de l'ensemble des individus inventoriés.

#### ❖ Classes de hauteur

L'effectif des individus de différentes espèces de sous-bois en fonction des classes de hauteur est consigné dans le tableau 3.

Tableau 3 : Effectifs des individus en fonction des classes de taille

Classes de hauteur	Effectifs	Proportion (%)
≤ 50 cm	1802	46,19
[50-190 cm [	1178	36,19
>190 cm	921	23,6
Total	3901	100

L'analyse du tableau 3 montre que, les individus de la classe d'hauteur  $\leq 50$  cm ont un taux de 46.19%, suivis de ceux de la classe de 50 à 190 cm (30,19%) et les moins représentés sont ceux de la classe d'hauteur  $>190$  cm (23,6%). En effet, lorsque l'on arpente les sous-bois, il semble qu'au-delà de 1,50 m, la densité des arbres devient plus faible, alors que la hauteur comprise entre 80 à 1,30 m semble particulièrement densément peuplé [19], ce qui confirme bien que le sous-bois, en tant que milieu où s'épanouit tout un cortège d'espèces caractéristiques, ne dépasse pas 1,50 m de hauteur et la limite atteinte par de nombreuses espèces se situant vers 1,20-1,30 m.

❖ **Classes de diamètre**

Au total, 2117 individus ont été inventoriés et mesurés, soit un taux de 54,2% de l'ensemble (tableau 4).

**Tableau 4. Effectifs des individus en fonction des classes de diamètre**

Classes de diamètre	Effectifs	Proportion (%)
$\leq 10$ mm	694	17,79
[10-100 mm [	1422	67,17
$>100$ mm	1	0,02
Total	2117	100

Les individus dont les diamètres se situent entre [10-100 mm [prédominant avec un taux de 64,1%, suivis de ceux à diamètre  $\leq 10$  mm avec 32,7%. Les individus de diamètre  $>100$  mm ne sont représentés que par un seul individu sur l'ensemble.

❖ **Indication des caractères quantitatifs pour chaque espèce estimée**

Nous indiquons pour chaque espèce estimée poussant en touffe, le coefficient d'abondance-dominance de l'échelle de Braun-Blanquet. A à G représentent les lignes du jardin botanique et les signes plus (+) et moins (-) représentent respectivement la présence ou l'absence de l'espèce dans la ligne.

**Tableau 5. Estimation des espèces**

Espèce	Lignes du Jardin						
	A	B	C	D	E	F	G
<i>Anthurium ferrierense</i>	+	+	+	+	+	+	-
<i>Asplenium africanum</i>	+	+	+	+	+	+	-
<i>Cyclosurus tottus</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>Drymaria laurentii</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>Lomariopsis hederacea</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>Maranthochloa purpurea</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>Nephrolepis biserrata</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>Trachyphrynium braunianum</i>	1	1	2	3	3	3	2

Le tableau 5 montre que l'espèce *Trachyphrynium braunianum* est plus abondante et, présente dans toutes les lignes avec un degré de recouvrement élevé. Les lignes D, E et F ont un coefficient d'abondance-dominance égale à 3. L'espèce *Anthurium ferrierense* vient en second lieu et présente dans 6 lignes du jardin sauf la ligne G. Ces deux espèces caractérisent le sous-bois du jardin botanique. Les ptéridophytes sont les moins représentés (degré de recouvrement faible), parmi eux l'espèce *Asplenium africanum* est abondante, et est présente dans 6 lignes.

#### 4 DISCUSSION

##### ❖ COMPARAISON DES RESULTATS

L'inventaire floristique du sous-bois du jardin botanique, a conduit au recensement de 14 espèces groupées en 14 genres et 12 familles. Le tableau 6, compare les résultats de l'inventaire du sous du jardin avec d'autres florules.

Tableau 6. Comparaison de nos résultats avec d'autres florules

Espèce	[20]	[21]	[22]	[23]	Présent travail
<i>Asplenium africanum</i>	-	+	+	+	+
<i>Costus lucanusianum</i>	+	+	+	+	+
<i>Cyclosorus tottus</i>	-	+	+	+	+
<i>Drymaria laurentii</i>	-	-	-	-	+
<i>Leptonychia tokana</i>	+	+	+	+	+
<i>Lomariopsis hederacea</i>	-	-	-	-	+
<i>Marantochloa purpurea</i>	-	-	-	-	+
<i>Nephrolepis biserata</i>	-	+	+	+	+
<i>Oxyanthus unilocularis</i>	+	+	+	+	+
<i>Palisota ambigua</i>	+	-	+	-	+
<i>Thomandersia hensii</i>	+	+	+	+	+
<i>Trachyphrynium braunianum</i>	+	+	+	+	+
<i>Tricalysia bequaertii</i>	+	+	+	+	+

(Légende : - absence : + présence)

De ce tableau il ressort qu'il existe une espèce qui apparait momentanément il s'agit notamment de *Palisota ambigua*. Cette dynamique se traduit en particulier par l'apparition et la disparition des certaines espèces dans le temps et dans l'espace. Les espèces *Anthurium ferrierense*, *Costus lucanusianum*, *Leptonychia tokana*, *Oxyanthus unilocularis*, *Palisota ambigua*, *Thomandersia hensii*, *Trachyphrynium braunianum* et *Tricalysia bequaertii* sont des espèces pionnières du sous-bois du jardin botanique et que ces espèces ont réussi à se maintenir et se développer spontanément au sein du jardin botanique. Ces espèces caractérisent les sous-bois du jardin botanique Lisowski de la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani.

A la lumière de ce qui précède, on note un accroissement en nombre d'espèces du sous-bois du jardin botanique. Ce qui confirme l'état d'évolution du jardin botanique et qu'en moins de 40 ans son sous-bois s'est revêtu d'une florule forestière.

##### ❖ COMPARAISON FLORISTIQUE

L'établissement de tableau ci-dessous montre le rapport entre l'importance spécifique de chaque espèce de notre florule et celles des autres à savoir :

La réserve forestière de la Yoko, bloc Sud ; la forêt de l'arboretum de Kisangani, la forêt de la réserve de la Yoko bloc Nord et la forêt à sols périodiquement inondée de l'Ile Mbiye.

Tableau VII. Comparaison de l'importance spécifique par rapport à d'autres forêts.

Espèce	[24]	[25]	[11]	[26]	Présent travail
<i>Anthurium ferrierense</i>	-	-	-	-	+
<i>Asplenium africanum</i>	-	+	-	-	+
<i>Costus lucanusianus</i>	+	+	+	-	+
<i>Cyclosorus tottus</i>	-	-	-	-	+
<i>Drymaria laurentii</i>	-	-	-	-	+
<i>Leptonychia tokana</i>	-	-	-	-	+
<i>Lomariopsis hederaceae</i>	-	+	-	+	+
<i>Maranthochloa purpurea</i>	-	-	-	-	+
<i>Nephrolepis biserrata</i>	+	+	+	-	+
<i>Oxyanthus unilocularis</i>	-	+	-	+	+
<i>Palisota ambigua</i>	+	+	+	-	+
<i>Thomandersia hensii</i>	+	+	+	+	+
<i>Trachyphrynium braunianum</i>	+	+	+	+	+
<i>Tricalysia bequaertii</i>	-	-	+	-	+

(Légende : - : absence ; + : présence)

Selon [11] en forêt, les Rubiaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae et Apocynaceae sont riches en espèces. Les familles de Rubiaceae (*Tricalysia bequaertii* et *Oxyanthus unilocularis*) et de Maranthaceae (*Trachyphrynium braunianum* et *Maranthochloa purpurea*) sont les mieux représentés. Ces familles sont plus abondantes dans le sous-bois et lui confère ainsi sa particularité. Ceci montre que les espèces du sous-bois du jardin botanique évoluent vers un sous-bois forestier naturel. Ce qui confirme l'hypothèse selon laquelle le sous-bois du jardin botanique de la Faculté des Sciences évoluerait vers un sous-bois caractéristique des forêts naturelles de manière spontanée.

## 5 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Ce travail consacré à la régénération du sous-bois du jardin botanique de la Faculté des Sciences a montré que le sous-bois de ce jardin botanique est caractérisé par les espèces suivantes : *Anthurium ferrierense* (Araceae), *Costus lucanusianus* (Costaceae), *Leptonychia tokana* (Malvaceae), *Oxyanthus unilocularis* (Rubiaceae), *Thomandersia hensii* (Acanthaceae), *Tricalysia bequaertii* (Rubiaceae) et *Trachyphrynium braunianum* (Malvaceae), d'où le jardin a donc une physionomie des forêts environnantes.

Le jardin botanique est fréquenté par les étudiants et la population de manière incontrôlée alors qu'il a une valeur importante tant scientifique qu'environnementale. L'application stricte de la législation en matière de la conservation permettra de redonner à ce dernier son statut de jardin botanique en renouvelant des étiquettes pour chaque individu et en renforçant la surveillance au sein du jardin botanique, ne pas raser le sous-bois régulièrement car c'est de cela que proviendrait les futures remplaçant des grand arbres.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani (RD Congo) pour avoir permis l'accès au Jardin botanique en vue de réaliser ce travail.

## REFERENCES

- [1] J.A. Asimonyio, K. Kambale, E. Shutsha, G.N. Bongo, D.S.T. Tshibangu, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Phytoecological Study of Uma Forest (Kisangani City, Democratic Republic Of The Congo). J. of Advanced Botany and Zoology, V3I2. DOI: 10.15297/JABZ.V3I2.01, 2015.
- [2] J.A. Asimonyio, J.C. Ngabu, C.B. Lomba, C.M. Falanga, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Structure et diversité d'un peuplement forestier hétérogène dans le bloc sud de la réserve forestière de Yoko (Ubundu, République Démocratique du Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 18, no. 2, pp. 241-251, 2015.
- [3] J. Omatoko, H. Nshimba, J. Bogaert, J. Lejoly, R. Shutsha, J.P. Shaumba, J. Asimonyio, K.N. Ngbolua. Etudes floristique et structurale des peuplements sur sols argileux à *Pericopsis elata* et sableux à *Julbernardia seretii* dans la forêt de plaine de UMA en République Démocratique du Congo. International Journal of Innovation and Applied Studies Vol. 13, no. 2, pp. 452-463, 2015.
- [4] F.M. Masudi, A. Dudu, G. Katuala, J.A. Asimonyio, P.K. Museu, B.Z. Gbolo, K.N. Ngbolua, 2016. Biodiversité des rongeurs et Soricomorphes de champs de cultures mixtes de la région de Kisangani, République Démocratique du Congo. International Journal of Innovation and Applied Studies Vol. 14, no. 2, pp. 327-339, 2016.
- [5] B.G. Badjedjea, B.J. Akuboy, M.F. Masudi, J.A. Asimonyio, G.N. Bongo, A.D. Siasia, K.N. Ngbolua. Contribution to the Knowledge of Amphibians of Kponyo village (DR Congo). J. of Advanced Botany and Zoology, V4I1 DOI: 10.15297/JABZ.V4I1.04, 2016.
- [6] K.N. Ngbolua., A. Mafoto, M. Molongo, G.M. Ngemale, C.A Masengo, Z.B. Gbolo, P.T. Mpiana, G.N. Bongo. Contribution to the Inventory of "Protected Animals" Sold As Bush Meats in Some Markets of Nord Ubangi Province, Democratic Republic Of The Congo. J. of Advanced Botany and Zoology, V3I2. DOI: 10.15297/JABZ.V3I2.02, 2015.
- [7] K.N. Ngbolua, A. Mafoto, M. Molongo, J.P. Magbukudua, G.M. Ngemale, C.A. Masengo, K. Patrick, H. Yabuda, J. Zama, F. Veke. Evidence of new geographic localization of *Okapia johnstoni* (Giraffidae) in Democratic Republic of the Congo: The rainforest of "Nord Ubangi" district. Journal of Advanced Botany & Zoology. V2I1. DOI: 10.15297/JABZ.V2I1.02, 2014.
- [8] K.N. Ngbolua, G.M. Ngemale., N.F. Konzi, C.A. Masengo, Z.B. Gbolo, B.M. Bangata., T.S. Yangba, N. Gbiangbada. Utilisation de produits forestiers non ligneux à Gbadolite (District du Nord-Ubangi, Province de l'Equateur, R.D. Congo): Cas de *Cola acuminata* (P.Beauv.) Schott & Endl. (Malvaceae) et de *Piper guineense* Schumach. & Thonn. (Piperaceae). Congo Sciences Vol. 2, no. 2, pp. 61-66, 2014.
- [9] J.K. Kambale, F.M. Feza, J.M. Tsongo, J.A. Asimonyio, S. Mapeta, H. Nshimba, B.Z. Gbolo, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. La filière bois-énergie et dégradation des écosystèmes forestiers en milieu périurbain: Enjeux et incidence sur les riverains de l'île Mbiye à Kisangani (République Démocratique du Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 21, no. 1, pp. 51-60, 2016.
- [10] J.M. Tsongo , P. Sabongo , J.K. Kambale , B.T. Malombo , E.W. Katembo , P.K. Kavira , J.A. Asimonyio , P.M. Konga , K.N. Ngbolua. Régénération naturelle de *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard (Leguminosae) dans la réserve forestière de Masako à Kisangani, République Démocratique du Congo. International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 21, no. 1, pp. 61-68, 2016.
- [11] M. Mangambu. Etude de peuplement de sous-bois dans la partie nord de la réserve forestière de Yoko (Ubundu). Mémoire de Licence, Faculté des Sciences, Université de Kisangani, RD Congo, 2002.
- [12] D.Y. Alexandre. Dynamique de la régénération naturelle en forêt dense de la Côte d'Ivoire. Paris : ORSTOM ,1989.
- [13] B. Rollet. La régénération naturelle en forêt dense humide sempervirente de plaine de la Guyane vénézuélienne. Bois et Forêts des tropiques, no. 124, pp. 19-39, 1969.
- [14] D.Y. Alexandre. Aspects de la régénération naturelle en forêt dense de Côte-d'Ivoire. Conservatoire et jardin botanique de Genève, Cote d'Ivoire, 1982.
- [15] J.R. Ngueguim, L. Zapfack, E. Youmbi, B. Riera, J. Onana, B. Foahom, J.G. Makombu. Diversité floristique sous canopée en plantation forestière de Mangombe-Edea (Cameroun), Biotech. Agro. Soc. Env. (BASE). Vol. 14, no. 1, pp. 167-176, 2010.
- [16] U. Udar, M. Danadu, B. Likunde, M.B. Ndjele, A. Upoki, A .2003. Le jardin botanique de la Faculté des Sciences de Kisangani : un écosystème non négligeable. Note scientifique, Annales, Faculté des Sciences (Université de Kisangani, RD Congo), pp : 480-484, 2003.
- [17] M. Nyakabwa. Flore urbaine de Kisangani. Mémoire de Licence, Faculté des Sciences, Université de Kisangani, RD Congo, 1976.
- [18] M. Makana. Contribution à l'étude de l'humidité du sol de différents biotopes de la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani. Monographie, Faculté des Sciences, Université de Kisangani, RD Congo, 1984.
- [19] B. Patrick. Etre plante à l'ombre des forêts tropicales. Edition Nathan, Paris : France, 2002.

- [20] B. Toirambe. Inventaire des plantes cultivées au jardin botanique de la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani. Monographie, Faculté des Sciences, Université de Kisangani, RD Congo, 1986.
- [21] S. Kasereka. Flore et dynamique du jardin botanique de la Faculté des Sciences. Mémoire de Licence, Faculté des Sciences, Université de Kisangani, RD Congo, 1999.
- [22] B. Likunde. La dynamique du jardin botanique S. Lisowski de la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani : Rapport de collection, Faculté des Sciences, Université de Kisangani, RD Congo, 2006.
- [23] B. Likunde. Plantes du jardin botanique de la Faculté des Sciences : Rapport de collection, Faculté des Sciences, Université de Kisangani, RD Congo, 2004.
- [24] L. Mokbondo. Flore et dynamique du sous-bois de l'arboretum de Kisangani, Mémoire de Licence, Faculté des Sciences, Université de Kisangani, RD Congo, 1999.
- [25] E. Shutsha. Contribution à l'étude de la végétation herbacée et du sous-bois de la réserve forestière de Yoko, bloc Sud (Province Orientale). Mémoire de Licence, Faculté des Sciences, Université de Kisangani, RD Congo, 1999.
- [26] N. Kiyulu. Contribution à l'étude floristique de sous-bois de sols périodiquement inondés de l'île Mbiye à Kisangani (Province Orientale) Mémoire, Faculté des Sciences, Université de Kisangani, RD Congo, 2004.

## Evaluation of Mycelia Growth, Morphology and Yield for Low Dose Gamma Irradiated Grey Oyster Mushroom *Pleurotus sajor-caju*

Rosnani Abdul Rashid<sup>1</sup>, Fauzi Daud<sup>2</sup>, Mat Rasol Awang<sup>1</sup>, Hassan Hamdani Mutaat<sup>1</sup>, Sahidan Senafi<sup>2</sup>, Azhar Mohamad<sup>1</sup>, Mohd Meswan Maskom<sup>1</sup>, and Khairuddin Abdul Rahim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Agrotechnology and Biosciences Division,  
Malaysian Nuclear Agency,  
43000 Kajang, Malaysia

<sup>2</sup>Faculty of Science and Technology,  
Universiti Kebangsaan Malaysia,  
43600 Bangi, Malaysia

---

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:** Mycelium growth and yield of irradiated grey oyster mushroom *Pleurotus sajor-caju* by gamma rays was investigated due to effects of irradiation. In order to establish the effect, mycelium of *P. sajor-caju* was irradiated by gamma rays at dose 0.1 to 0.6 kGy with dose rate 0.227 Gy sec<sup>-1</sup> at the radiation facility in Malaysian Nuclear Agency. The radiation effects were evaluated on growth rate of irradiated mycelia, induction of different mycelia types, colonization period on substrate, size of fruit bodies and mushroom yields. The results shown that growth rate of irradiated mycelium were slightly slower than the control and decreased as the dose increased. Irradiation was found can induced more fruit bodies with no significant different on size of fruit bodies. The mushroom yield represented by BE of irradiated mycelium is higher than control and increased as the dose increased. Irradiation was found sufficient to increase the yield of mushroom and it is directly to support local mushroom industry.

**KEYWORDS:** gamma rays, radiation effects, irradiated mycelium, growth rate, yield.

### 1 INTRODUCTION

The Malaysian mushrooms industry is new and small. However it is growing to cater for increasing local demand as food sources as well as new sources of wealth for farmers [5]. The most common species cultivated is *Pleurotus sajor-caju* [7] as this species can grow well at temperature between 21 to 29 C [1]. According to [3], Malaysia imported about 90% of mushroom mainly from countries such as China, Thailand and Japan to meet the local needs from 2001 to 2004.

Despite an increasing demand, local growers face many challenges such as unavailability of quality seed, high percentage of contamination, and low mushroom yields [4]. Therefore, new mushrooms varieties strains with high yield and novel character, such as fast colonization and disease resistant are needed to support the development and sustainability of the industry. Several methods can be applied to develop new mushrooms varieties strains such as mutation induction by chemical and radiation [1].

In this works, development of new strain using gamma rays radiation induced mutation method was studied. The aim of this study is to evaluate growth performance of irradiated mycelium and the mushrooms yield. The scopes of this work covers on irradiation, sub-culturing of mushroom mycelia, mushroom seed preparation of selected irradiated mycelia, cultivation of mushroom, characterization of mycelia colonization on substrate over the period of mycelia growing, morphology of fruit bodies and the mushrooms yield.

## 2 MATERIALS AND METHODS

### 2.1 MYCELIUM CULTURE

The mushrooms strain used in this study was *Pleurotus sajor-caju* strains ATCC 32078 which was purchased from American Type Culture Collection (ATCC) and deposited at Sterifeed Mushrooms Culture Collection Centre, Malaysian Nuclear Agency under the purchased agreement for non-commercial application.

### 2.2 SAMPLE PREPARATION AND IRRADIATION

Selected mycelia of *P. sajor-caju* were cultured onto potato dextrose agar (PDA) in petri dishes, incubated for 10 days and irradiated. The irradiation of *P. sajor-caju* mycelia was carried out at the Malaysian Nuclear Agency's Biobeam GM 800 gamma irradiator which use Cesium-137 as gamma radiation source at a dose rate of  $0.227\text{Gy sec}^{-1}$ . Samples of mycelia were exposed to gamma rays at different dose levels; 0 (control), 0.1, 0.2, 0.4 and 0.6 kGy respectively. These doses were defined as low dose irradiation. The data for survival percentage of irradiated mycelium were collected from observation on the growth of mycelium for 12 days. Culture that showed no growing activity during this period was considered as not survives.

### 2.3 LIQUID SEED PREPARATION

The irradiated mycelia were subcultured onto PDA petri dishes. The growth of the subcultured of irradiated mycelia on new PDA petri dishes were observed every two days for a period of two weeks. The growth performances of the mycelia were determined by measuring the radial diameter of mycelia growth on PDA. In addition, types of mycelia obtained as the result of irradiation were classified into three groups i.e. mycelia only, a mixed of mycelia and primordia, and primordia only. For each dose, the mixed mycelia and primordia type with faster grows was selected to be used for liquid seed preparation for mushroom cultivation.

### 2.4 MUSHROOM CULTIVATION

Mushrooms cultivation substrates consisting mixture of saw dust, limestone powder and rice bran, with 70% moisture content were prepared. Substrates were packed into plastic bags with an average weight of 0.7 kg per bag. Substrates bag were sterilized using autoclave at  $121\text{ }^{\circ}\text{C}$  for 1 hrs. In the cultivation process, 20 ml mature mushroom seed was inoculated into each substrate bag. After inoculation, the substrates were incubated on the racks in the incubation room at ambient temperature. The incubation process was allowed into a certain period until the substrate bags log were fully grown and covered by mycelia. The growth of mycelia on the bag log substrate were monitored periodically and recorded every week.

### 2.5 MUSHROOM FRUITING

The bags containing fully grown and thick mycelia were opened for fruiting process. It took three to five days for fruit bodies of the mushrooms to emerge from the substrate. The fruit bodies were harvested and the size and weight of each fresh mushrooms fruit bodies were recorded. The size of mushroom fruit body was determined by measuring the diameter of mushroom pileus.

## 3 RESULTS AND DISCUSSION

### 3.1 GROWTH RATE OF IRRADIATED MYCELIUM ON PDA

The growth rate of irradiated *P. sajor-caju* mycelium on PDA is shown in Table 1. The effect of radiation on growth rate of the irradiated mycelium was clearly observed after 6<sup>th</sup> days. The growth rate of irradiated mycelia was slower than control and decreased as the irradiation dose increased. In 12 days incubation period, control mycelium has fully grown, covering the PDA surface whereas the irradiated mycelium has not.

**Table 1. Growth rate of irradiated *P. sajor-caju* mycelium on PDA**

Dose (kGy)	Average of mycelium diameter (cm)/day±S.D.					
	2	4	6	8	10	12
0 (control)	0.86±0.06	1.6±0.10	2.85±0.09	4.49±0.08	6.66±0.13	8.42±0.05
0.1	0.75±0.11	1.3±0.13	1.83±0.26	3.63±0.53	5.11±1.17	6.38±1.07
0.2	0.72±0.12	1.27±0.27	1.82±0.42	3.15±0.79	4.21±1.38	5.93±1.45
0.4	0.69±0.11	1.11±0.15	1.49±0.22	1.89±0.28	2.48±0.32	3.79±0.36
0.6	0.62±0.10	0.77±0.20	1.23±0.48	1.80±0.92	2.47±1.16	3.31±1.37

Incubation was carried out for 12 days at 25-27°C  
Values are means S.D. ± of replicate

### 3.2 GROWTH RATE OF IRRADIATED MYCELIUM ON CULTIVATION SUBSTRATE

The results of growth rate and colonization period of irradiated mycelium *P. sajor-caju* on substrate are shown in Table 2. The growth rate of irradiated mycelium slightly lower than control and decreased as the irradiation dose increased. Irradiation can cause injury to mycelium cell, therefore at certain dose of irradiation mycelium is unable to grow [2].

The growth rate of mycelium could effect the colonization period of mycelium on substrate. Mycelium with fast growths rate will colonize the substrate in shorter period. Results on colonization periods of mycelium on substrate are shown in Table 2. The colonization periods of irradiated mycelium on substrate took longer time compared to control mycelia. It implies that, irradiation had an effect on growth rate of mycelium on cultivation substrate.

**Table 2. Growth rate and colonization period of irradiated mycelium *P. sajor-caju***

Dose (kGy)	Growth rate (cm/ day±S.D.)	Colonization period (weeks)
0	0.60±0.07	6-7
0.1	0.37±0.02	10-11
0.2	0.30±0.03	10-11
0.4	0.23±0.03	11-12
0.6	0.16±0.02	12-13

### 3.3 MUSHROOM MORPHOLOGY

Mushroom fruit bodies were classified into 4 classes of morphology, i.e straight, curly, mixed of straight and curly, and stunted [6]. The number of mixed straight and curly fruit body has increased from 33.3% for control to 40 %, 50 %, 45.8 % and 67.6 % when the doses of irradiation is increased to 0.1 kGy, 0.2 kGy, 0.4 kGy and 0.6 kGy respectively. Mushroom fruit bodies with morphology mixed straight and curly was increased compared than control and it was increased when the dose increased. The morphology of break type mushroom was only observed at irradiation dose of 0.4 kGy (Fig.1).

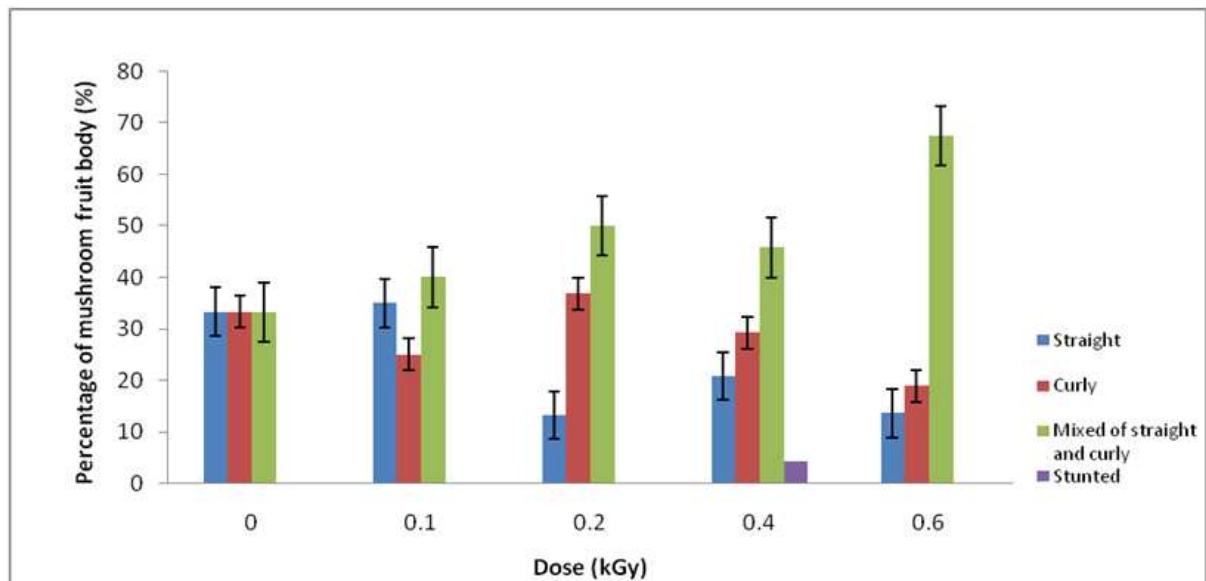


Fig.1 Percentage of morphology fruiting bodies for different doses of irradiation

### 3.4 MUSHROOM YIELD

The results of weight and size mushroom fruit body is shown in Fig.2, where the average weight of mushroom fruit bodies obtained from irradiated mycelium is slightly higher compared to the control. The size of mushroom fruit body from irradiated mycelium is lower at 0.1 and 0.6 kGy and higher at 0.2 and 0.4 kGy than to the control mycelia. Turkey Test ( $P < 0.05$ ) on the weight and size of mushrooms fruit body obtained from the cultivation of irradiated mycelia at doses 0.1 kGy, 0.2 kGy, 0.4 kGy and 0.6 kGy shown no significant different compared to control. However irradiation can induce more formation of fruit body and it increased as the dose of irradiation increased (Table 3).

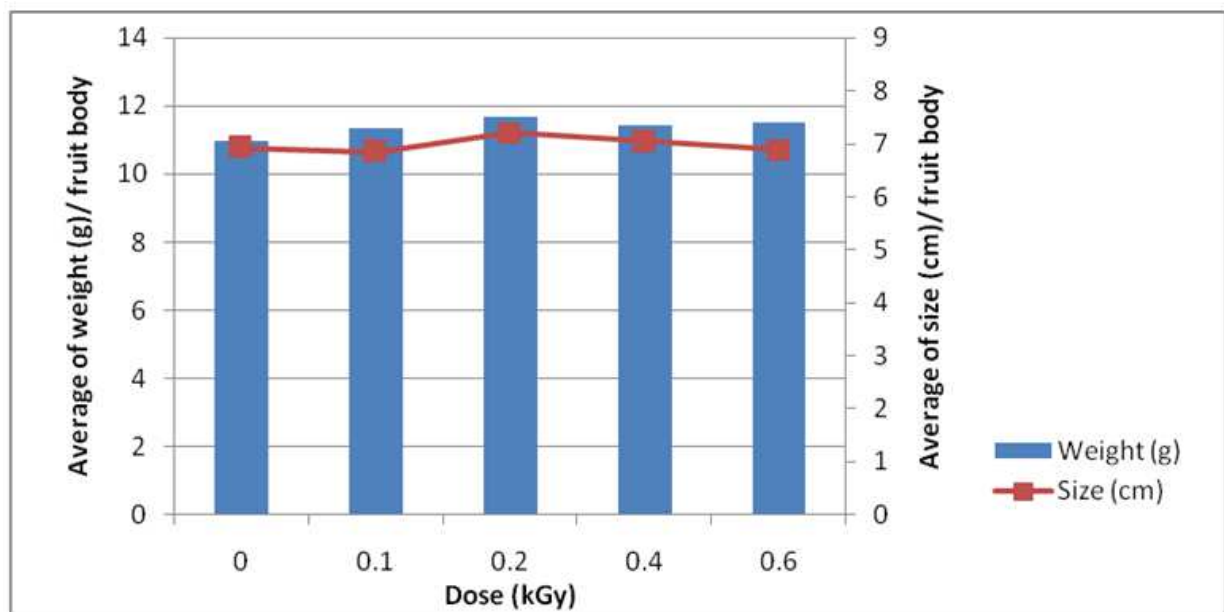


Fig.2 Graph average of weight and size mushroom fruit body for each dos of irradiation

Table 3. Average of number fruit body and mushroom weight per bag for each dos of irradiation

Dose (kGy)	Number of bag was produce fruit body	Number of fruit body/ bag	Mushroom weight (g)/ bag
0 (control)	40	4	48.52 <sup>a</sup>
0.1	40	6	70.72 <sup>b</sup>
0.2	40	7	79.91 <sup>b</sup>
0.4	40	7	77.27 <sup>b</sup>
0.6	40	8	83.61 <sup>b</sup>

Means with small font shown has not significant different at Tukey test ( $P < 0.05$ )

Average mushroom yield, calculated as Biological Efficiency (BE) increased as the dose of irradiation increased i.e 23.10%, 33.68%, 38.05%, 36.80 % and 39.82% for doses of 0 (control), 0.1 kGy, 0.2 kGy, 0.4 kGy and 0.6 kGy respectively. The results obtained in this work provide some interesting findings. The consequence of radiation also affects fruiting body and yield of the mushroom. The benefit of radiation was obvious with the result shown biological efficiency (BE) of irradiated mycelium of *P. sajor-caju* is higher than control and it was increased when the dose is increased.

#### 4 CONCLUSION

Low dose irradiation of 0.1 to 0.6 kGy was found sufficient to develop new strain of mushroom with high yield charater and it can directly support to local mushrooms production. This approach can also be applied to other species of mushroom to expand mushroom industry in Malaysia.

#### ACKNOWLEDGEMENT

Thanks are due to Malaysian Nuclear Malaysia Agency and Faculty of Science and Technology, Universiti Kebangsaan Malaysia for their support and financial. The authors would also dedicate thanks to the project members for their constant support in implementing this project.

#### REFERENCES

- [1] S. T. Chang and P. G. Miles, *Mushroom: Cultivation, Nutritional value, Medicinal Effects and Enviromental Impact*, 2nd Ed. CRC Press, US, 2004.
- [2] R. S. Kuhad, M. Kumar and A. Sungh, "A Hypercellulolytic Mutants of *Fusarium oxysporium*", *Letters in Applied Microbiology*, no. 19, pp. 397-400, 1994.
- [3] *Malaysian Department of Agriculture*, 2006.
- [4] A. Mat Rasol, A. R. Rosnani, M. Azhar, M. Hassan Hamdani and M. Mohd Meswan, *Mushroom liquid seed*. MOSTI Year Commercialization Melaka, 2014.
- [5] H. Mohd Tarmizi, R. Hairazi and A. B. Rozhan, "Understanding The Mushroom Industry and Its Marketing Strategies for Fresh Produce in Malaysia", *Economic and Technology Management Review*, no.8, pp. 27-37, 2013.
- [6] A. R. Rosnani, D. Fauzi, S. Sahidan, A. Mat Rasol, M. Azhar, M. Hassan Hamdani and M. Mohd Meswan "Radiosensitivity Study and radiation effects on morphology characterization of grey oyster mushroom *Pleurotus sajor-caju*", *AIP Conference Proceeding*, no. 1614, pp. 570-574, 2014.
- [7] A. Zulkifli, *Tips dan teknik Penanaman Cendawan Untuk Kegunaan Isi Rumah dan Bisnes*. Oasis Buku Sdn Bhd, Kuala Lumpur, 2010.

## Model predictive control of 2DOF helicopter

*A.P.S. Ramalakshmi<sup>1</sup>, P.S. Manoharan<sup>2</sup>, K. Harshath<sup>2</sup>, and M. Varatharajan<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Department of Electrical and Electronics Engineering,  
K.L.N. College of Engineering,  
Madurai, Tamilnadu, India

<sup>2</sup>Department of Electrical and Electronics Engineering,  
Thiagarajar College of Engineering,  
Madurai, Tamilnadu, 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:** This paper deals with model predictive control (MPC) approach for a 2 DOF (degree of freedom) helicopter. The main objective is to stabilize beam of the 2DOF helicopter with respect to pitch and yaw angles. Development of controller for 2DOF helicopter is challenging because of its coupling effects between two axes and also due to its highly nonlinear characteristics. An accurate model of the system is developed first which has a similar response to that of the real plant. This model is used as a reference to design a non-linear MPC for 2 DOF helicopter. The 2DOF helicopter can also be referred as TRMS (twin rotor MIMO system) because it has two rotor each at its head and tail. Irrespective of variations in reference signals and speed, the controller has a good response in terms of accuracy.

**KEYWORDS:** MIMO system, 2 DOF, Non-linear MPC, TRMS.

### INTRODUCTION

Helicopter has several non-linearities and open loop unstable dynamics as well as significant cross-coupling between their control channels, which makes the control of such multi-input multi-output (MIMO) system a challenging task. Conventional approaches to helicopter flight control involves linearization of these non-linear dynamics about a set of pre-selected equilibrium conditions. Based on obtained linear model, classical single-input single-output (SISO) techniques with a PID controller are widely used [1-2]. Of course, this approach will require multi-loop controllers, which make their design inflexible and difficult to tune.

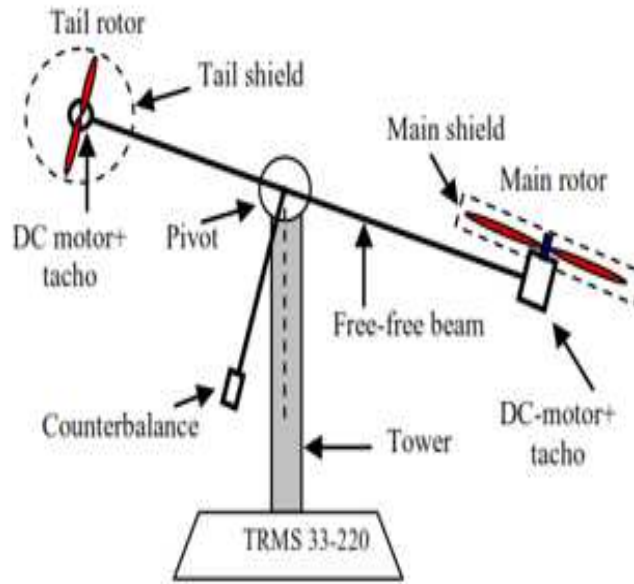
In the proposed work, the above mentioned difficulty is overcome by developing a model predictive control (MPC) approach for an experimental aerodynamic test rig—a twin rotor multi-input-multi-output system (TRMS). The control objective is to make the beam of the TRMS move quickly and accurately to the desired positions, i.e., the pitch and the yaw angles [1-3]. Development of controller for this type of system is challenging due to the coupling effects between two axes and also due to its highly nonlinear characteristics. An accurate dynamic model of the system is developed first in order to have a very similar response to that of the real plant. This model is then used as a test-bed to design a non-linear MPC addressing the 2-DOF of the TRMS [3-4].

As helicopter does not require any runway to take-off, they have a significant role in war, transport and so on. Hence a control design is required to use helicopter effectively. In recent years the computers based optimization plays a major role in control system. MPC, as one such optimization technique is used to control the 2DOF helicopter model. MPC are used because the traditional controller like PID LQR have some limitations.

**TWIN ROTOR MIMO SYSTEM**

The assembly of helicopter model is shown in Fig.1 [5]. It consists of two motor at front and tail end, which is connected by a beam pivoted on its base. The motor present in the head or front position is responsible for up and down movement whereas the motor present in the tail is responsible for clockwise or anticlockwise rotation of 2DOF helicopter. The power is supplied to motor through slip ring. A high resolution encoder is used for both pitch and yaw measurement [6-8].

There are four state variables that can be are measured. They are the vertical angle, horizontal angle, vertical angular velocity and horizontal angular velocity. The vertical and horizontal angles are physically measured using incremental encoders placed at the pivot. Angular velocities of the beam are software reconstructed by differentiating and filtering measured position angles of the beam [9].



*Fig. 1. The twin rotor MIMO system*

**TABLE 1. Main Differences between Helicopter and TRMS**

	TRMS	Helicopter
Location of pivot point	Midway between the two rotor	The main rotor head
Lift generation or vertical control	Speed of control of main rotor	Collective pitch control*
Yaw control	Tail rotor speed	Pitch angle of the tail rotor blades
Cyclical control	No	Yes (directional control)

\* At constant rotor speed, the pitch angles of all the blades of the main rotor are

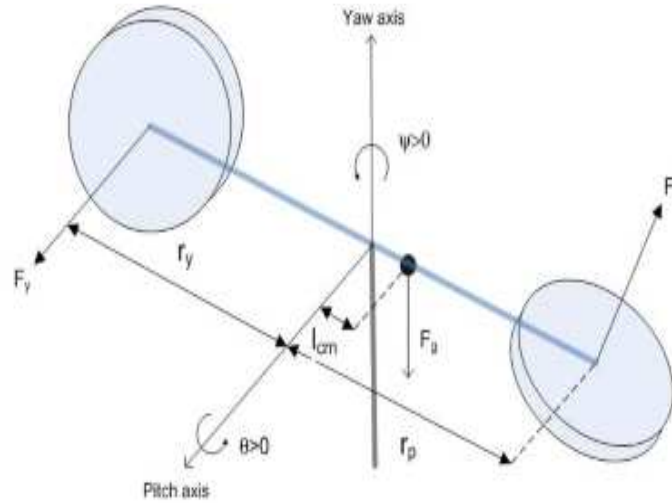


Fig. 2. Dynamics of 2 DOF Helicopter

The Euler Lagrange method is used to derive the nonlinear equations describing the motions of the helicopter. The potential energy due to gravity is

$$V = m_{heli} g l_{cm} \sin \theta \tag{1}$$

The total kinetic energy is

$$T = T_{r,p} + T_{r,y} + T_t \tag{2}$$

From the Eq. (2) is the sum of the rotational kinetic energies acting from the pitch,  $T_{r,p}$ , and from the yaw,  $T_{r,y}$ , along with the translational kinetic energy generated by the center of mass,  $T_t$ .

The potential and kinetic energy expressed here are used to derive the equations of motions. Nonlinear equation of motion for the 2 DOF Helicopter, the Euler-Lagrange equations are

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_1} - \frac{\partial L}{\partial q_1} &= Q_1 \\ \frac{\partial}{\partial t} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_2} - \frac{\partial L}{\partial q_2} &= Q_2 \end{aligned} \tag{3}$$

Where L is the Lagrange variable and is the difference between the kinetic and potential energy of the system,

$$L = T - V.$$

The generalized coordinates are

$$\begin{aligned} q &= [ q_1 \ q_2 \ q_3 \ q_4 ]^T \\ &= [ \theta \ \varphi \ \dot{\theta} \ \dot{\varphi} ]^T \end{aligned} \tag{4}$$

And the generalized forces are

$$\begin{aligned} Q_1 &= \tau_p(V_{m,p}, V_{m,y}) - B_p \dot{\theta} \\ Q_2 &= \tau_y(V_{m,p}, V_{m,y}) - B_y \dot{\varphi} \end{aligned} \tag{5}$$

Equation (5) includes the viscous rotary friction acting about the pitch and yaw axes,  $B_p$  and  $B_y$ . The torques applied at the pitch and yaw axes are coupled. The torque applied at the pitch and yaw axis from the motors is

$$\begin{aligned} \tau_p(V_{m,p}, V_{m,y}) &= K_{pp} V_{m,p} + K_{py} V_{m,y} \\ \tau_y(V_{m,p}, V_{m,y}) &= K_{yp} V_{m,p} + K_{yy} V_{m,y} \end{aligned} \tag{6}$$

Where  $V_{m,p}$  is the input pitch motor voltage and  $V_{m,y}$  is the input yaw motor voltage. The torques acting on the pitch and yaw axes are coupled. The torque constants used in the equation (6) are

$$\begin{aligned} K_{pp} &= K_{f,p}r_p \\ K_{yy} &= K_{f,y}r_y \\ K_{py} &= \frac{K_{t,y}}{R_{m,y}} \\ K_{yp} &= \frac{K_{t,p}}{R_{m,p}} \end{aligned} \quad (7)$$

Where  $K_{f,p}$  and  $K_{f,y}$  are the thrust force constants of the pitch and yaw motor/propeller actuators found experimentally,  $K_{t,p}$  and  $K_{t,y}$  are the current torque constants of the pitch and yaw motors, and  $R_{m,p}$ ,  $R_{m,y}$  are the electrical resistances of the pitch and yaw motors.

Thus the main torque generated by the pitch motor on the pitch axis is  $\tau_{pp} = K_{pp}V_{m,p}$  and, similarly, the main torque acting on the yaw axis is  $\tau_{yy} = K_{yy}V_{m,y}$ . The torque generated by the yaw motor that acts on the pitch axis is  $\tau_{py} = K_{py}V_{m,y}$ . Likewise, the pitch motor generates a rotary force about the yaw axis  $\tau_{yp} = K_{yp}V_{m,p}$ .

Evaluating the Euler–Lagrange expressions in equation (3) using the coordinates defined in (4) and the forces in (5) results in the nonlinear equation of motion.

$$\begin{aligned} (J_{eq,p} + m_{heli}l_{cm}^2)\ddot{\theta} &= K_{pp}V_{m,p} + K_{py}V_{m,y} - m_{heli}gl_{cm} \cos \theta - B_p\dot{\theta} - m_{heli}l_{cm}^2 \sin \theta \dot{\theta} \cos \theta \dot{\phi}^2 \\ (J_{eq,p} + m_{heli}l_{cm}^2 \cos \theta^2)\ddot{\phi} &= K_{yy}V_{m,y} + K_{yp}V_{m,p} - B_y\dot{\phi} + 2m_{heli}l_{cm}^2 \sin \theta \cos \theta \dot{\phi} \dot{\theta} \end{aligned} \quad (8)$$

The equivalent moment of inertia about the center of mass in equation (8) equals

$$\begin{aligned} J_{eq,p} &= J_{m,p} + J_{body,p} + J_p + J_y \\ J_{eq,y} &= J_{m,y} + J_{body,y} + J_p + J_y + J_{shaft} \end{aligned} \quad (9)$$

Where  $J_{m,p}$  and  $J_{m,y}$  are the moment of inertias of the motor rotor given in the specifications and

$$\begin{aligned} J_{body,p} &= \frac{m_{body,p}L_{body}^2}{12} \\ J_{body,y} &= \frac{m_{body,y}L_{body}^2}{12} \\ J_{shaft} &= \frac{m_{shaft}L_{shaft}^2}{3} \\ J_p &= (m_{m,p} + m_{shield})r_p^2 \\ J_y &= (m_{m,y} + m_{shield})r_y^2 \end{aligned} \quad (10)$$

The equations of motion can be packaged in the matrix form

$$D(q)\ddot{q} + C(q, \dot{q})\dot{q} + g(q) = \tau \quad (11)$$

With the inertia, damping, gravitational, and applied torque matrices

$$\begin{aligned} D(q) &= \begin{bmatrix} J_{eq,p} + m_{heli}l_{cm}^2 & 0 \\ 0 & J_{eq,y} + m_{heli}l_{cm}^2 \sin \theta \cos \theta^2 \end{bmatrix} \\ C(q, \dot{q}) &= \begin{bmatrix} B_p & m_{heli}l_{cm}^2 \sin \theta \cos \theta \dot{\phi} \\ -2m_{heli}l_{cm}^2 \sin \theta \cos \theta \dot{\theta} & B_y \end{bmatrix} \\ g(q) &= \begin{bmatrix} m_{heli}gl_{cm} \cos \theta \\ 0 \end{bmatrix} \\ \tau &= \begin{bmatrix} K_{pp}V_{m,p} + K_{py}V_{m,y} \\ K_{yp}V_{m,p} + K_{yy}V_{m,y} \end{bmatrix} \end{aligned}$$

**NON-LINEAR MODEL PREDICTIVE CONTROL**

The non-linear model of the 2DOF helicopter model is obtained from Euler-Lagrange method. The input variables are the voltages of main rotor and tail rotor and the output variables are the pitch angle and yaw angle. The plant has two channels and there is an interaction between these channels. In order to reveal in full the plant behavior the system should be considered as multivariable. The obtained non-linear equation form Eq. 8 are

$$\begin{aligned} \dot{\theta} &= 2.361\theta V_{m,p} + 0.0787\theta V_{m,y} - 29.2985\sin\theta - 9.26\theta - 0.555\dot{\varphi}^2\cos2\theta \\ \dot{\varphi} &= 2.361V_{m,p} + 0.0787V_{m,y} - 29.2985\cos\theta - 9.26\dot{\theta} - 0.555\dot{\varphi}^2\sin\theta\cos\theta \\ \ddot{\theta} &= \frac{1}{0.0432 + 0.04733\cos^2\theta} [0.072\varphi V_{m,y} + 0.0219\varphi V_{m,p} - 0.318\varphi^2 + 0.0958\sin\theta\cos\theta\dot{\varphi}] \\ \ddot{\varphi} &= \frac{1}{0.0432 + 0.04733\cos^2\theta} [0.072V_{m,y} + 0.0219V_{m,p} - 0.318\varphi + 0.0958\sin\theta\cos\theta\dot{\varphi}] \end{aligned}$$

**TABLE 2. Parameters used in non-linear equation**

<i>Symbol</i>	<i>Description</i>
$\theta, \varphi$	<i>Pitch and Yaw angle</i>
$\dot{\theta}, \dot{\varphi}$	<i>Vertical and horizontal angular velocity</i>
$J_{eq,p}, J_{eq,y}$	<i>Equivalent moment of inertia of pitch and yaw</i>
$B_{eq,p}, B_{eq,y}$	<i>Equivalent viscous damping of pitch and yaw</i>
$K_{pp}, K_{py}$	<i>Thrust torque constant acting on pitch/yaw axis from yaw/pitch</i>
$V_{m,p}, V_{m,y}$	<i>Control voltages of pitch and yaw motor</i>
$m_{heli}$	<i>Total moving mass of helicopter</i>
$l_{cm}$	<i>Length oh helicopter</i>

**MODEL PREDICTIVE CONTROL**

MPC is an optimal control strategy based on numerical optimization. Further control inputs and further plant response are predicted using a system model and optimized at regular intervals with respect to a performance index. Despite being very simple to design and implement, MPC algorithms can control large scale systems with many control variables and most importantly MPC provides a systematic method of dealing with constraints on inputs and states. In MPC these constraints are accounted for explicitly by solving a constrained optimization problem in real time to determine the optimal predicted inputs. Nonlinear plant dynamics cab be similarly incorporated in the prediction model [4].

The MPC approach can be explained in the following steps:

- Step 1: The system output is predicted over a prediction horizon  $N_p$
- Step 2: A set of future control signals,  $\bar{u}$  are choosen, over a control horizon  $N_c$ , which minimizes the future errors between the predicted output and the desired output.
- Step 3: Use the first element of  $\bar{u}$  as current input, repeat all the steps at the next time-sample

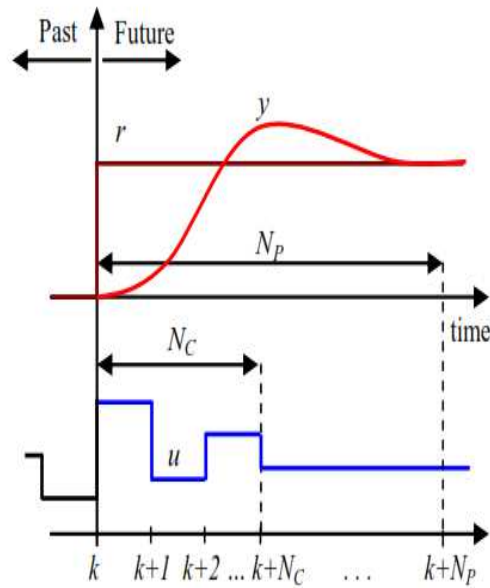


Fig. 3. The model predictive approach

The MPC calculation is based on current measurements and predictions of the future values of the outputs. The objective of the MPC control calculations is to determine a sequence of control moves( that is, manipulated input changes) so that the predicted response move to the set point in an optimal manner. The general block diagram of MPC is shown in the Fig. 4.

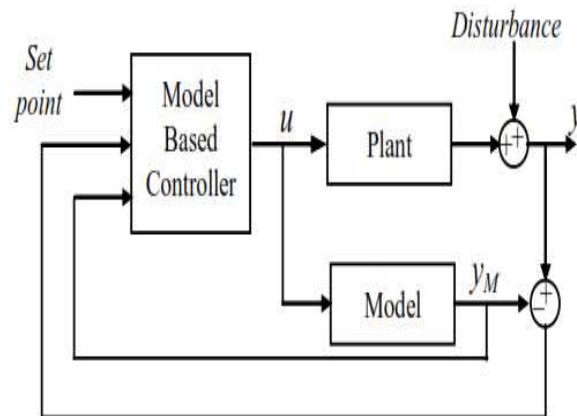
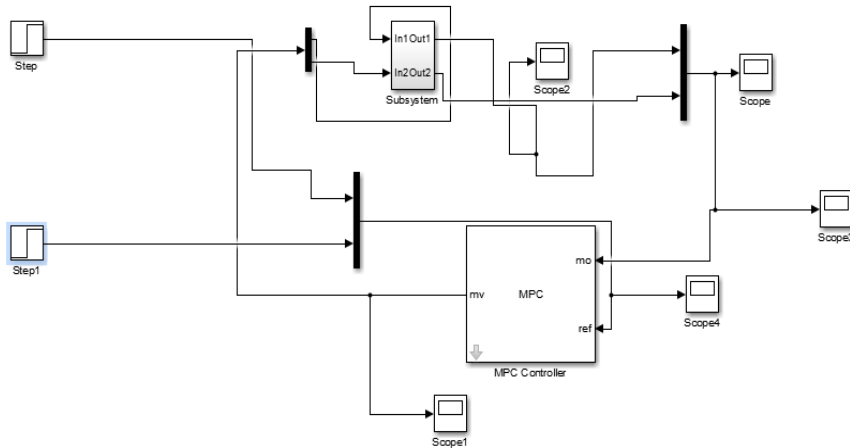


Fig. 4. Basic block diagram of MPC

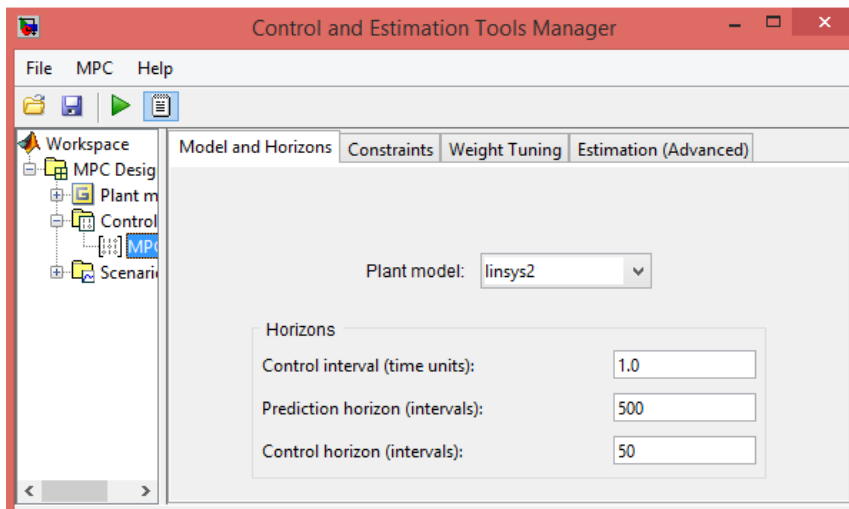
**SIMULATION RESULTS**

An accurate mathematical model of the TRMS has been formulated. Based on this mathematical model a reference model of MPC is developed. MPC is used to achieve robust performance and stability in the presence of bounded modelling errors. Even though the uncertainties, disturbance and measured noises exist, the MPC does the job of i) To maintain system stability ii) To reduce the effect of disturbance and noise in the real control system. The control scheme of 2-DOF helicopter model is implemented using MPC controller is shown in the Fig. 5. The plant model is imported to the MPC controller in MPC tool box. The control interval of MPC is 0.1. The prediction and control horizon of MPC is respectively 500 and 50. Input and output constraint of the helicopter model is also updated to MPC controller.



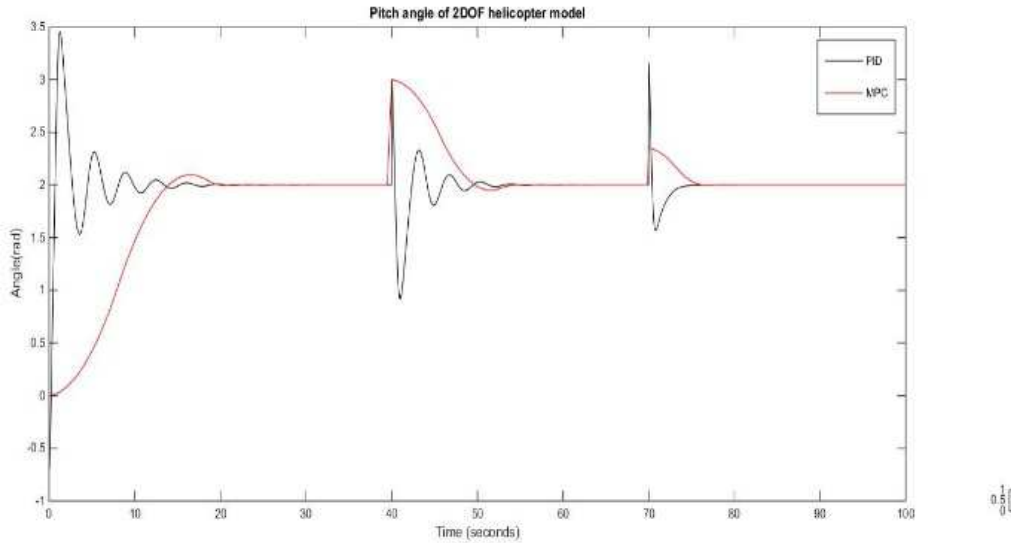
**Fig. 5. Simulation model**

From the non-linear equation of 2DOF helicopter, the non-linear model is implemented in MATLAB simulation model. The non-linear plant model is shown in the Fig. 6 MPC tool box is shown in the Fig.7. AT first the plant model is loaded in the MPC toolbox and a suitable controller is designed by varying the weight of the MPC Controller till the desired output is obtained.



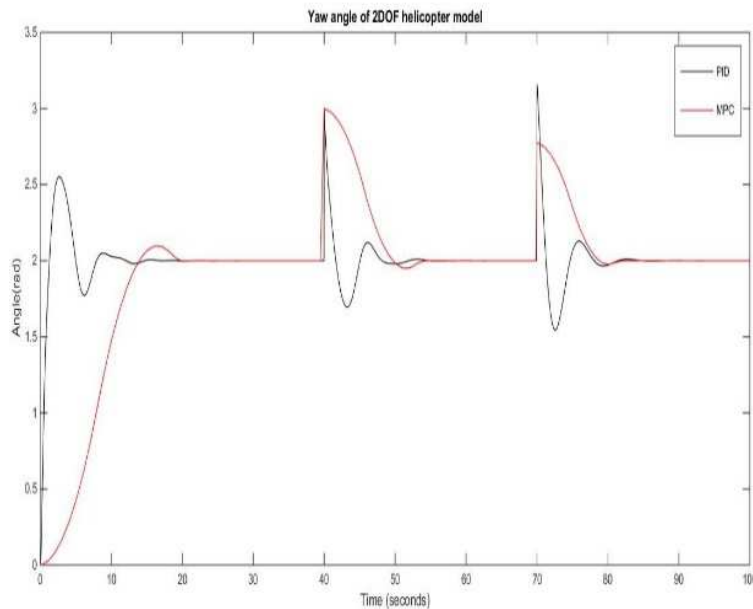
**Fig. 7. MPC toolbox**

The performance of PID and MPC controller is compared in the presence of disturbance, Fig. 8 represent the waveform of pitch angle with step and sine as disturbance. A step disturbance along with sine disturbance is introduced into the plant model at 40Sec. and 70 Sec. The response of PID has initial peak overshoot, whereas there is no such peak overshoot in the response of MPC but both the controller have same settling time of 20 Sec. At the time of step disturbance, there is high oscillation in the response of PID compared to the response of MPC controller. Both the response settle within 10 Sec. after the introduction of step disturbance. At 70 Sec. a sine disturbance is introduced into the plant. Due to this disturbance there is a peak overshoot in the response of PID controller but MPC has a less overshoot compared to PID. The settling time is almost same for both the response after the introduction of sine disturbance



**Fig. 8. Output response of pitch angle with step, sine and Sine as disturbance**

The output waveform of yaw angle with step and sine as disturbance is shown in the Fig. 9. There are high initial oscillation in the response of PID controller compared to the response of MPC. The settling time of the response of MPC is 20 Sec. whereas the response of PID take 18 Sec. to settle. A step disturbance in applied to the plant at 40 Sec. due to this disturbance there is oscillation in the response of both PID and MPC controller. After 10 Sec. of introduction of the disturbance the response of MPC and PID settles to the desired angle. At the instant of sine disturbance there is a high peak overshoot in the response of PID controller compared to the response of MPC. The response of MPC settles within 8 Sec. after the introduction of disturbance, whereas the response of PID takes almost 12 Sec. to settle to its desired angle. The experiment setup is shown in the Fig. 10.



**Fig. 9. Output response of yaw angle with step and sine noise as disturbance**



**Fig. 10. Experimental setup**

**TABLE 3. Comparing the Performance of PID and MPC With Respect To Pitch Angle**

Disturbance	Controller	Settling Time (Sec)	% overshoot
Step	PID	15	60
	MPC	15	50
Sine	PID	8	65
	MPC	8	20

**TABLE 4. Comparing the Performance of PID and MPC With Respect To Yaw Angle**

<b>Disturbance</b>	<b>Controller</b>	<b>Settling Time (Sec)</b>	<b>% overshoot</b>
<b>Step</b>	<i>PID</i>	15	50
	<i>MPC</i>	15	50
<b>Sine</b>	<i>PID</i>	12	60
	<i>MPC</i>	12	25

## CONCLUSION

As the helicopter have a high non-linearity and strong coupling effect between two axes it is difficult to design a controller. The non-linear equations of 2DOF helicopter is derived using Newton's law of motion. There is a high initial oscillation in the response of PID compared to the response of MPC controller (the percentage peak overshoot in the response of PID is about 160% of its initial value, whereas MPC has a peak overshoot of 105% of its initial value) and there is also a high oscillation in the response of PID compared the response of MPC at the time of disturbance. Moreover MPC provide a smooth control compared to PID controller. Hence MPC controller provide a better control compared to PID controller.

## ACKNOWLEDGMENT

One of the authors of this paper (P.S. Manoharan) acknowledges Science and Engineering Research Board, Department of Science and Technology (DST), India for sanctioning the funding under Fast Track Young Scientist Scheme, vide sanction number SERB/F/2056/11-12 dated 15.02.2012.

## REFERENCES

- [1] J.G.Juang, M.T.Huang, and W.K.Liu "PID Control Using Presearched Genetic Algorithm for a MIMO System", IEEE Transactions on systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, vol.38, no. 5, pp. 716-727, 2008.
- [2] Li, Haisheng, and Jianming Zhang. "Improved PID design using new state space predictive functional control optimization based structure." *Chemometrics and intelligent Laboratory Systems* pp. 95-102, 2016.
- [3] K.V. Ling, B.F. Wu and J.M. Maciejowski "Embedded Model Predictive Control (MPC) using a FPGA" 17th IFAC World Congress (IFAC'08) Seoul, Korea, July 6-11, 2008.
- [4] Jinafu Du, Konstantin Kondak, Markus Bernard "Model Predictive Control for a Small Scale Unmanned Helicopter" *International Journal of Advanced Robotic Systems*, vol. 5, no. 4, pp.433-438, 2008.
- [5] Quanser 2 DOF Helicopter user and control manual, Quanser, Canada, 2012.
- [6] Zhao, Dang-Jun, and De-Gui Yang. "Model-free control of quad-rotor vehicle via finite-time convergent extended state observer." *International Journal of Control, Automation and Systems* 14.1 pp 242-254, 2016.
- [7] M.Mahfouz, M. Ashry, and G. Elnashar "Design and control of quad-rotor helicopters based on adaptive neuro-fuzzy inference system." *International Journal of Engineering Research and Technology*, vol. 2, no. 12, pp.479-485, 2013.
- [8] Jia Li, Xumlong Li, and Min-Sen Chiu "The identification of neuro-fuzzy based MIMO Hammerstein model with separable input signals." *Neurocomputing* 174, pp.530-541, 2016.
- [9] A.P.S.Ramalakshmi, and P.S. Manoharan. "Non-linear modeling and PID control of twin rotor MIMO system." *IEEE International Conference on Advanced Communication Control and Computing Technologies (ICACCCT)*, pp. 366-369, 2012.

## Pétrographie des muddy sandstones ferrugineux du Miocène de Bingerville

### [ Petrography of muddy sandstones ferruginous of Bingerville's Miocene ]

*Assalé Fori Yao Paul and Aka Kouamé*

Université Félix Houphouët Boigny, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources, Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** The petrography of Miocene ferruginous muddy sandstones of Bingerville permitted to understand the transformation of muddy sands to muddy sandstones. The muddy sands lithification starts during the rainy seasons which distribute the iron hydroxides in the kaolin of muddy sands. During the evaporation of pore waters during the arid seasons, the iron hydroxides lose their water. These hydroxides are transformed into iron oxides supporting the transformation of muddy sands to muddy sandstones thanks to ferruginous cement. This cement derives from the total oxidation of the ochreous matrix. This matrix is a mixture of kaolinite and iron oxides. These muddy sandstones are quartz wackes with ferruginous cement. There are always nano-vacuums between the grains of quartz and ferruginous cement which surrounds them. These nano-vacuums are the spaces left after the evaporation of pore waters which surrounded the grains of quartz. Quartz of quartz wackes are transformed into iron oxides through their weakness zones. That is supported by the lot of iron oxides in the sedimentation environment. The muddy sands lithification of Miocene took place at Holocene thanks to their exposure in subaerial environment and/or aerial.

**KEYWORDS:** petrography, quartz wackes, ferruginous cement and nano-vacuums.

**RESUME:** La pétrographie des muddy sandstones ferrugineux du Miocène de Bingerville a permis de comprendre l'évolution de la grésification des sables argileux en muddy sandstones. La grésification commence pendant les saisons des pluies qui distribuent les hydroxydes de fer dans les argiles kaoliniques des sables argileux. Lors de l'évaporation des eaux interstitielles, pendant les saisons sèches, les hydroxydes de fer perdent leurs eaux. Ces hydroxydes se transforment en oxydes de fer favorisant ainsi la lithification des sables silto-argileux en muddy sandstones grâce au ciment ferrugineux. Ce ciment dérive de l'oxydation totale de la matrice ocreuse. Cette matrice est un mélange de kaolinite et d'oxydes de fer. Ces muddy sandstones sont des quartz wackes à ciment ferrugineux. Il existe toujours des nano-vides entre les grains de quartz et le ciment ferrugineux qui les entoure. Ces nano-vides sont les espaces laissés après l'évaporation des eaux interstitielles qui entouraient les grains de quartz. Certains quartz des quartz wackes se transforment en oxydes de fer à travers leurs zones de faiblesse. Cela est favorisé par la forte concentration d'oxydes de fer dans le milieu de sédimentation. La grésification des sables silto-argileux du Miocène s'est déroulée à l'Holocène grâce à leur exposition en milieu subaérien et/ou aérien.

**MOTS-CLEFS:** pétrographie, quartz wackes, ciment ferrugineux et nano-vides.

## **1 INTRODUCTION**

### **1.1 DÉFINITION ET OBJECTIFS**

Les muddy sandstones ferrugineux du Miocène de Bingerville sont des grès issus de la lithification des sables silto-argileux grâce à un ciment ferrugineux. Les parties sableuse et silteuse sont constituées de quartz et la partie argileuse de kaolins. On parle également de grès argileux à ciment ferrugineux. Ces grès sont intercalés entre les kaolins bariolés du Miocène [1].

L'objectif principal de cette étude est de comprendre l'évolution de la transformation des sables silto-argileux du Miocène de Bingerville en muddy sandstones ferrugineux. Les objectifs spécifiques attachés à l'objectif principal sont :

- déterminer la minéralogie des muddy sandstones ferrugineux ;
- comprendre l'influence de la ferruginisation sur les quartz ;
- caractériser les différentes phases par contraste atomique que présentent ces muddy sandstones au Microscope Électronique à Balayage.

### **1.2 CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET GÉOGRAPHIQUE DE BINGERVILLE**

Bingerville est une ville du Sud de la Côte d'Ivoire, située dans la région des lagunes. Elle a pour coordonnées géographiques 05°35'N et 3°89'W et elle couvre une superficie de 664 km<sup>2</sup>. Cette ville est constituée par des hauts-plateaux dominant les dépôts quaternaires.

La région de Bingerville se trouve dans le bassin sédimentaire émergé plus précisément au Nord de la faille des lagunes. Elle est constituée par des formations de l'Oligocène, du Miocène et du Plio-pléistocène qui affleurent dans des carrières [1]. C'est dans l'une de ces carrières que la présente étude a été effectuée (Fig. 1). Les formations typiquement quaternaires recouvrent le plus souvent les formations anciennes.

Du point de vue stratigraphique, l'Oligocène est constitué d'argile gris clair à gris sombre à intercalations de sables fins caractérisant des varves. L'environnement de dépôt est de type lacustre. Le Miocène définit un environnement fluvial. Il est composé de kaolins bariolés comportant des paléo-chenaux à sables silto-argileux. Les sables silto-argileux sont grésifiés par endroit formant des muddy sandstones ferrugineux depuis l'Holocène (Fig. 2). Le Plio-pléistocène caractérise des dépôts fluviaux qui sont constitués de sables quartzeux à colorations diverses. Le quaternaire est composé de sables argileux et d'argiles sableuses rubéfiés. Il constitue la terre de barre et caractérise un milieu continental très oxydé [1]. Depuis l'Holocène, toutes les formations qui ont affleuré ont commencé à s'oxyder.

## **2 MATÉRIEL ET MÉTHODES**

### **2.1 MÉTHODOLOGIE DE TERRAIN**

Elle consiste à observer l'évolution de la grésification des sables silto-argileux du Miocène pendant les saisons des pluies et les saisons sèches ivoiriennes. Ces saisons sont constituées de : une grande saison sèche (Décembre à Avril), une grande saison des pluies (Mai à Juillet), une petite saison sèche (Août à Septembre) et une petite saison des pluies (Octobre à Novembre). Pendant ces saisons, on note les différentes couleurs que présentent ces sables silto-argileux.

### **2.2 MÉTHODOLOGIE DE LABORATOIRE**

Cette méthodologie consiste à confectionner deux lames minces pétrographiques de 30 microns chacune. L'une des lames est couverte et l'autre non couverte. La lame couverte est analysée au microscope polarisant muni d'une caméra. Les caractéristiques recherchées sont les suivantes :

- la composition minéralogique : consiste à donner par ordre d'abondance les différents minéraux identifiés dans les muddy sandstones ;
- la taille des grains : les très fins (0,063-0,125mm), les fins (0,125-0,250mm), les moyens (0,250-0,500mm), les grossiers (0,5-1mm) et les très grossiers (1-2mm) ;
- le granoclassement : il s'agira d'indiquer s'il y a présence ou non d'un granoclassement dans la roche ;
- le ciment : définir la nature du ciment ;
- le type de porosité : intergranulaire ou intragranulaire. On fera une estimation visuelle de la porosité ;

- le framework : c'est le rapport entre les particules de taille supérieure à 1/16mm (63µm) et les particules primaires (matrice) qui remplissent les pores dont la taille est inférieure à 1/16mm. Le ciment est exempté [2];
- le sorting (classement) : quatre (4) type de classement [3] sont connus à savoir très bien classé (<0,35), bien classé (0,35-0,5), modérément classé (0,5-0,71) et pauvrement classé (1-2) ;
- l'arrondi et la sphéricité : la détermination de ces caractères se fera à l'aide de la charte visuelle de ([4] in [5]) ;
- la maturité : c'est la comparaison d'un sédiment ponctuel avec son équivalent dont il dérive. Il existe deux (2) types de maturité qui sont la maturité minéralogique ou compositionnelle et la maturité textural [3]. La maturité minéralogique est fonction de la présence des composés ultrastables (minéraux lourds), stables et instables dans la roche : zircon, tourmaline (ultrastable), quartz, chert (stable) et feldspath, fragments de roches (instables). Plus la roche est stable, plus elle est composée de minéraux stables. Quant à la maturité texturale, elle dépend de la quantité du liant, du classement et de l'arrondi des grains de sable ;
- le type de grès : la classification utilisée pour caractériser les grès est celle préconisée par ([6] in [3]).

En ce qui concerne la lame non couverte, on fait une rétrodiffusée au microscope électronique à balayage de type FEG Supra 40 VP de Zeiss équipé d'un spectromètre à diffusion d'énergie (MEB-EDS). Elle permet de connaître les différentes phases des grès et la minéralogie semi-quantitative de ces phases.

Pour la confection de lames minces pétrographiques, il s'agit d'abord de réduire les blocs de roches en des sucres de dimension 25\*35mm à l'aide d'une tronçonneuse débitrice CARELA 2000.

Ensuite, les sucres de roches sont polis à l'aide d'une polisseuse manuelle ESC 300GT puis déposés dans une moule de diamètre 3 cm contenant de la résine bleutée. Cette résine a pour rôle d'occuper les différents pores que présentent les roches. L'ensemble moules-sucres de roches est imprégné à l'aide de l'appareil d'imprégnation sous vide LI 240. Après séchage à l'air libre, les sucres de roches sont retirés des moules. Cela donne des sucres moulés qui sont à nouveau polis puis séchés sur une platine chauffante.

En outre, ces sucres sont collés sur des lames préalablement polies à l'aide de l'adhésif Loctite 358. Les lames sont polymérisées aux ultra-violet pendant 5min.

Enfin, les sucres de roches collés aux lames sont réduits jusqu'à 30 microns.

Pour l'étude au microscope polarisant, une lamelle est collée sur la lame. Ce qui donne une lame couverte. Toutes ces analyses ont été effectuées au Centre d'Analyses et de Recherche de la PETROCI (Société des Opérations Pétrolières de Côte d'Ivoire).

### 3 RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

#### 3.1 ÉVOLUTION DE LA GRÉSIFICATION DES SABLES SILTO-ARGILEUX

La grésification débute pendant les saisons des pluies qui distribuent de manière aléatoire les hydroxydes de fer (la goethite et la limonite) dans les sables silto-argileux. La partie argileuse qui est constituée de kaolinite s'imbibe d'eau d'infiltration riche en hydroxydes de fer. Les sables silto-argileux qui étaient préalablement blancs prennent alors diverses colorations qui sont le jaune ocre, le jaune orangé, le jaune brun et le rose (Fig. 3). La couleur jaune ocre traduit un mélange de kaolinite et de goethite tandis que le jaune orangé et le jaune brun montrent un mélange de kaolinite et de limonite. La couleur rose suggère une altération des feldspaths.

Pendant les saisons sèches, les hydroxydes de fer perdent les eaux sous l'effet de la température atmosphérique et se transforment en oxydes de fer (hématites). Les sables silto-argileux étant riches en ciment ferrugineux se consolident alors pour former des muddy sandstones ferrugineux. La couleur de ces muddy sandstones varie du rouge ocre au noir en fonction du degré d'oxydation (Fig. 4). La couleur rouge ocre suggère un mélange de kaolinite et d'hématite. La couleur noire traduit l'étape ultime de l'oxydation. Dans ce cas, toute la kaolinite s'oxyde. Cette grésification ne se déroule uniquement que sur les sédiments affleurés.

#### 3.2 PETROGRAPHIE SEDIMENTAIRE D'UN MUDDY SANDSTONE FERRUGINEUX (BIN 1)

La description macroscopique du muddy sandstone Bin 1 après l'avoir réduire avec la tronçonneuse débitrice CARELA 2000 montre un granoclassement positif répétitif (Fig. 5). Ce granoclassement est constitué de grains grossiers à très grossiers et de grains fins à moyens qui alternent. Ce muddy sandstone est de coloration rouge sombre et gris clair. Il est extrêmement dur et n'est constitué que de quartz.

La description microscopique au microscope polarisant du muddy sandstone Bin 1 en lumière polarisée non analysée et en lumière polarisée analysée donne ce qui suit (Fig. 6) :

- **Minéralogie** : la minéralogie de ce grès est composée uniquement de quartz xénomorphes de type monocristallins. La plupart des grains de quartz présentent des craquelures dues aux chocs lors du transport.
- **Extinction** : elle est uniforme et ondulante
- **Taille des grains** : deux tailles caractéristiques se distinguent dans ce grès à savoir les grès grossiers à très grossiers et les grès fins à moyens.
- **Granoclassement** : le grès Bin 1 présente un granoclassement qui permet de distinguer facilement les grès grossiers à très grossiers des grès fins à moyens.
- **Ciment** : il est ferrugineux (hématite). Le pourcentage est de 30%.
- **Type de porosité** : très peu poreux. Les pores (intragranulaires et intergranulaires) sont remplis par la résine bleutée et/ou le ciment ferrugineux.
- **Framework** : 70%.
- **Sorting** : deux types de classements sont présents dans ce grès. La partie grossière présente un classement modéré tandis que la partie fine est bien classée.
- **Sphéricité** : élevée.
- **Arrondi des grains** : Les grains grossiers sont sub-anguleux à subarrondis et les fins sub-arrondis à arrondis.
- **Maturité minéralogique** : grès stable.
- **Maturité texturale** : grès immature.
- **Type de grès** : quartz wackes à ciment ferrugineux.

L'extinction ondulante traduit une origine éruptive qui a subi un métamorphisme [7]. Les quartz présents dans les muddy sandstones étudiés proviennent des roches magmatique et métamorphique. Cela est en accord avec les études réalisées par [8] qui a montré que le domaine Baoulé-Mossi du socle précambrien est caractérisé par une présence abondante de roches magmatiques. On retrouve aussi des roches magmatiques qui ont été métamorphisées. Ce domaine en question est situé en amont de la zone d'étude.

### 3.3 RETRODIFFUSEE DU QUARTZ WACKES BIN 1

Cette étude a permis de retenir trois phases essentielles dans ce grès. Il s'agit de la phase quartzeuse (couleur grise), de la phase ferrugineuse (couleur blanche) et de la phase poreuse (couleur noire). La phase quartzeuse est composée de quartz. Sur ces quartz se trouvent des traces de fer, de strontium, de thallium, de potassium et de calcium (Fig. 7 et Tableau 1).

La phase ferrugineuse constitue le ciment ferrugineux (Fig. 8 et Tableau 1). Elle comprend une grande abondance de fer et une présence de silicium, d'aluminium et de phosphore. On rencontre dans cette phase des dissimulations de sodium, de magnésium, de calcium, de strontium, de dysprosium et de cobalt. On y retrouve également par endroit des concentrations de zircon auxquelles sont associés l'or et l'hafnium.

La phase poreuse qui est représentée par la couleur noire est occupée par la résine bleutée.

Les quartz sont entourés par des nano-vides sous formes d'auréoles qui sont bien visibles sur la figure 7C (couleur noire). Ces nano-vides sont les espaces laissées par l'eau interstitielle après leur évaporation dans laquelle baignaient les quartz. Cela montre que dans les quartz wackes à ciment ferrugineux, il existe toujours des vides créés après l'évaporation des eaux interstitielles avant l'oxydation finale du ciment ou de la matrice ocreuse. Les quartz présentent souvent des craquelures, des cavités intragranulaires et des corrosions. Lorsque ces traces mécaniques sont occupées par le fer, alors les quartz s'oxydent.

La Figure 9 illustre un quartz très oxydé. Sa composition en pourcentage d'oxyde est donnée dans le tableau 2. On remarque un pourcentage très élevé de fer par rapport au silicium dans le quartz oxydé et une proportion non négligeable d'aluminium. L'oxydation du quartz se déroule dans les zones de faiblesses (cavités intragranulaires, craquelures, zones corrosives) laissées par le quartz lors de son transport et de sa dissolution par les solutions pour donner des oxydes de fer qui seront à la longue une partie intégrante du ciment ferrugineux. Cette oxydation du quartz n'est possible qu'en présence d'une forte concentration d'oxydes de fer.

## 4 DISCUSSION

Avant la ferruginisation, un grès peut avoir au départ un framework 70% ou 80% ou même 90%. Après la ferruginisation, le framework peut passer à 100% lorsque toute la matrice s'oxyde pour donner du ciment ferrugineux. Une attention particulière doit donc être portée sur les sédiments non encore grésifiés afin de mieux caractériser le framework.

Il existe une évolution entre les arkoses et les quartz wacks. Les arkoses qui contiennent plus de 25% de feldspaths peuvent être appelées des quartz wacks lorsque ces feldspaths s'altèrent en kaolinites. L'oxydation des kaolinites transforme la matrice argileuse en ciment ferrugineux. On obtient alors des quartz wacks ferrugineux.

Les quartz wacks étudiés dérivent d'anciennes arkoses dont tous les feldspaths se sont altérés en kaolinites. C'est ce qui explique la coloration rose identifiée dans les sédiments.

## 5 TABLEAUX ET FIGURES

### 5.1 TABLEAUX

*Tableau 1 : Minéralogie semi-quantitative du quartz wacke Bin1*

Phases	Code	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	FeO	SrO	Ti <sub>2</sub> O	Dy <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CoO	ZrO <sub>2</sub>	HfO <sub>2</sub>	Au <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Quartzeuse	A	0	0	0	98,13	0	0	0	0,71	1,15	0	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	97,60	0	0,11	0,14	0,93	0,94	0,27	0	0	0	0	0
	C	0	0	0	98,56	0	0	0	0,72	0,72	0	0	0	0	0	0
	D	0	0	0	99,57	0	0	0	0,43	0	0	0	0	0	0	0
Ferrugineuse	A	0	0	4,50	2,95	3,82	0	0	86,29	0,54	0	1,90	0	0	0	0
	B	1,08	0,77	9,08	13,65	2,43	0	0,59	71,84	0	0	0	0,41	0	0	0
	C	0	0	0	32,76	0	0	0	1,50	0	0	0	0	62,95	1,18	1,61
	D	0	0	6,12	3,62	3,64	0	0	84,10	0	0	2,53	0	0	0	0

*Tableau 2 : Minéralogie semi-quantitative d'un quartz oxydé du quartz wacke Bin 1*

Echantillon	Na <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	FeO	Total
spectrum 1	0,64	13,93	24,69	0,57	0,59	0,3	0,8	58,5	100

5.2 FIGURES

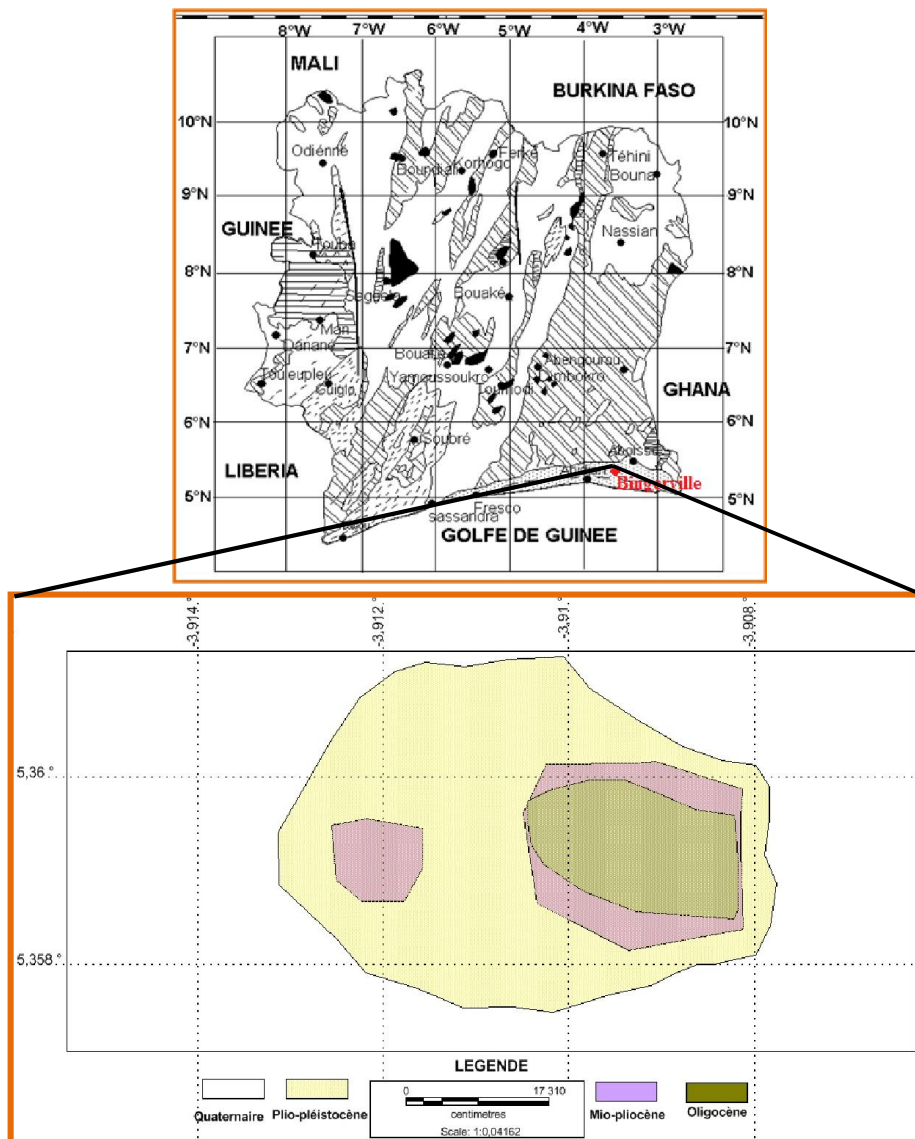
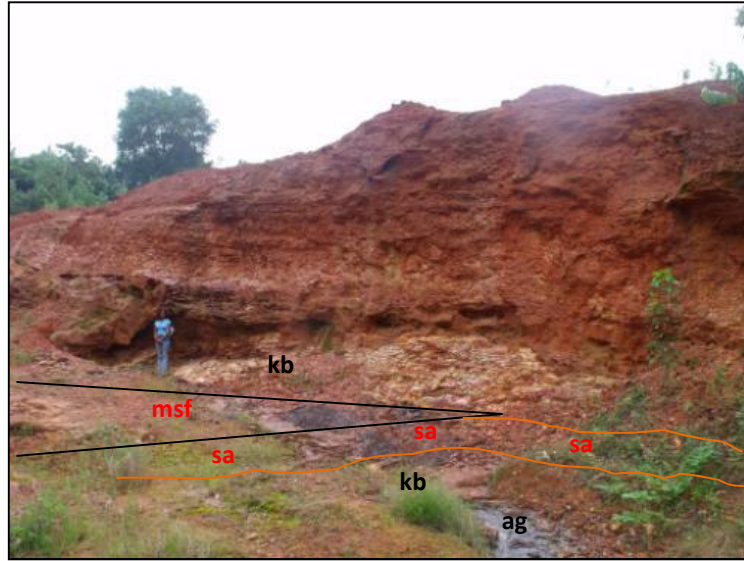


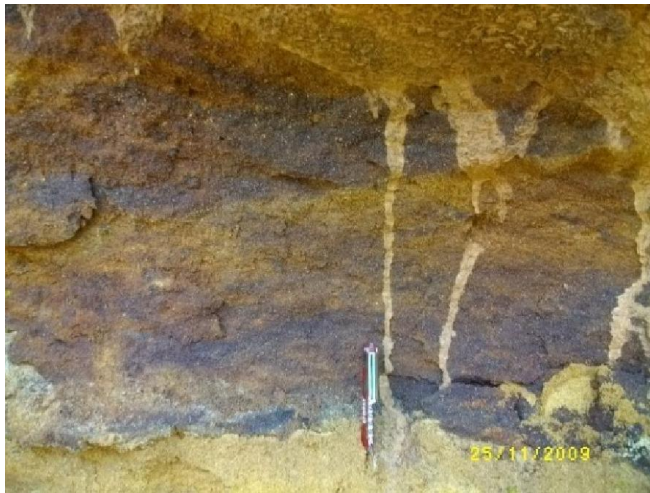
Fig. 1. Localisation de la carrière d'étude



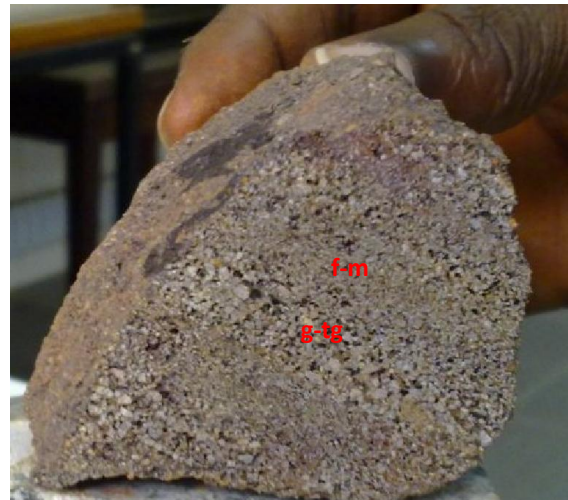
**Fig. 2.** Sables silto-argileux en partie grésifiés intercalés dans les kaolins bariolés (kb : kaolins bariolés ; msf : muddy sandstones ferrugineux en biseau ; sa : sables silto-argileux non grésifiés en chenal ; ag : argile gris clair à gris sombre



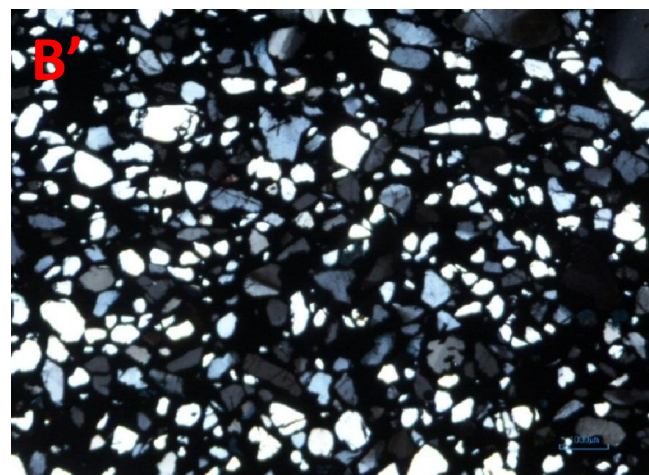
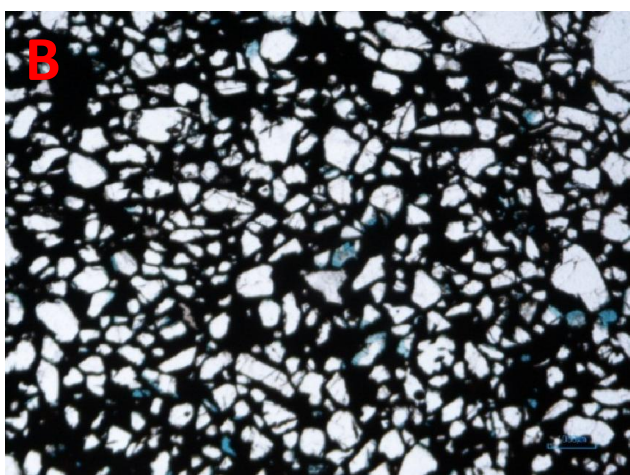
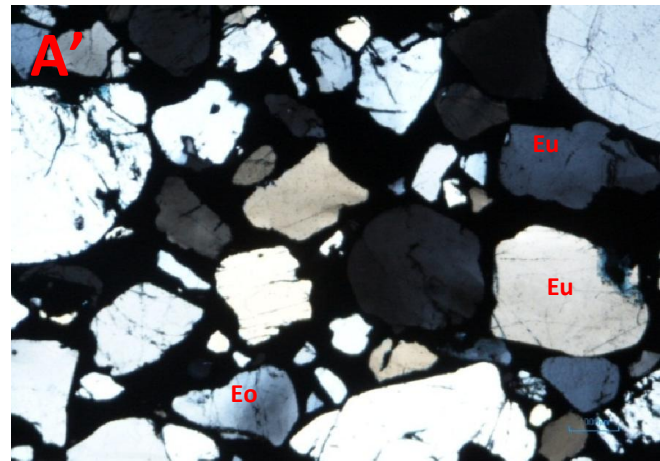
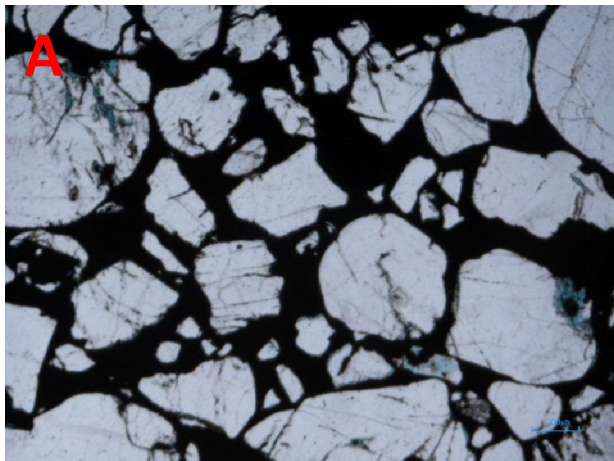
**Fig. 3.** Diverses colorations des sables silto-argileux. A : sables silto-argileux jaune ocre ; B : sables silto-argileux jaune orangé ; C : sables silto-argileux humidifiés jaune orangé à lamine de couleur jaune brun (ljb)



*Fig. 4. Sables silto-argileux jaune ocre se transformant en muddy sandstones ferrugineux*



*Fig. 5. Alternance de granoclassement positif du muddy sandstone ferrugineux Bin 1 (f-m : fin à moyen et g-tg : grossier à très grossier)*



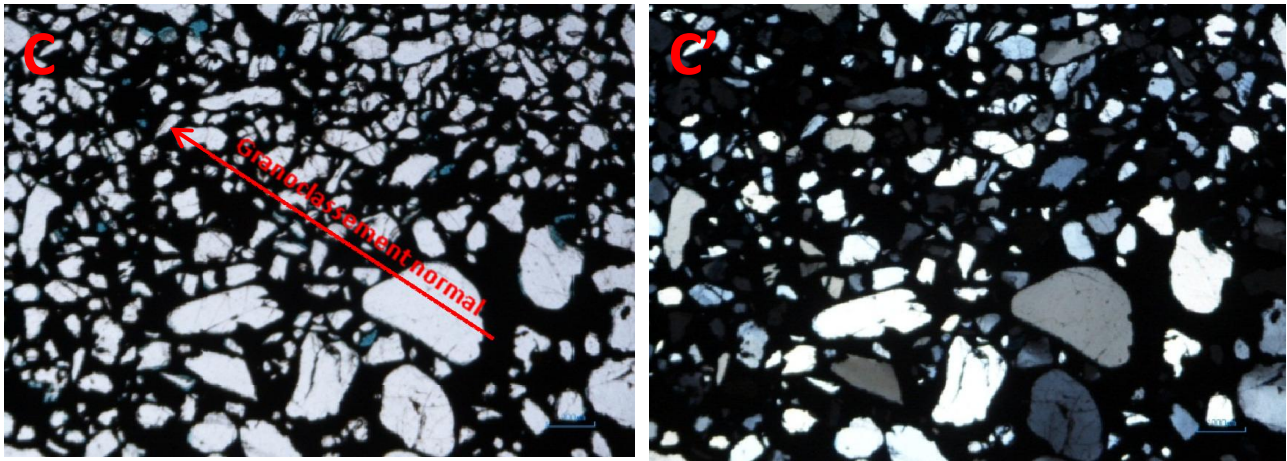
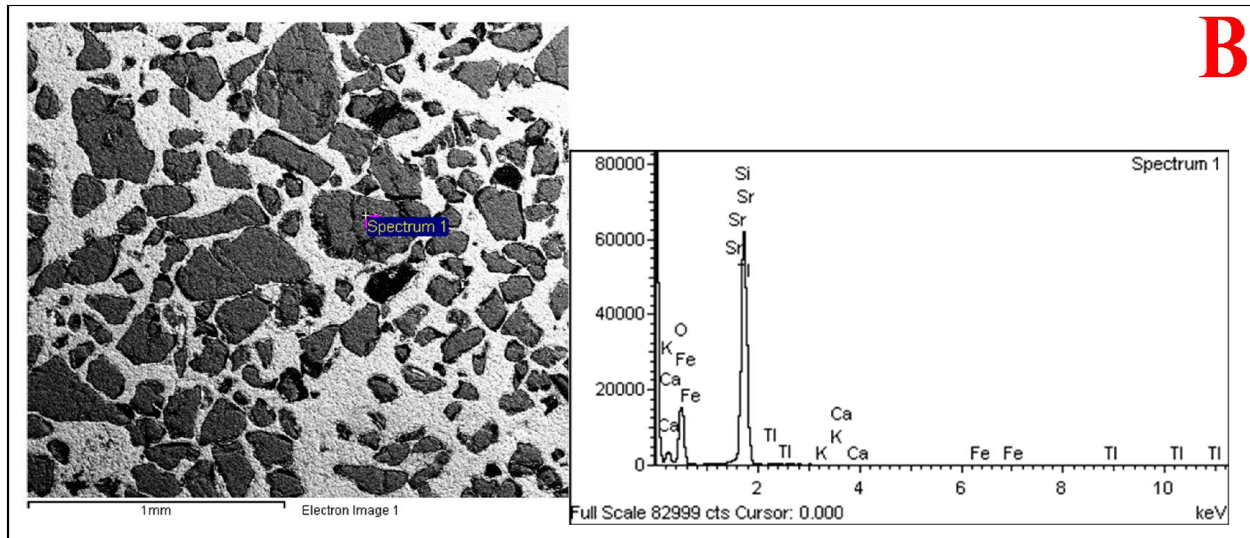
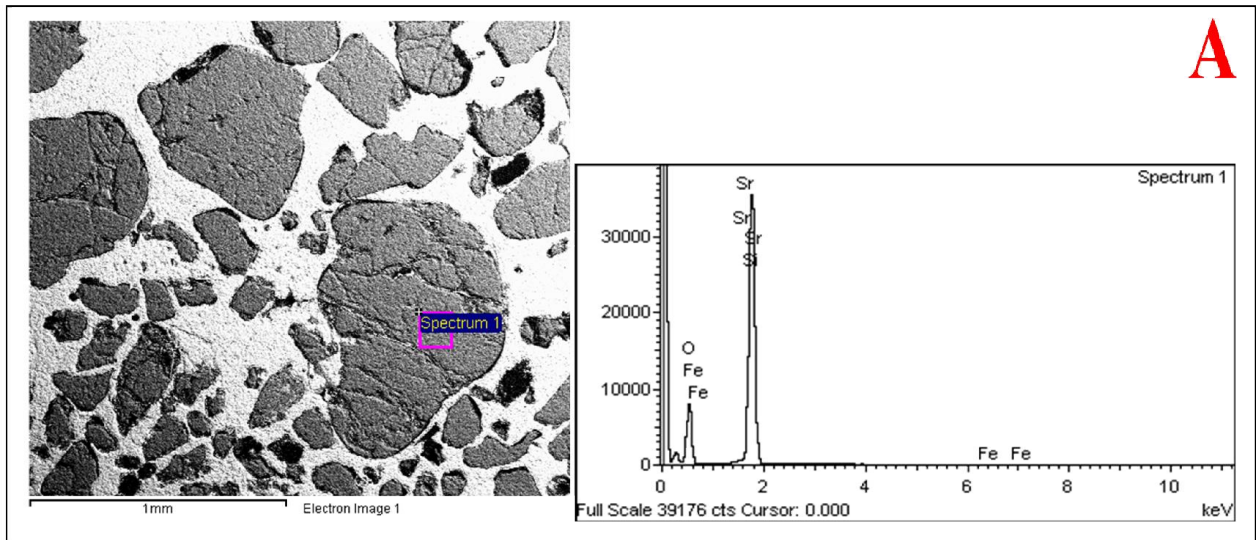


Fig. 6. Quartz wackes Bin 1 de Bingerville (GX40). A et A' : quartz wackes grossiers à très grossiers (Eu : extinction uniforme et Eo : extinction ondulante). B et B' : quartz wackes fins à moyens. C et C' : quartz wackes montrant le grain-classement. (A, B et C : lumière polarisée non analysée et A', B' et C' : lumière polarisée analysée).



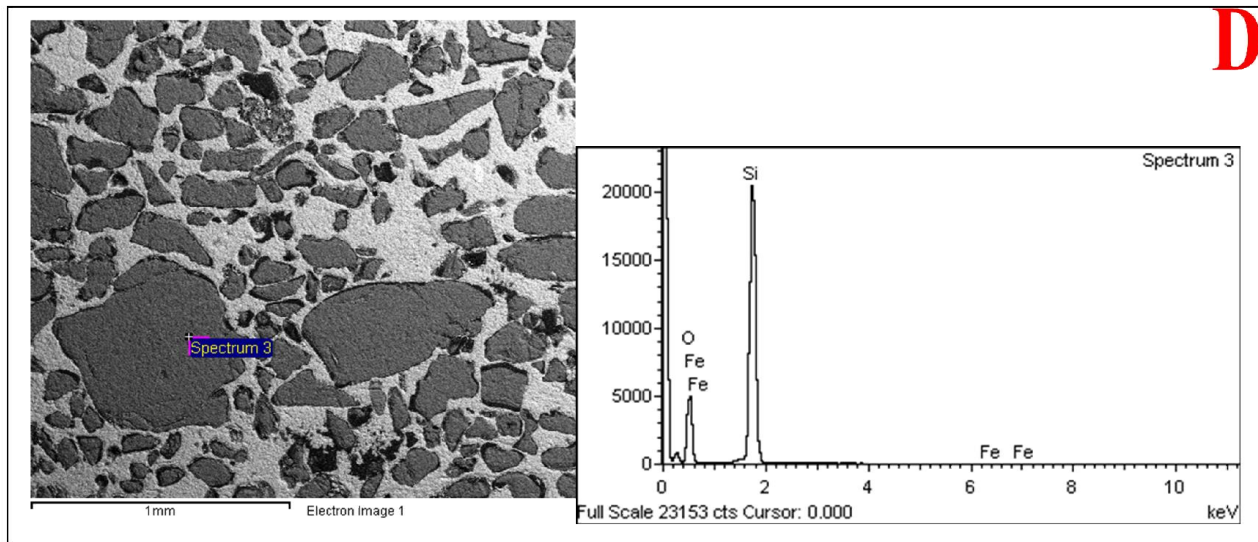
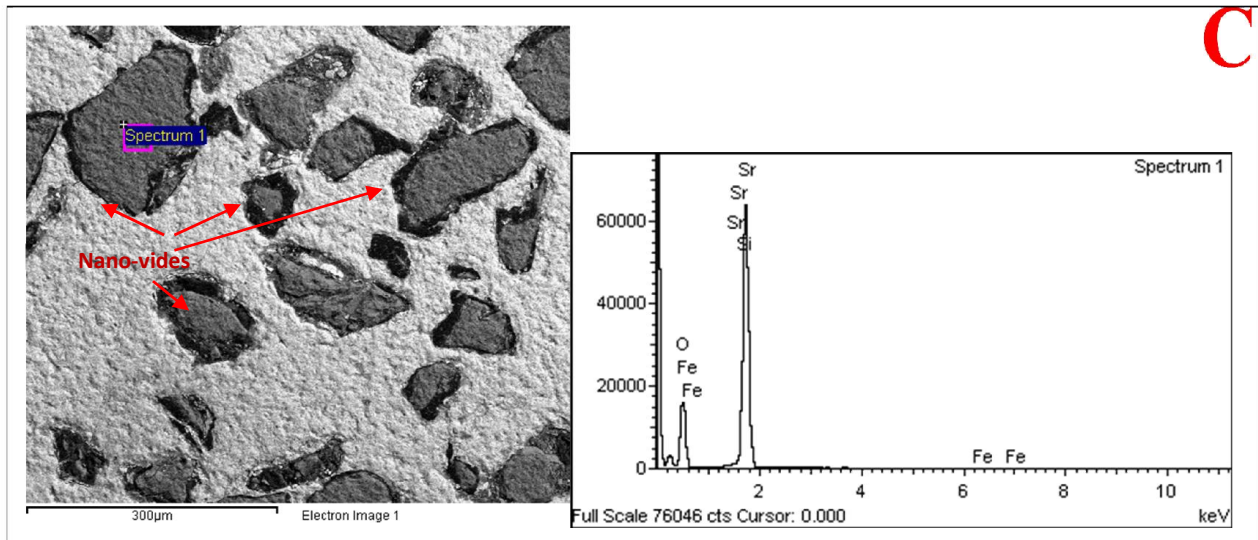
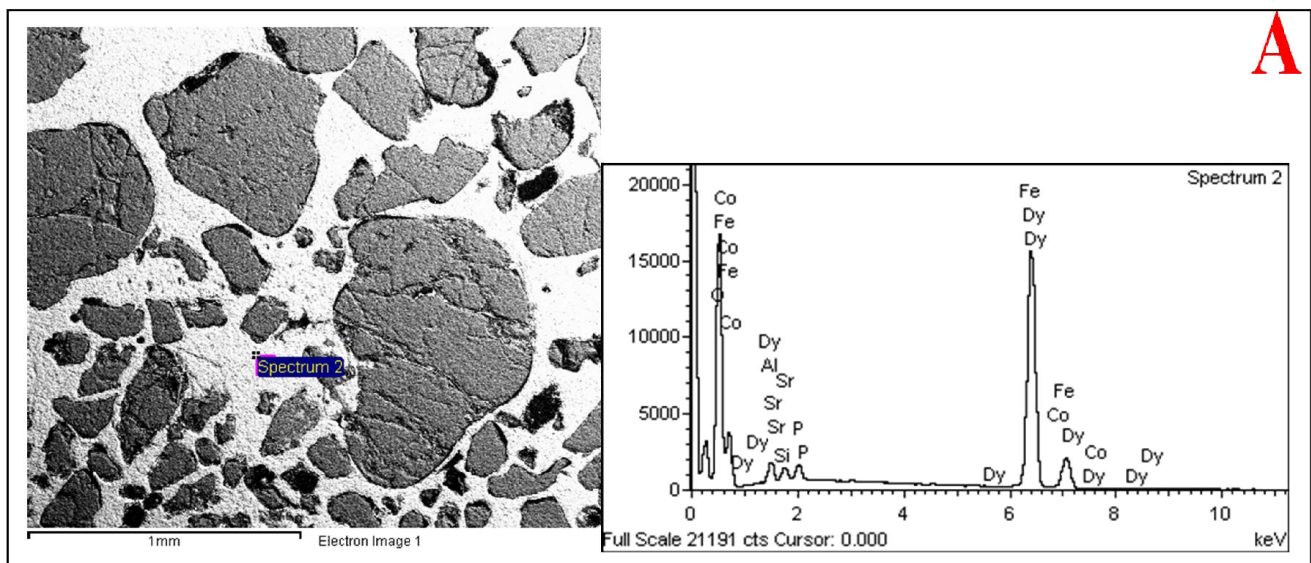


Fig. 7. Spectrums donnant la composition semi-quantitative de la phase quartzreuse (A à D)



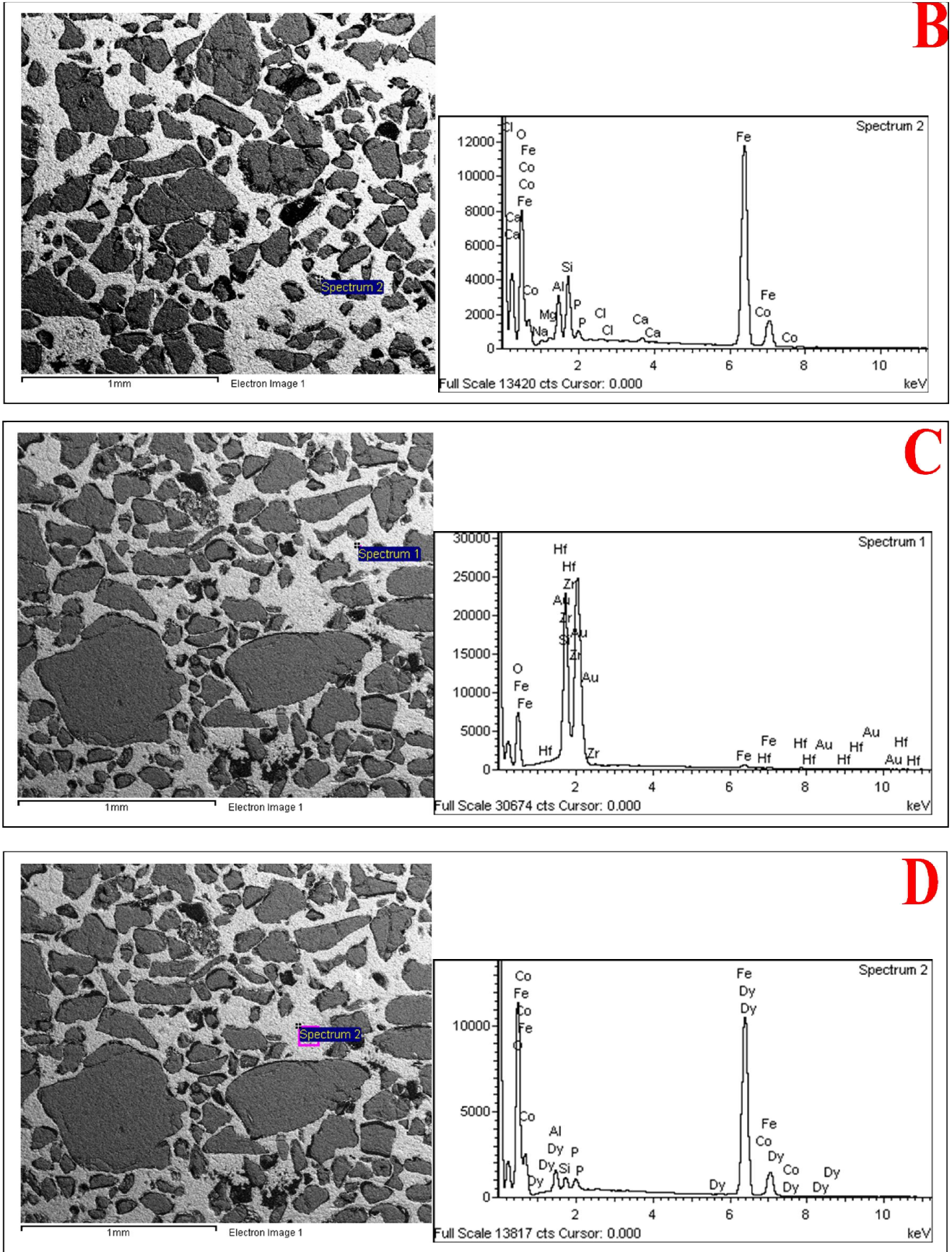


Fig. 8. Spectrums donnant la composition semi-quantitative de la phase ferrugineuse (A à D).

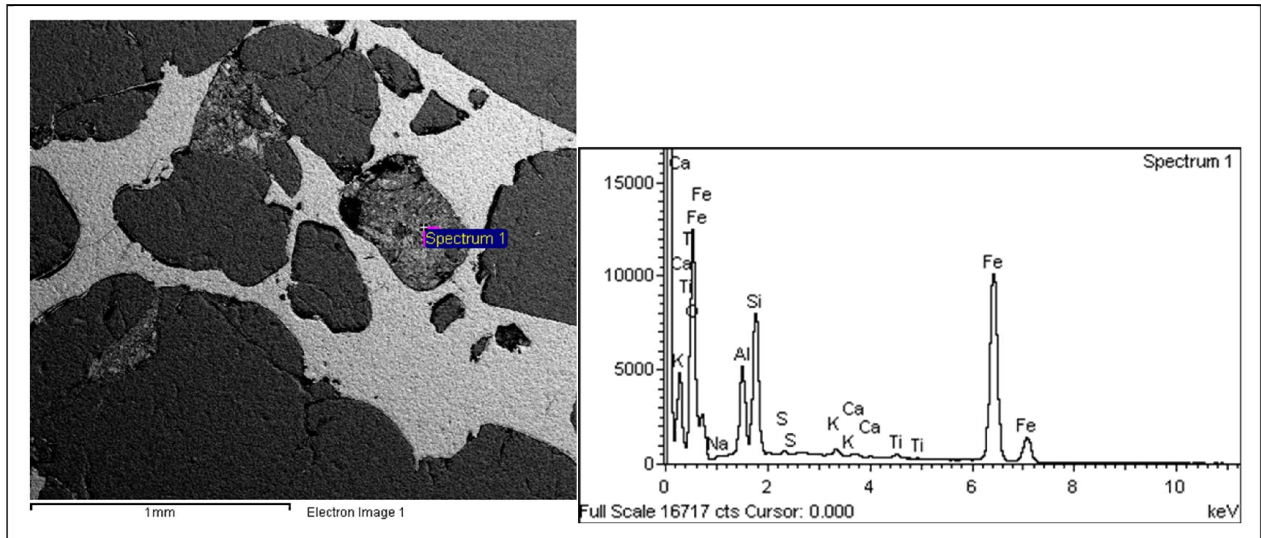


Fig. 9. Quartz oxydé (spectrum 1)

## 6 CONCLUSION

La pétrographie des muddy sandstones ferrugineux du Miocène de Bingerville montre que ce sont des quartz wackes à ciment ferrugineux. Ces quartz wackes dérivent de la grésification de sables silto-argileux au cours de l'Holocène. La grésification débute pendant les saisons pluvieuses où les argiles kaoliniques des quartz wackes piègent les hydroxydes de fer contenus dans les eaux d'infiltration. La grésification devient effective au cours des saisons sèches qui entraînent une évaporation des eaux interstitielles sous l'effet de la température atmosphérique. Cela favorise la transformation des hydroxydes de fer en oxydes de fer par la perte de leurs eaux. Les sables silto-argileux se consolident alors pour donner les quartz wackes à ciment ferrugineux. Ce ciment provient de l'oxydation totale de la matrice ocreuse qui est un mélange de kaolinite et d'oxyde de fer. Cette grésification se déroule en milieu subaérien à aérien. L'évaporation des eaux interstitielles crée des nano-vides autour des grains de quartz sous forme d'auréoles. Ceci permet de comprendre qu'il existe toujours un vide entre les grains de quartz et le ciment ferrugineux qui les entoure. Trois phases s'individualisent dans les quartz wackes du Miocène de Bingerville à savoir : la phase quartzreuse, la phase ferrugineuse et la phase poreuse. La forte concentration d'oxydes de fer occasionne la transformation de certains quartz en oxydes de fer à travers leurs zones de faiblesse.

## REFERENCES

- [1] Assalé F. Y. P., 2013. Caractérisation sédimentologique, palynologique, géochimique et paléoenvironnementale des formations connexes à la faille des lagunes (Est du bassin onshore de Côte d'Ivoire). Thèse Doctorat univ. Univ. F.H.B, Côte d'Ivoire, 361p.
- [2] Robert K. M., 2012. Descriptive lithology : Analysis of cuttings and cores. American Stratigraphic Company. 268p.
- [3] Gary N. S., 2009. Sedimentology and stratigraphy. Second edition. Wiley-Blackwell: A John Wiley & Sons, Ltd., Publication 111 River Street, Hoboken, NJ 07030-5774, USA, 419p.
- [4] Pettijohn F., 1949. Sedimentary Rocks – Happer Frères. In Sedimentology. With 177 figures and 17 tables. Translation Thomas Reimer. Chamley H. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York London Paris Tokyo Hong Kong Barcelona, 285p.
- [5] Chamley H., 1990. Sedimentology. With 177 figures and 17 tables. Translation Thomas Reimer. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York London Paris Tokyo Hong Kong Barcelona, 285p.
- [6] Pettijohn F.J., Potter P.E. et Siever R., 1987. Sand and Sandstone. In Sedimentology and stratigraphy. Second edition. Gary N. S. Wiley-Blackwell: A John Wiley & Sons, Ltd., Publication 111 River Street, Hoboken, NJ 07030-5774, USA, pp. 5-86.
- [7] Adams A. E., Mackenzie W. S. et Guiford C., 1984. Atlas of sedimentary rocks under the microscope. Low-priced Edition. Longman Group UK Ltd, Longman House, Burnt Mill, Harlow, Essex CM 20 2JE, England, 104p.
- [8] YACE I., 2002. Initiation à la géologie. L'exemple de la Côte d'Ivoire et de l'Afrique de l'Ouest. Edition CEDA, Abidjan, Côte d'Ivoire, 183p.

## A study on the squeezing hydrodynamics of a lubricant between two rough parallel plates: Hip-Joint representation

Hemangini R. Jani<sup>1</sup>, H. C. Patel<sup>2</sup>, and G. M. Deheri<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ph. D. Section,  
Gujarat Technology University,  
Ahmedabad, Gujarat, India

<sup>2</sup>Gujarat University,  
Ahmedabad, Gujarat, India

<sup>3</sup>Department of Mathematics,  
Sardar Patel University V. V. Nagar,  
Anand, Gujarat, 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:** The unsteady squeezing hydrodynamics of lubrication between two rough parallel plates is analyzed here, which can be modified to represent a hip-joint, where in different moments can be numerically modelled. The stochastic model of Christensen and Tonder has been deployed here to evaluate the effect of surface roughness. Also the effect of roughness parameters on different moments is numerically modelled. The associated stochastically averaged Reynolds equation is solved to obtain the pressure distribution. The results obtained here are presented in graphical forms. The graphical representation establishes that the standard deviation associated with roughness has significant impact. Further it is observed that the situation remains relatively better in the case of negatively skewed roughness. This effect advances when variance (-ve) occurs.

**KEYWORDS:** Squeezing motion, Fluid equation, hydrodynamic lubricant, magnetic field, Hip-joint, Reynolds equation.

### 1 INTRODUCTION

Since the beginning of civilization, man has been trying to understand the nature around him. Because of curiosity and continuous enhancement of knowledge, he has been involved in unveiling the mysteries of the universe. He has been trying to understand the origin of life itself and the mechanisms involved in making the life self-sustaining in an adequately optimized manner. From such curiosity and continuous enhancement of knowledge rises the Biomechanics which involves mechanics as well as biology [1].

One of the most important biomechanical system is the human body itself, where the synovial joints play an essential role during motion. In fact Bio-tribology may be defined as the science of lubrication, friction and wear of a biomechanical system involving two surfaces in relative motion and separated by a very thin fluid film, [Dowson and Wright (1973)][2]. Here the emphasis has been given only to those aspects of synovial joints which can be investigated on the basis of hydrodynamic lubrication theory.

The hip joint is a complex biological system. It is a synovial joint whose main component is synovial fluid. The synovial fluid provides lubrication between the femur and acetabulum, both of which are covered with hyaline cartilage; it also provides nutrients for the other joint components. Deterioration of the hip joint has led to the development of artificial hip joints. The most popular system in use today is the metal-on-metal hip implants UHMWPE system. In recent years, the focus

of research has switched over to improve the longevity of the implant; because younger patients require total hip replacements. This has led to increased use of ceramic-on-ceramic, as well as second generation metal-on-metal bearing systems and the use of hip-resurfacing techniques. These bearing systems are known to have problems due to the large amount of revision surgeries required. A better knowledge of the bio-tribological aspects of the artificial hip implant can help in the understanding and ultimate improvement of the prostheses.

Reference [3] analyzed the fluid film lubrication in artificial hip joint replacements with surface of high elastic modulus. Lubrication mechanics and contact mechanics were investigated for total hip-joint replacement made from hard bearing surfaces such as metal on metal, ceramic on ceramic and polyethylene against the hard bearing surface. The most important factor effecting the lubrication film thickness was found to be the radial clearance between the ball and socket. Practical consideration of manufacturing the hard bearing surface were also discussed.

Reference [4] studied the effect of bearing geometry and structure support on transient elastohydrodynamic lubrication of metal on metal hip implants. This investigation can be improved through the optimization of bearing geometry in term of a small clearance and the structural support such as a polyethylene backing under neath a metallic bearing in a sandwich acetabula cup form. Further the result showed that a larger lubricant film due to the polyethylene backing could be significantly enhance by the transient squeeze film action.

Reference [5] deliberate contact mechanics and elastohydrodynamic lubrication in a novel metal on metal hip implant with an aspherical bearing surface. Alpherabola, as the acetabular surface was investigated for both contact mechanics and elastohydrodynamic lubrication under steady state condition. When compared with conventional spherical bearing surfaces, a more uniform pressure distribution and a thickness within the loaded conjunction were predicted for this novel Alpherabola hip implant.

Reference [6] reviewed the literature concerned with lubrication and wear modelling of artificial hip-joints.

A steady state numerical model was extended by reference [7] with dynamic experimental data for hard-on-hard bearing used total hip replacements to verify the tribological relevance. Lubrication regimes were shown to depend strongly on the Kinematics loading conditions.

Francesca Di Puccio and Lorenza Mattei from reference [8] worked in Bio-tribology of artificial hip joint. Discussed artificial hip joints, defining materials and geometric properties examining their friction, lubrication and wear characteristics. This study highlighted how the friction, lubrication and wear were interconnected.

Here it has been proposed to study and analyze the squeezing hydrodynamics of a lubricant between two rough parallel plates in the context of hip-joint replacement.

## 2 ANALYSIS

### 2.1 REYNOLDS TRANSPORTATION THEOREM

It is well-known that The Eulerian coordinate system is a more appropriate system to describe the path of the particles for fluid mechanics. The fundamental laws of mechanics, which are conservation of mass, momentum and energy ,are expressed in Lagrangian coordinates required to be convert them Eulerian coordinates using the Reynolds Transportation theorem:

$$\frac{D}{Dt} \int_{V(t)} \phi \delta V = \int_{V(t)} \left\{ \frac{\partial \phi}{\partial t} + \frac{\partial(\phi u_j)}{\partial x_j} \right\} \delta V \quad (1)$$

The details regarding this equation can be had from (Ramjee 2009) [9]

With usual assumptions of fluid film lubrication the velocity profiles are governed by [9]

$$\int_0^{h(x_1, x_2, t)} u_1(x_1, x_2, x_3, t) \partial x_3 = -\frac{\partial p}{\partial x_1} \frac{h^3}{12\mu} + \frac{U_1 h}{2} \quad (2)$$

$$\int_0^{h(x_1, x_2, t)} u_2(x_1, x_2, x_3, t) \partial x_3 = -\frac{\partial p}{\partial x_2} \frac{h^3}{12\mu} + \frac{U_2 h}{2}$$

where  $\mu$  = viscosity of lubricant.

In view of roughness characteristic and stochastic modelling of [10],[11],[12]. So equation (2) transform to

$$\int_0^{h(x_1, x_2, t)} u_1(x_1, x_2, x_3, t) dx_3 = -\frac{\partial p}{\partial x_1} \frac{G(h)}{12\mu} + \frac{U_1 h}{2}$$

$$\int_0^{h(x_1, x_2, t)} u_2(x_1, x_2, x_3, t) dx_3 = -\frac{\partial p}{\partial x_2} \frac{G(h)}{12\mu} + \frac{U_2 h}{2}$$
(3)

Where  $G(h) = h^3 + 3\sigma^2 h + 3\alpha^2 h + 3\alpha h^2 + 3\sigma^2 \alpha + \alpha^3 + \varepsilon$

$\sigma$  = standard deviation,  $\alpha$  = variance,  $\varepsilon$  = skewness

In view of the boundary conditions,  $u_1(x_1, x_2, x_3, t) = U_1$  and  $u_2(x_1, x_2, x_3, t) = U_2$

One obtains,

$$\int_0^{h(x_1, x_2, t)} \frac{\partial u_3}{\partial x_3} dx_3 = -\frac{\partial}{\partial x_1} \left\{ -\frac{\partial p}{\partial x_1} \frac{G(h)}{12\mu} + \frac{U_1 h}{2} \right\} + U_1 \frac{\partial h}{\partial x_1} - \frac{\partial}{\partial x_2} \left\{ -\frac{\partial p}{\partial x_2} \frac{G(h)}{12\mu} + \frac{U_2 h}{2} \right\} + U_2 \frac{\partial h}{\partial x_2}$$

$$= \frac{\partial}{\partial x_1} \left\{ \frac{G(h)}{12\mu} \frac{\partial p}{\partial x_1} \right\} - \frac{U_1}{2} \frac{\partial h}{\partial x_1} + U_1 \frac{\partial h}{\partial x_1} + \frac{\partial}{\partial x_2} \left\{ \frac{G(h)}{12\mu} \frac{\partial p}{\partial x_2} \right\} - \frac{U_2}{2} \frac{\partial h}{\partial x_2} + U_2 \frac{\partial h}{\partial x_2}$$
(4)

So, one arrives at

$$U_3 - \frac{U_1}{2} \frac{\partial h}{\partial x_1} - \frac{U_2}{2} \frac{\partial h}{\partial x_2} = \frac{\partial}{\partial x_1} \left\{ \frac{G(h)}{12\mu} \frac{\partial p}{\partial x_1} \right\} + \frac{\partial}{\partial x_2} \left\{ \frac{G(h)}{12\mu} \frac{\partial p}{\partial x_2} \right\}$$
(5)

Using Kinematic boundary conditions on the surface  $x_3 = h$ , one leads to

$$U_3 = \frac{\partial h}{\partial t} + U_1 \frac{\partial h}{\partial x_1} + U_2 \frac{\partial h}{\partial x_2}$$
(6)

Substitution of (6) in (5) results in

$$\frac{\partial}{\partial x_1} \left\{ \left( \frac{G(h)}{12\mu} \right) \frac{\partial p}{\partial x_1} \right\} + \frac{\partial}{\partial x_2} \left\{ \left( \frac{G(h)}{12\mu} \right) \frac{\partial p}{\partial x_2} \right\} = \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{U_1}{2} \frac{\partial h}{\partial x_1} + \frac{U_2}{2} \frac{\partial h}{\partial x_2}$$

In general form this can be written as,

$$\nabla \cdot \left( \frac{G(h)}{12\mu} \nabla P \right) = \nabla \cdot \left( \frac{h \vec{U}}{2} \right) + \frac{\partial h}{\partial t}$$
(7)

where  $\vec{U}$  is the surface velocity vector.

## 2.2 REYNOLDS EQUATION APPLIED TO A HIP-JOINT

Some assumptions are made to model the Hip-Joint which are,

- 1) The fluid is iso-viscous (Newtonian)
- 2) The cup is positioned horizontally
- 3) Walking cycle imposed is based on the Bergmann walking cycle

Synovial fluid and blood plasma are known to have non-Newtonian fluid properties, however studies have concluded that at high shear rates, an iso-viscous assumption is valid. The ace tabular cup is anatomically positioned at 45°; however the contact mechanics allow for the model to be developed in a horizontal position. The Bergmann walking cycle consists of a loading pattern which is double-peaked. This has resulted from studies conducted by Bergmann et al. (1995)[13] on the influence of heel strike on the loading of the hip joint. The coordinate system that would best describe the hip joint would be the spherical coordinate system, Thus expanding equation (7) in spherical coordinates,

For Left Hand Side of (7) one concludes that

$$\nabla P = \frac{\partial P}{\partial R} \hat{R} + \frac{1}{R} \frac{\partial P}{\partial \theta} \hat{\theta} + \frac{1}{R \sin \theta} \frac{\partial P}{\partial \phi} \hat{\phi}$$

where in R is the radius of the acetabular cup so that,

$$\frac{\partial P}{\partial R} = 0$$

(because P is normal stress, it is scalar and R is fixed here)

Making use of divergence formula for spherical coordinates one conclude that

$$\therefore \nabla \cdot \left( \frac{G(h)}{12\mu} \nabla P \right) = \frac{1}{R^2} \left\{ \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left( \frac{G(h)}{12\mu} \sin \theta \frac{\partial P}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{\sin^2 \theta} \frac{\partial}{\partial \phi} \left( \frac{G(h)}{12\mu} \frac{\partial P}{\partial \phi} \right) \right\} \quad (8)$$

For RHS of equation (7) one derives that

$$\nabla \cdot \left( \frac{h\vec{U}}{2} \right) = \frac{1}{2R\sin\theta} \left[ h \cos \theta U_\theta + h \sin \theta \frac{\partial U_\theta}{\partial \theta} + U_\theta \sin \theta \frac{\partial h}{\partial \theta} + h \frac{\partial U_\phi}{\partial \phi} + U_\phi \frac{\partial h}{\partial \phi} \right] \quad (9)$$

Substituting the values of (8) and (9) in (7), one arrives at

$$\frac{1}{R^2} \left\{ \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left( \frac{G(h)}{12\mu} \sin \theta \frac{\partial P}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{\sin^2 \theta} \frac{\partial}{\partial \phi} \left( \frac{G(h)}{12\mu} \frac{\partial P}{\partial \phi} \right) \right\} = \frac{1}{2R\sin\theta} \left[ h \cos \theta U_\theta + h \sin \theta \frac{\partial U_\theta}{\partial \theta} + U_\theta \sin \theta \frac{\partial h}{\partial \theta} + h \frac{\partial U_\phi}{\partial \phi} + U_\phi \frac{\partial h}{\partial \phi} \right] + \frac{\partial h}{\partial t} \quad (10)$$

where the surface velocity components,  $U_\theta$  and  $U_\phi$  are given by:

$$U_\theta = -R\omega_{x_1} \sin \phi + R\omega_{x_2} \cos \phi$$

$$U_\phi = -R\omega_{x_1} \cos \phi \cos \theta - R\omega_{x_2} \sin \phi \cos \theta + R\omega_{x_3} \sin \phi + R\omega_{x_3} \sin \theta$$

Substituting these relations into equation (10) and simplifying, one comes across

$$\begin{aligned} & \sin \theta \frac{\partial}{\partial \theta} \left( G(h) \sin \theta \frac{\partial p}{\partial \theta} \right) + \frac{\partial}{\partial \phi} \left( G(h) \frac{\partial p}{\partial \phi} \right) \\ &= 6\mu R^2 \sin \theta \left( -\omega_{x_1} \sin \phi \sin \theta \frac{\partial h}{\partial \theta} + \omega_{x_2} \cos \phi \sin \theta \frac{\partial h}{\partial \theta} - \omega_{x_1} \cos \phi \cos \theta \frac{\partial h}{\partial \phi} - \omega_{x_2} \sin \phi \cos \theta \frac{\partial h}{\partial \phi} \right. \\ & \quad \left. + \omega_{x_3} \sin \theta \frac{\partial h}{\partial \phi} + 2 \sin \theta \frac{\partial h}{\partial t} \right) \end{aligned} \quad (11)$$

If the axes are shifted, and the  $x_1 - x_3$  plane lies in the horizontal position with  $x_2$  in the vertical direction, last equation can be simplified with rotation about the  $x_3$  axis, to

$$\sin \theta \frac{\partial}{\partial \theta} \left( G(h) \sin \theta \frac{\partial p}{\partial \theta} \right) + \frac{\partial}{\partial \phi} \left( G(h) \frac{\partial p}{\partial \phi} \right) = 6\mu R^2 \sin^2 \theta \left( \omega_{x_3} \frac{\partial h}{\partial \phi} + 2 \frac{\partial h}{\partial t} \right) \quad (12)$$

Treating  $\theta$  and  $t$  as constants it is found that,

$$\frac{\partial}{\partial \phi} \left( G(h) \frac{\partial p}{\partial \phi} \right) = 6\mu R^2 \sin^2 \theta \left( \omega_{x_3} \frac{\partial h}{\partial \phi} \right)$$

$$\frac{\partial}{\partial \phi} \left( \left( h^3 + 3\sigma^2 h + 3\alpha^2 h + 3\alpha h^2 + 3\sigma^2 \alpha + \alpha^3 + \varepsilon \right) \frac{\partial p}{\partial \phi} \right) = 6\mu R^2 \sin^2 \theta \left( \omega_{x_3} \frac{\partial h}{\partial \phi} \right)$$

The dimensionless form of the above equation becomes,

$$\therefore \frac{\partial}{\partial \bar{\phi}} \left( (1 + 3\bar{\sigma}^2 + 3\bar{\alpha}^2 + 3\bar{\alpha} + 3\bar{\sigma}^2\bar{\alpha} + \bar{\alpha}^3 + \bar{\varepsilon}) \frac{\partial \bar{p}}{\partial \bar{\phi}} \right) = 6 \sin^2 \theta \omega_{x_3} \quad (13)$$

where,  $\bar{\sigma}$  = standard deviation in dimensionless form,

$\bar{\alpha}$  = variance in dimensionless form,

$\bar{\varepsilon}$  = skewness in dimensionless form,

$\bar{p}$  = pressure in dimensionless form,

$\theta$  = non-dimensional rotation.

Thus the dimensionless boundary conditions are,

$$\bar{P} = 0 \quad \text{at } \bar{\phi} = 2\pi \quad (14)$$

$$\bar{P} = \omega_{x_3} \sin \theta \quad \text{at } \bar{\phi} = \pi$$

Integration of (13) in view of (14) leads to the expression for non-dimensional pressure distribution

$$\therefore \bar{P} = \frac{3 \sin^2 \theta \omega_{x_3}}{(1 + 3\bar{\sigma}^2 + 3\bar{\alpha}^2 + 3\bar{\alpha} + 3\bar{\sigma}^2\bar{\alpha} + \bar{\alpha}^3 + \bar{\varepsilon})} (\bar{\phi}^2 - 4\pi\bar{\phi} + 3\pi^2) + \omega_{x_3} \sin \theta \quad (15)$$

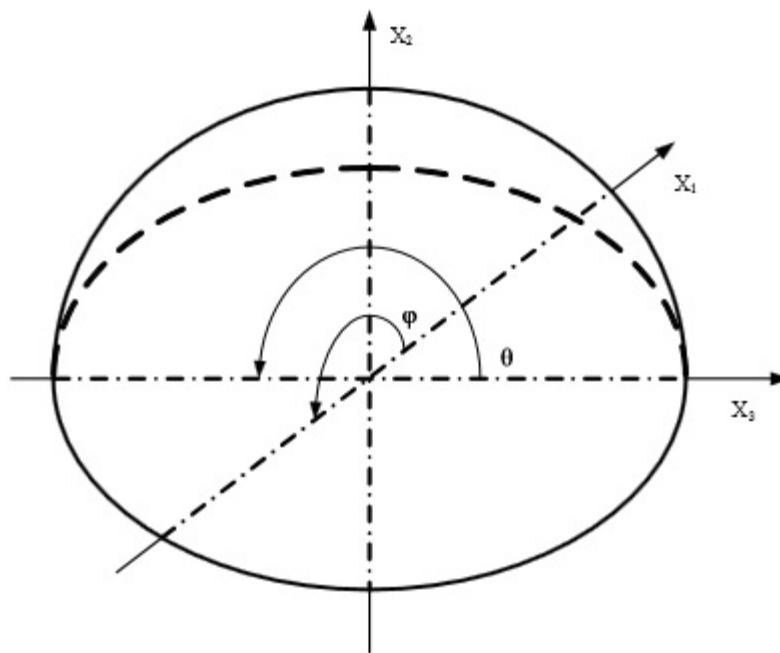


Fig. 1. Hemispherical shell on rotated axes

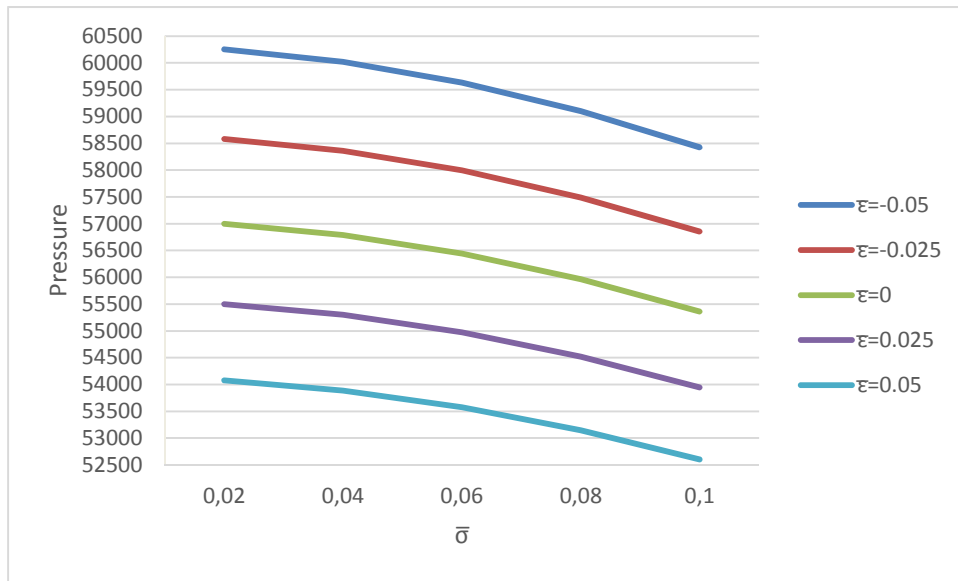


Fig. 2. Variation of Pressure distribution with respect to  $\bar{\sigma}$  and  $\bar{\epsilon}$

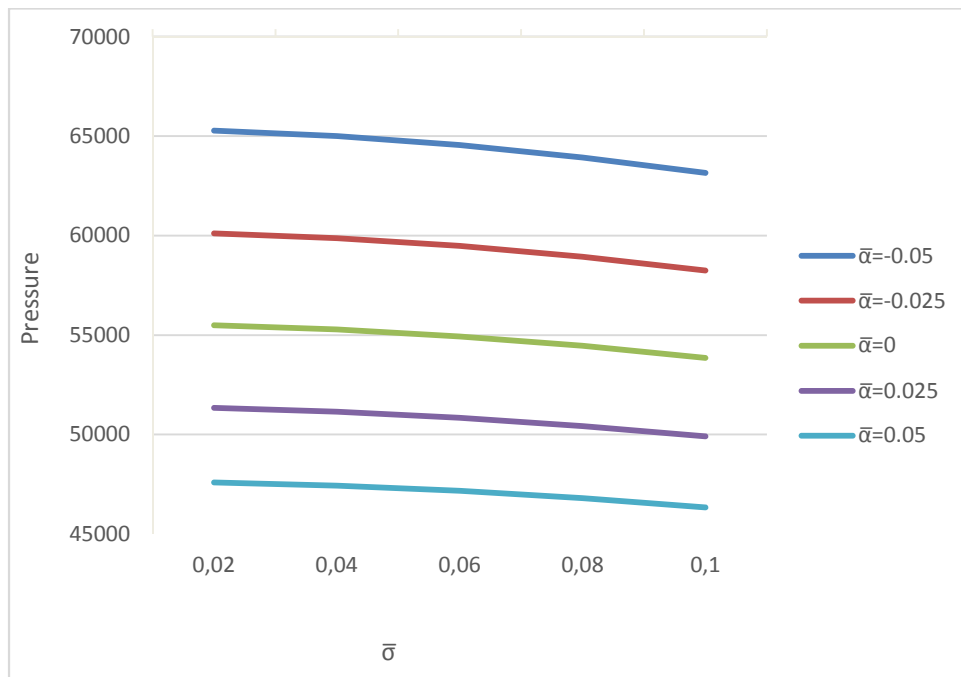


Fig. 3. Variation of Pressure distribution with respect to  $\bar{\sigma}$  and  $\bar{\alpha}$

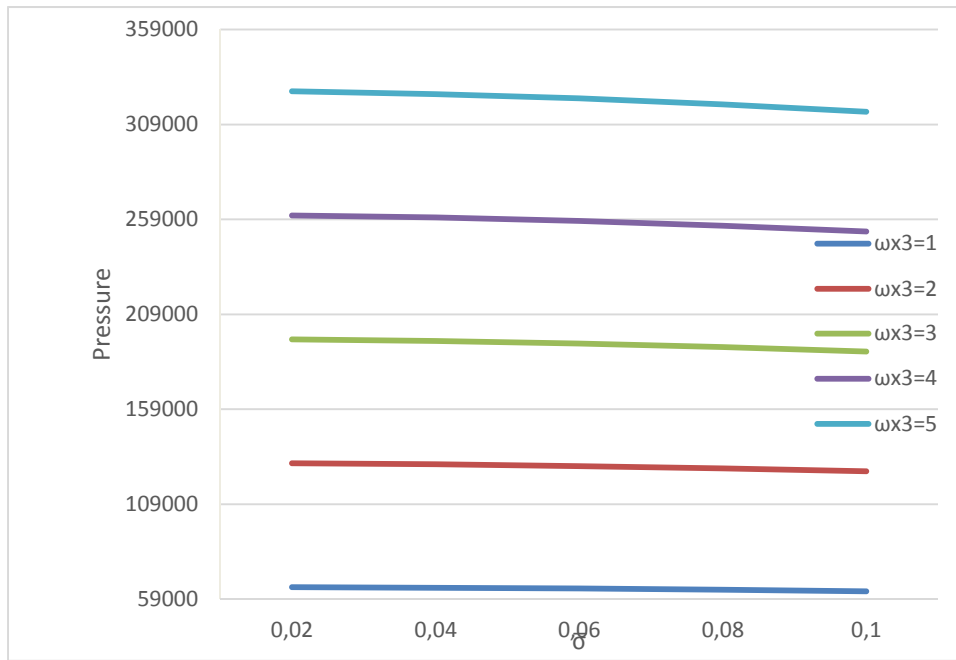


Fig. 4. Variation of Pressure distribution with respect to  $\bar{\sigma}$  and  $\omega_{x_3}$

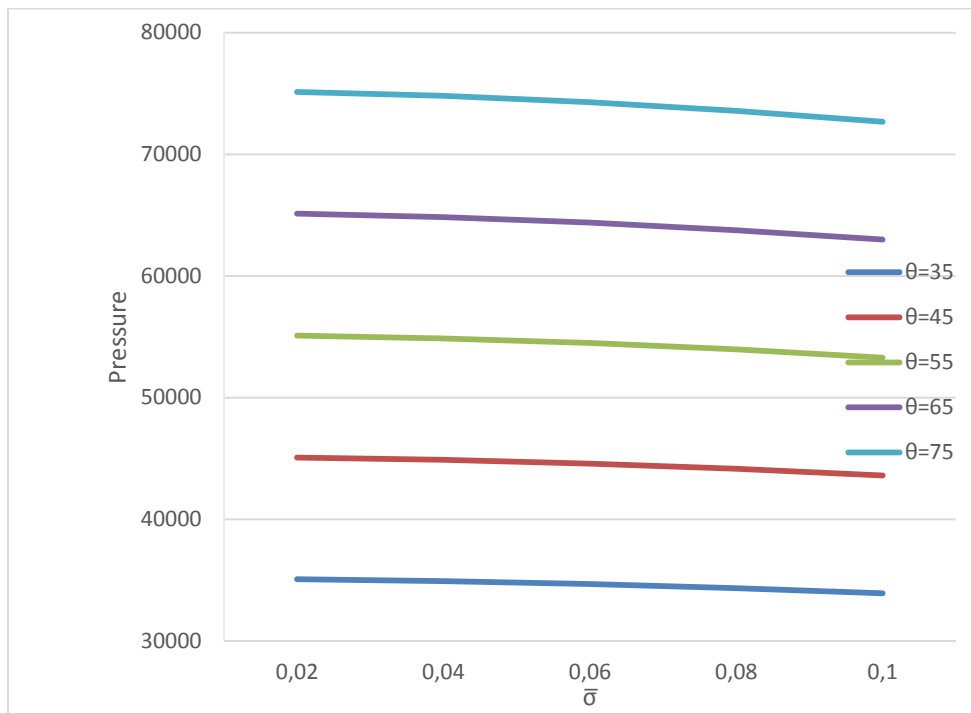


Fig. 5. Variation of Pressure distribution with respect to  $\bar{\sigma}$  and  $\theta$

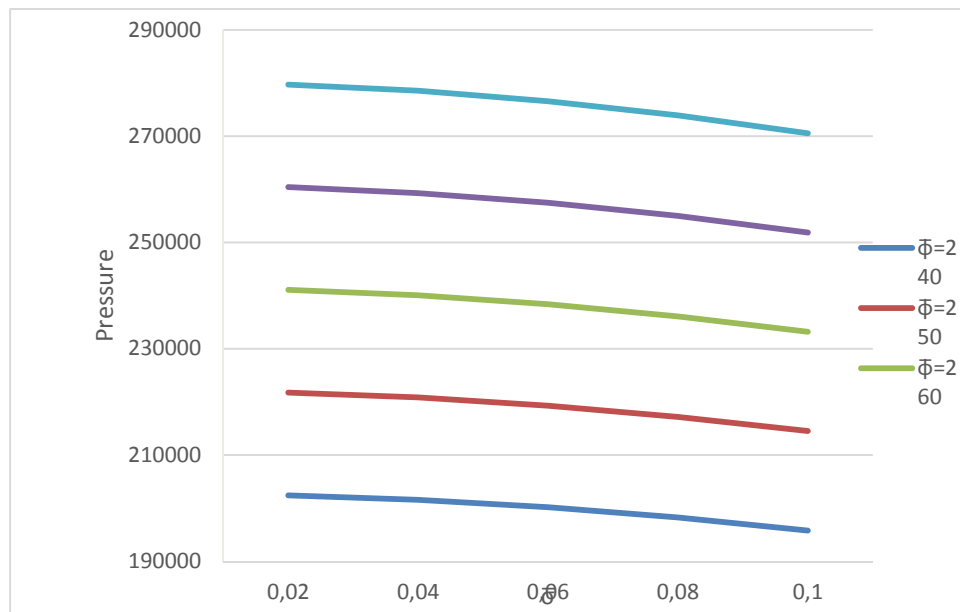


Fig. 6. Variation of Pressure distribution with respect to  $\bar{\sigma}$  and  $\bar{\phi}$

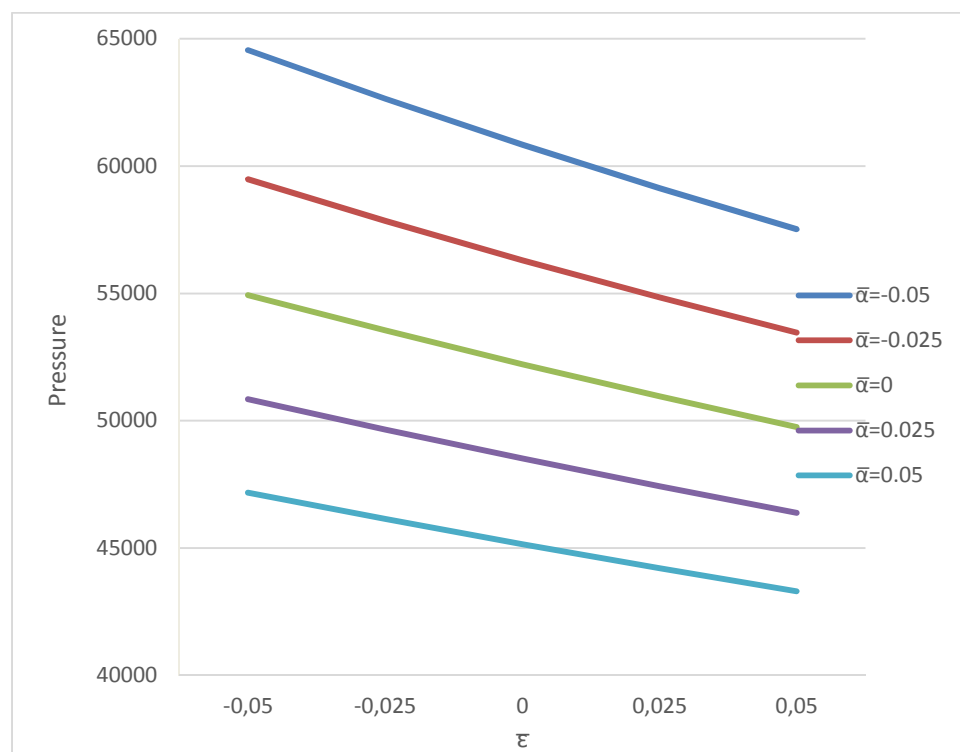


Fig. 7. Variation of Pressure distribution with respect to  $\bar{\epsilon}$  and  $\bar{\alpha}$

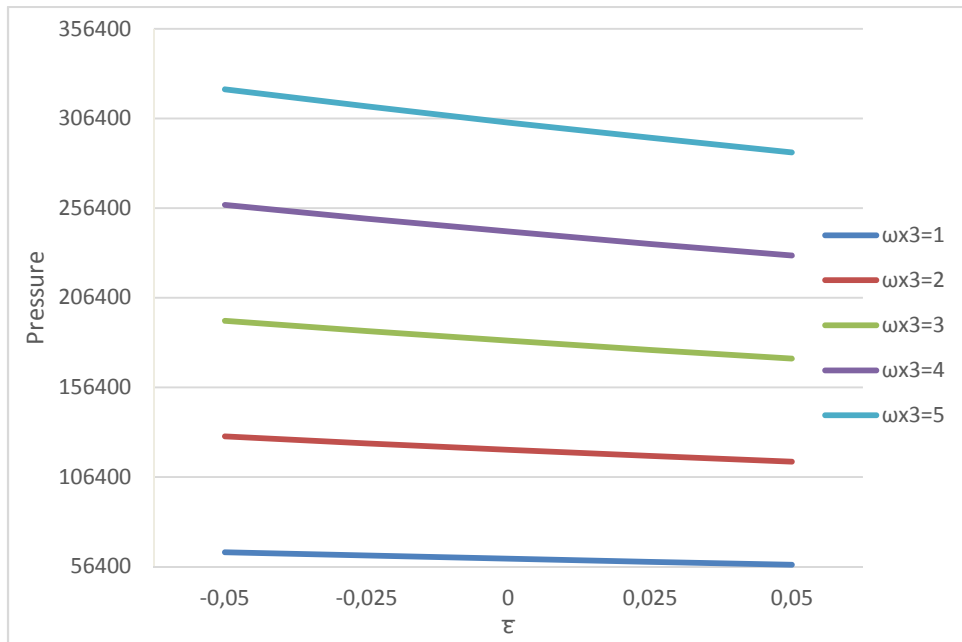


Fig. 8. Variation of Pressure distribution with respect to  $\bar{\varepsilon}$  and  $\omega_{x_3}$

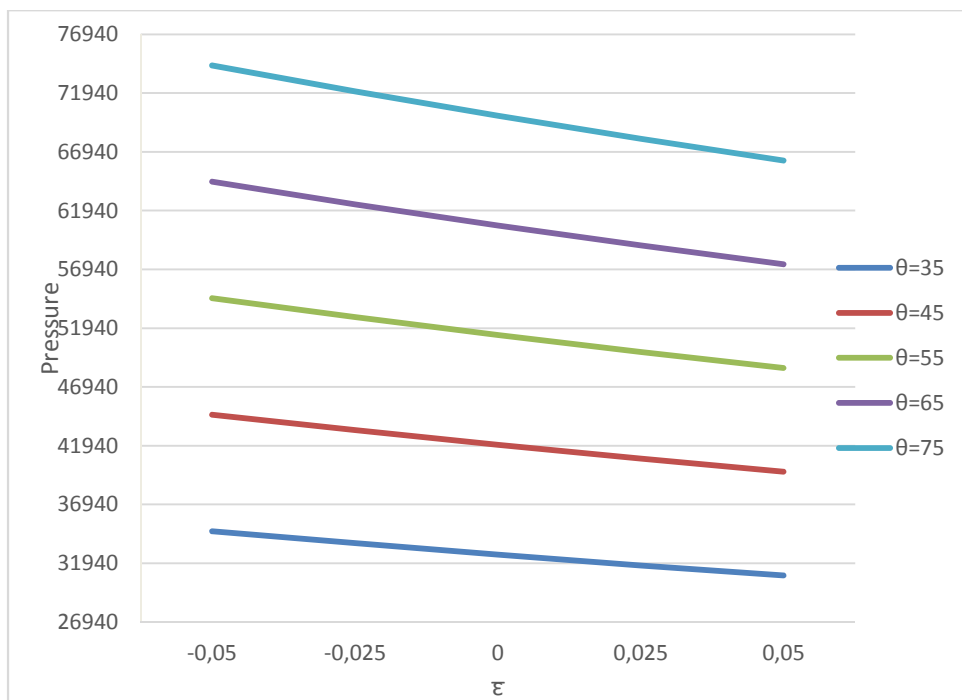


Fig. 9. Variation of Pressure distribution with respect to  $\bar{\varepsilon}$  and  $\theta$

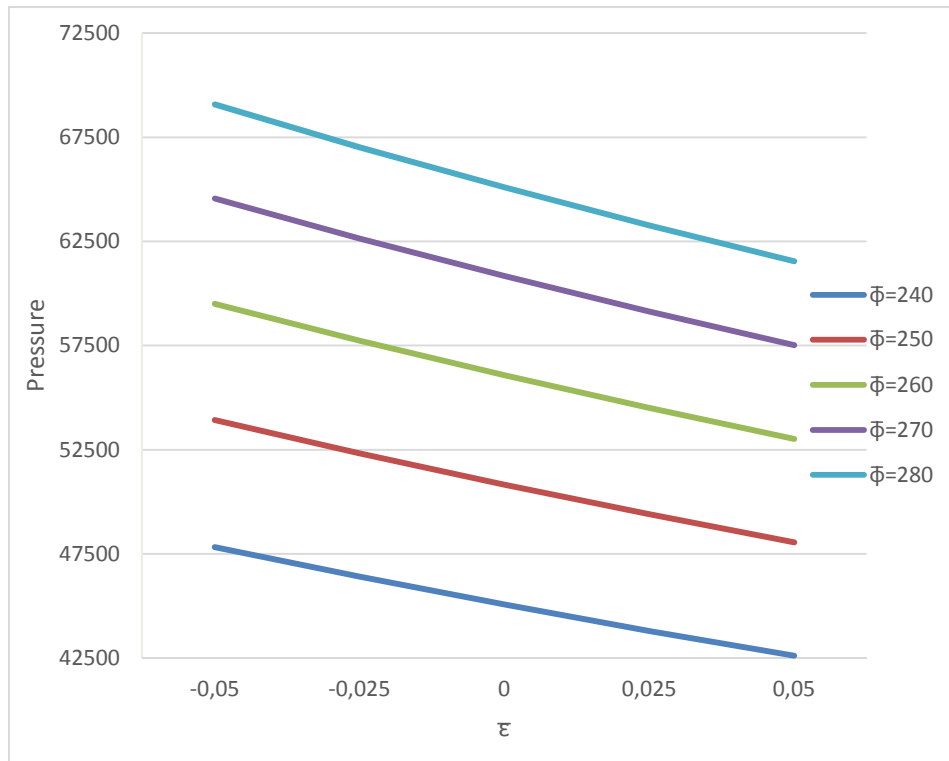


Fig. 10. Variation of Pressure distribution with respect to  $\bar{\epsilon}$  and  $\bar{\phi}$

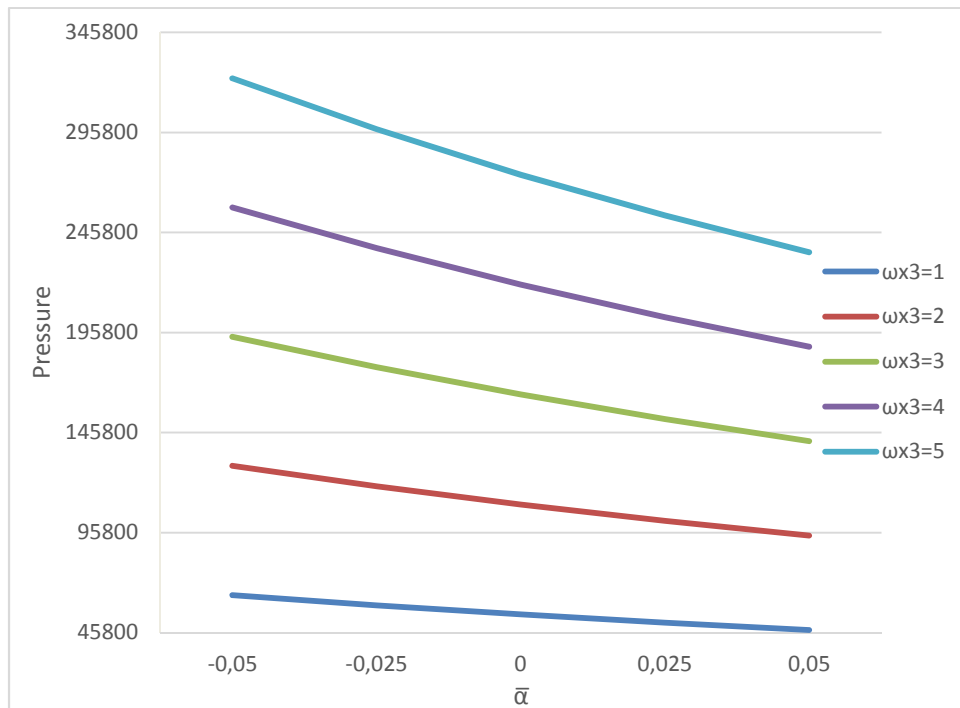


Fig. 11. Variation of Pressure distribution with respect to  $\bar{\alpha}$  and  $\omega_{x_3}$

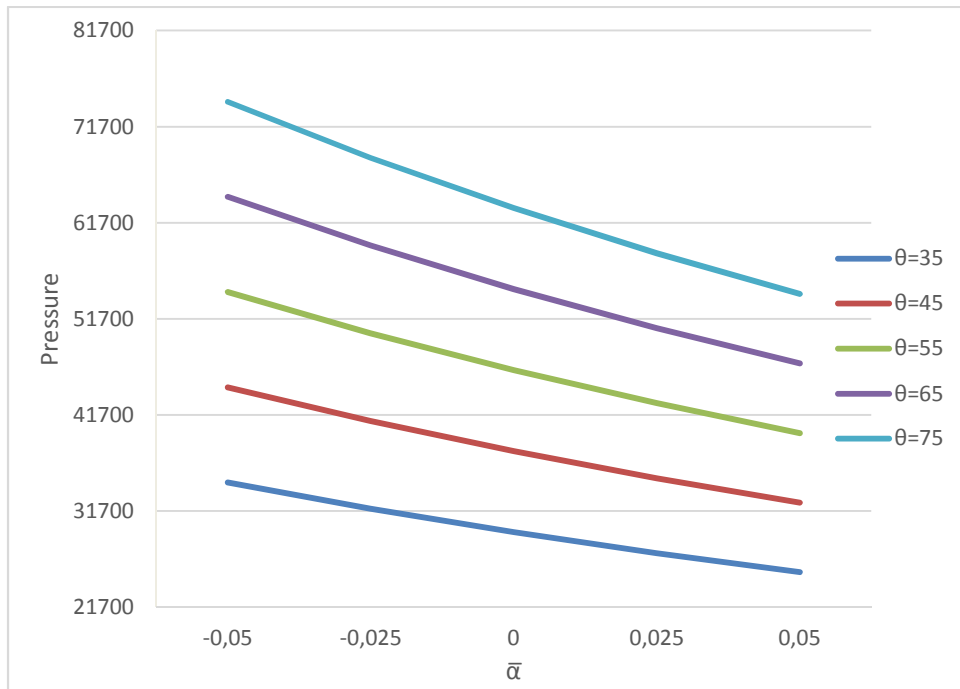


Fig. 12. Variation of Pressure distribution with respect to  $\bar{\alpha}$  and  $\theta$

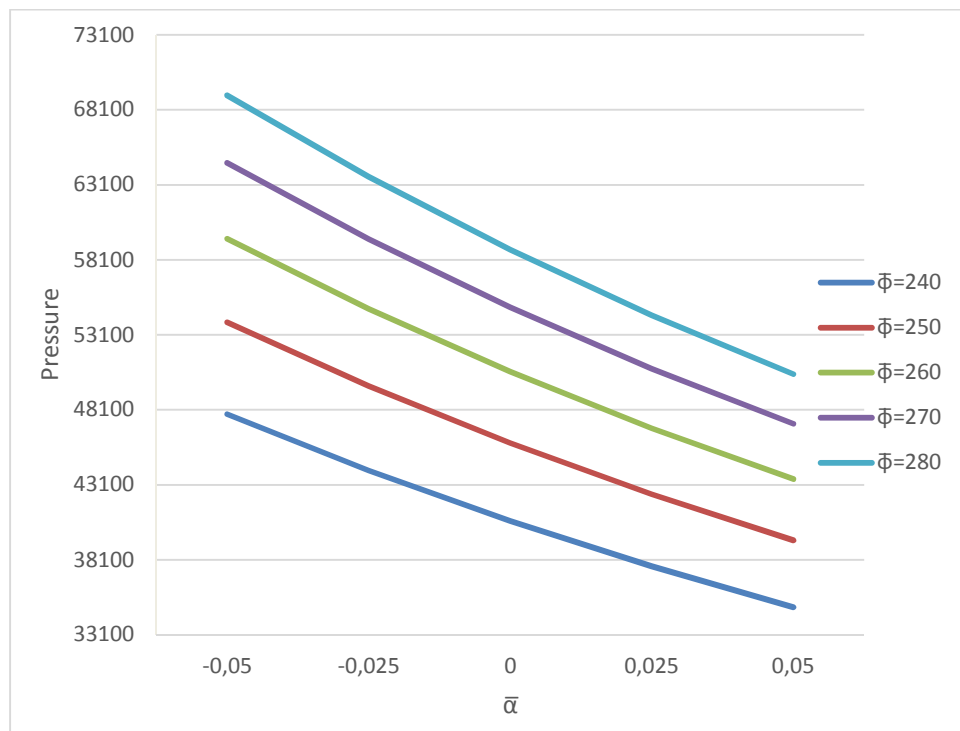


Fig. 13. Variation of Pressure distribution with respect to  $\bar{\alpha}$  and  $\bar{\phi}$

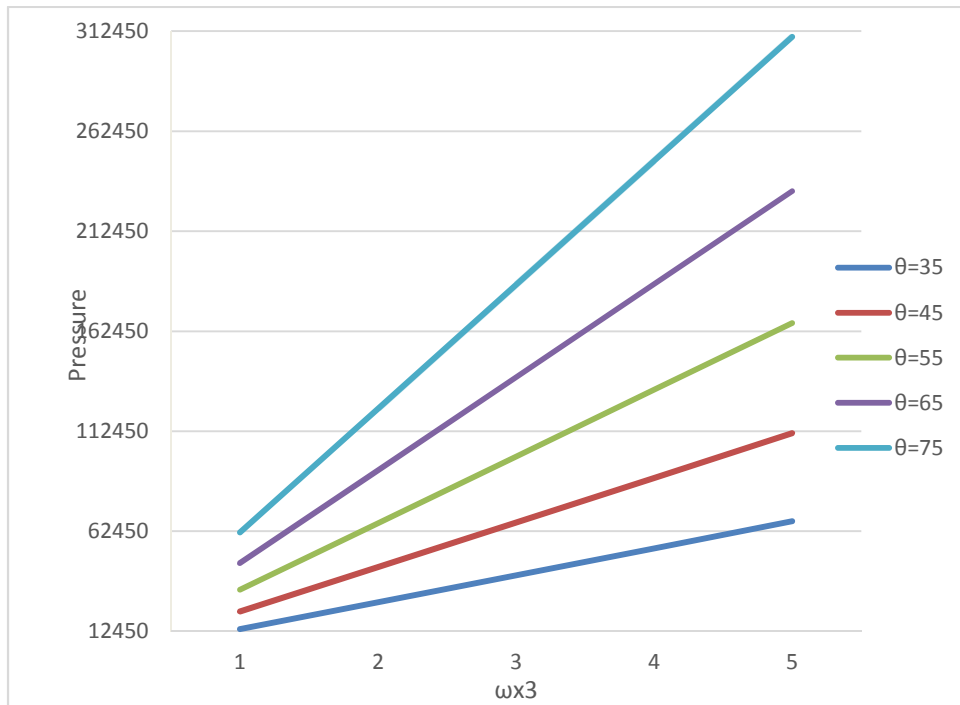


Fig. 14. Variation of Pressure distribution with respect to  $\omega_{x_3}$  and  $\theta$

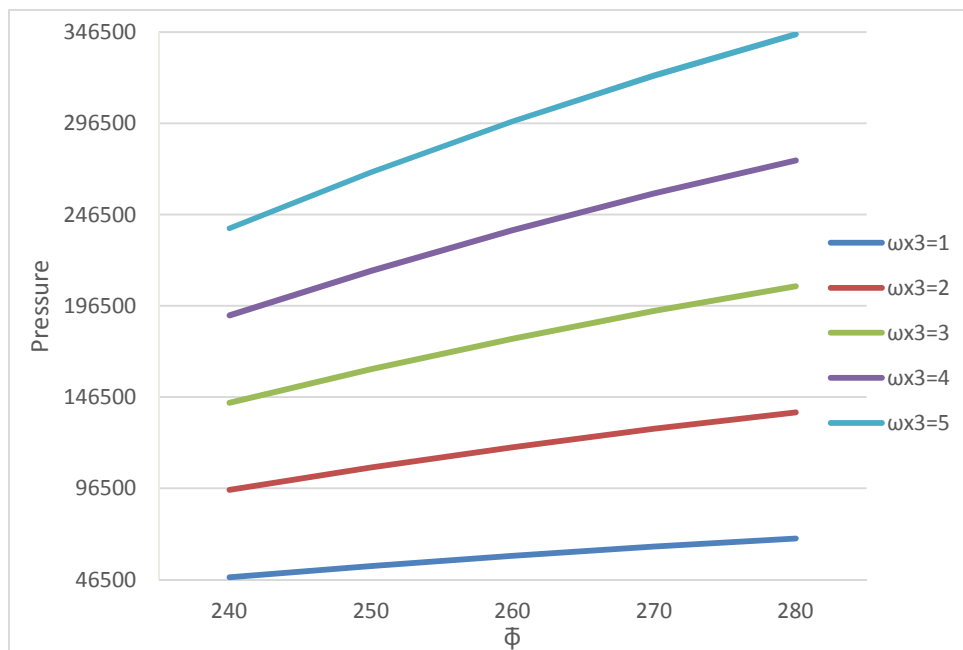


Fig. 15. Variation of Pressure distribution with respect to  $\omega_{x_3}$  and  $\bar{\phi}$

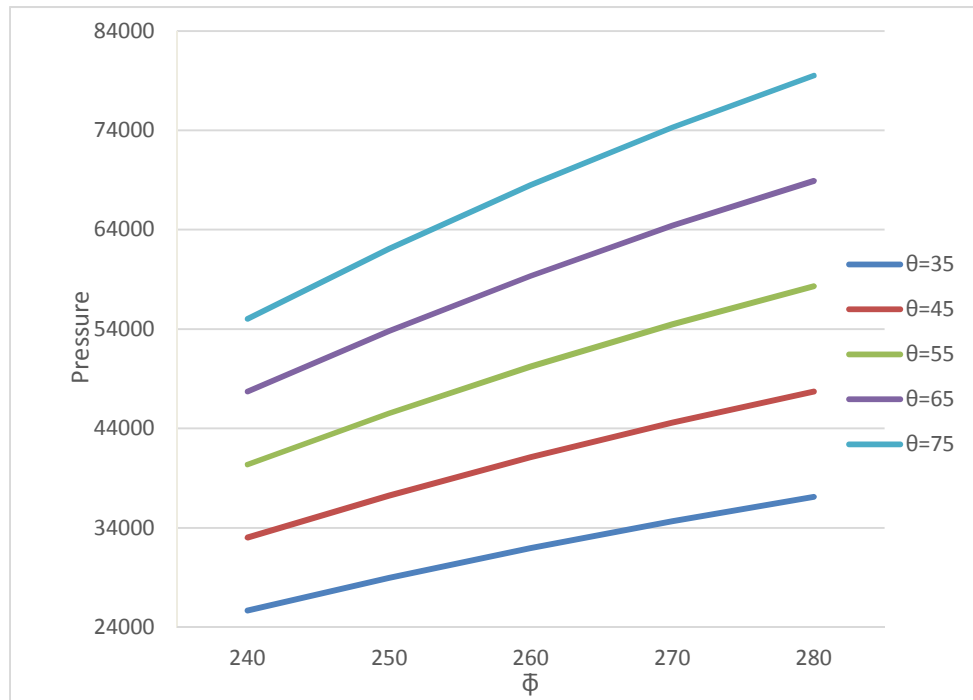


Fig. 16. Variation of Pressure distribution with respect to  $\bar{\phi}$  and  $\theta$

### 3 RESULT AND DISCUSSION

It is clearly seen that the non-dimensional pressure distribution is determined from equation (15). The effect of standard deviation on the pressure profile can be seen from figures 2 to 6. It is observed that increase in standard deviation causes reduce pressures.

The fact that the negatively skewed roughness increases the pressure can be found from figures 7 to 10. However, positively skewed roughness decreases the pressure.

From figures 11 to 13 it is interesting to note that so far as the trends of pressure is concerned the variance follows the path of skewness. Therefore the variance (-ve) and negatively skewed roughness combined may have a significant role in enhancing the pressure distribution.

Lastly, the combined effect of  $\omega_{x_3}$  and  $\bar{\phi}$  becomes more significant as compared to  $\omega_{x_3}$  and  $\theta$  combine, as can be seen from figures 14 and 15.

### 4 CONCLUSION

This investigation can be modified to represent a rough hip-joint wherein different moments can be numerically analyzed. Further, this study makes it sure that the roughness aspects must be treated on a priority basis for smooth motion of the Hip-joints.

### REFERENCES

- [1] Peeyush Chandra 'Mathematical models for synovial joints – A lubrication biomechanical study' PhD thesis , Department of Mathematics, Indian Institute of Technology, Kanpur, India, 1975.
- [2] D .Dowson and V. Wright, Bio-tribology, in The Rheology of Lubricants, ed. T. C. Davenport, Applied Science Publishers, Barking, 1973, pp. 81-88
- [3] Z M Jin, D Dowson, J Fisher 'Analysis of fluid film lubrication in artificial hip joint replacements with surfaces of high elastic modulus'. Journal of Engineering Medicine. 1997; Volume 211, Issue 3, Pages 247-256.

- [4] Feng Liu, Zhongming Jin, Paul Roberts, Peter Grigoris 'Effect of bearing geometry and structure support on transient elasto-hydrodynamic lubrication of metal-on-metal hip implants'. *Journal of Biomechanics*. 2007; Volume 40, Issue 6, Pages 1340–1349.
- [5] Qingen Meng, Leiming Gao, Feng Liu, Peiran Yang, John Fisher, Zhongmin Jin 'Contact mechanics and elasto-hydrodynamic lubrication in a novel metal-on-metal hip implant with an aspherical bearing surface'. *Journal of Biomechanics*. 2010; Volume 43, Issue 5, Pages 849–857.
- [6] L. Mattei, F. Di Puccio, B. Piccigallo, E. Ciulli 'Lubrication and Wear modelling of artificial hip joints: A review'. *Tribology International*. 2011; Volume 44, Issue 5, Pages 532-549.
- [7] Robert Sonntag, Jörn Reinders, Johannes S. Rieger, Daniel W. W. Heitzmann, J. Philippe Kretzer 'Hard-on-Hard Lubrication in the Artificial Hip under Dynamic Loading Conditions'. *Plos One*. 2013; Volume 8, Issue 8, e71622.
- [8] Francesca Di Puccio and Lorenza Mattei 'Biotribology of artificial hip joints'. *World J Orthop*. 2015; Volume 6, Issue 1, Pages 77-94.
- [9] Shatish Ramjee 'Numerical Analysis of Lubrication in an Artificial Hip Joint' PhD thesis, Department of Chemical Engineering, University of Pretoria, Pretoria, 2008.
- [10] Christensen H. and K. Tonder, 'The hydrodynamic lubrication of rough bearing surfaces of finite width'. *Journal of Tribology* 93.3 (1971): 324-329.
- [11] Christensen H. and K. Tonder, 'The hydrodynamic lubrication of rough journal bearings'. *Journal of Tribology* 95.2 (1973): 166-172.
- [12] Tonder K. and H. Christensen 'Waviness and roughness in hydrodynamic lubrication'. *Proceeding of the Institution Mechanical Engineers* 186.1 (1972): 807-812.
- [13] Bergmann, G.; Knegendorf, H.; Graichen, F. and Rohlmann, A. 'Influence of shoe and heel strike on the loading of a hip joint', 1995 *Journal of biomechanics*, Volume 28 Issue 7.

## L'incidence de la normalisation et de l'innovation sur la croissance économique - étude empirique : cas des industries de transformation au Maroc

### [ The impact of standardization and innovation on economic growth - an empirical study: case of processing industries in Morocco ]

*Rabah Kissami<sup>1</sup> and El Mokhtar Zbair<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Docteur en Economie FSEJS- Mohammed V- Agdal, Morocco

<sup>2</sup> Department de l'Enseignement supérieur, Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche Scientifique et de la Formation des Cadres, Rabat, 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:** In this article we aim, on the one hand, to show how quality standards can contribute to dissemination and stimulation of innovation. On the other hand, we propose an econometric model, based on Solow growth model, to test the impact of the stock of quality standards and innovation, measured by the stock of patents, on economic growth. The model thus proposed is applied to data from processing industries in Morocco. The results show a significantly positive effect of the stock of quality standards on the economic growth of this sector.

**KEYWORDS:** Quality standards, innovation, economic growth, Solow growth model, processing industries.

**RESUME:** Dans cet article nous visons d'abord, à montrer comment les normes qualité peuvent contribuer à la diffusion et à la stimulation des innovations. Puis, nous proposons un modèle économétrique, basé sur le modèle de croissance de Solow, pour tester l'impact du stock des normes qualité d'une économie et l'innovation, mesurée par le stock des brevets, sur la croissance économique. Le modèle ainsi proposé est appliqué aux données des industries de transformation au Maroc. Les résultats obtenus montrent un effet significativement positif du volume du stock des normes qualité sur la croissance économique de ce secteur.

**MOTS-CLEFS:** Norme qualité, innovation, croissance économique, modèle de croissance de Solow, industries de transformation.

## 1 INTRODUCTION

Le mot « norme » peut vouloir couvrir des choses très variées. Il y a d'un côté la réglementation, ce qu'on appelle les normes juridiques. Il y a aussi des normes volontaires qui ne sont pas obligatoires. De même, la norme peut être aussi nationale, régionale ou internationale. Il est nécessaire de distinguer entre les normes juridiques (obligatoires, non optionnelles) qui peuvent donner lieu à des pénalités et les normes volontaires par nature faites et utilisées par les acteurs si et quand ils le souhaitent.

En ce qui concerne les normes volontaires, elles permettent l'interopérabilité, la communication et l'échange. Les normes quelles que soient leurs niveaux, national, régional ou international, font l'objet d'un réexamen systématique tous les cinq ans. A cet égard, elles peuvent soit être conservées, soit évoluer ou être supprimées. Au niveau de la normalisation, le stock

de normes volontaires concerne tous les secteurs et il est régulièrement tenu à jour en tenant compte des évolutions technologiques ou sociales. L'intérêt des normes volontaires est qu'elles permettent d'avoir accès à une connaissance commune et partagée. Par contre, les brevets constituent de la connaissance privative. Cela permet aux uns comme aux autres de mieux travailler ensemble en sachant ce qu'attendent les uns des autres sans ambiguïté sur le langage employé.

Cet article cherche, dans un premier temps, à montrer comment les normes qualité peuvent faciliter la diffusion et la stimulation des innovations et par la suite contribuer à la croissance économique, puis, à tester empiriquement l'impact de la normalisation et de l'innovation sur la croissance économique.

## **2 NORMES QUALITES COMME MOYENS DE DIFFUSION DE L'INNOVATION**

Dans une acceptation générale, la notion d'innovation technologique renvoie à l'amélioration de produits existants et à la mise sur le marché de produits ou processus nouveaux. Pour innover, l'entreprise de transformation a besoin de s'appuyer sur des bases scientifiques et techniques solidement établies au préalable. Cela est nécessaire pour éviter, d'une part, de réinventer ce qui existe déjà et, d'autre part, de faire des erreurs de conception dans le domaine de la sécurité ou de l'aptitude à la fonction que le marché accepterait difficilement. Les normes existantes fournissent ces bases.

L'AFNOR [1] définit l'innovation comme étant : « le processus qui conduit à la mise en œuvre d'un ou de plusieurs produits, procédés, méthodes ou services, nouveaux ou améliorés, susceptibles de répondre à des attentes implicites ou explicites et de générer une valeur économique, environnementale ou sociétale pour toutes les parties prenantes ».

Guibert J. et Neu M. [9] soulignent qu'une « nouveauté » (invention, idée...) ne peut être considérée comme une innovation que lorsqu'elle arrive effectivement sur le marché et est exploitée. Ils considèrent que la normalisation favorise la diffusion des « nouveautés », elle augmente donc leurs chances d'arriver sur les marchés et de devenir de véritables innovations. Le brevet décrit la solution technique qui, en répondant à un problème de même nature, permet la réalisation du produit. Par ailleurs, la norme décrit les spécifications techniques de ce produit, portant sur les performances et sur l'interopérabilité de celui-ci.

Selon [9], le brevet et la norme sont donc par nature des éléments complémentaires sur le fond. Le détenteur de brevet(s) a par ailleurs un intérêt à cela puisque la normalisation lui ouvrira les marchés les plus larges. En effet, il y a une complémentarité réelle et naturelle entre la normalisation et l'innovation. La norme, dans les domaines techniques où elle est nécessaire (c'est-à-dire, par exemple, s'il y a un impact sur l'acceptation sociétale, la santé, l'hygiène et la sécurité du public ou des travailleurs, un fort contexte d'interfaces et d'interopérabilité ou un important besoin de développer de nouveaux moyens de mesure et de test), élargit le marché que l'innovation adressera. Par ailleurs, avant de chercher à normaliser le processus d'innovation, il y a utilité à diffuser de bonnes pratiques visant à développer des outils méthodologiques indispensables aux acteurs de l'innovation et de la recherche. Il y a une forte complémentarité entre la recherche et la normalisation dans les domaines où la normalisation est nécessaire et où l'apport de compétences des chercheurs permet de développer des normes assises sur une large base. Enfin, il y a une forte complémentarité entre le brevet et la norme, la vocation de chacun d'eux étant de promouvoir l'innovation. Une utilisation conjointe du brevet et de la norme produit des effets de levier très importants pour la diffusion des technologies.

D'après [1], la normalisation est un vecteur de diffusion des innovations, elle ajoute que la normalisation peut accompagner l'innovation en constituant un élément clé des stratégies de mise sur le marché et de raccourcissement du cycle entre les pionniers et le marché de masse. La normalisation peut être utilisée tant en amont qu'en aval du processus d'innovation, de recherche et de développement. Elle considère aussi que la normalisation favorise la capitalisation des connaissances interdisciplinaires, la diffusion des connaissances de la recherche et du développement, des pratiques industrielles et commerciales, la normalisation peut permettre de faire émerger des idées nouvelles et de nouveaux concepts. Elle permet d'orienter les choix techniques au niveau de la recherche, d'anticiper les futures règles du marché, mais également d'imaginer de nouveaux concepts. La normalisation peut donc, en ce sens, donner naissance à des innovations.

Aussi, La normalisation contribue à la diffusion de l'innovation pour construire un langage commun, favoriser l'interopérabilité et la compatibilité des équipements dans des domaines matures et réaliser des économies d'échelle. En entérinant les meilleures pratiques du moment, la normalisation permettait de réduire la variété et donc de réduire les coûts de production. Une entreprise qui participe au développement des normes en y intégrant ses propres innovations, peut ainsi faciliter l'accès au marché de ses produits et augmenter ses parts de marché. De même, la normalisation internationale, organisée par l'ISO, permet la diffusion rapide des innovations dans le cadre des échanges commerciaux internationaux. L'Accord sur les obstacles techniques au commerce (OTC) de l'Organisation Mondiale du Commerce (OMC) reconnaît en effet

l'importance de la contribution des normes internationales et des systèmes d'évaluation de la conformité dans l'amélioration de l'efficacité de la production et la facilitation du commerce international. La normalisation internationale permet, en évitant la prolifération de standards nationaux, de réduire les coûts des transactions, ainsi que les coûts de certification (les audits redondants sont évités).

Contrairement à une idée répandue, les normes n'impliquent pas la collectivisation des inventions et n'empêchent pas la propriété intellectuelle. La norme est formulée le plus souvent en termes de résultats à atteindre, pas en termes de solution technique. Elle porte généralement sur l'interopérabilité et les interfaces, sans décrire techniquement la solution déployée. Une norme peut donc passer par l'utilisation d'un brevet, moyennant l'accord par le titulaire de licences en général gratuites, et toujours dans des conditions raisonnables et équitables. La normalisation peut être un vecteur d'innovation car elle synthétise le capital immatériel de l'entreprise et représente le lien entre ce capital de savoir-faire et les exigences du marché. La position spécifique d'une entreprise industrielle sur un marché donné résulte de la gestion de son patrimoine immatériel : la fabrication d'un produit dans une usine n'est que l'une des expressions de l'exploitation de ce patrimoine, celui-ci s'exprime notamment dans la composition de son référentiel normatif. La normalisation donc peut être considérée comme un soutien efficace du brevet. La protection par la prise d'un brevet est souvent insuffisante dans la mesure où le brevet ne peut fournir de moyens d'évaluation de la qualité du produit breveté, ni de son respect des règles de sécurité, ni de son aptitude à répondre au besoin, ni de ses caractéristiques comparées avec celles de la concurrence, toutes choses qu'une norme d'essai ou d'analyse bien construite permet d'obtenir.

### 3 LES NORMES COMME STIMULANT DES INNOVATIONS

Les normes stimulent l'innovation, comme il a été souligné par Mignot H. et Penan H., [4], « tout projet industriel a besoin, pour être mené à bien, de disposer du système de référence de base que la normalisation lui fournit. L'entreprise doit ainsi veiller à ce que tout projet de recherche et développement s'inscrive dans la normalisation existante, ses produits risquant d'être éliminés par ceux des concurrents mieux acceptés par le marché parce que mieux accordés aux normes en vigueur. Cela est particulièrement vrai lorsque les produits en cause sont exportés car, bien souvent, une solution éprouvée conforme à des normes connues est mieux acceptée qu'une solution innovante sans référence normative. ».

De même, c'est grâce à la norme volontaire que l'innovation peut être développée dans le domaine industriel. En effet, à l'heure actuelle, compte tenue de la concurrence accrue, le client a un choix de plus en plus large. En revanche, il ne dispose pas toujours d'une information objective qui le rassure sur le niveau de la qualité des produits. A cet égard, pour les entreprises, le fait de prouver que leurs produits sont de qualité, devient un facteur-clé de la compétitivité. Mais comment prouver cette qualité ? Les opérations qui contribuent à mettre en forme et à garantir la qualité des produits (tels que les labels, les marques, les certificats et les normes) occupent une place de plus en plus importante dans le fonctionnement des marchés et dans la recherche économique.

### 4 NORMES QUALITE, INNOVATION ET CROISSANCE ECONOMIQUE

Nonak. I [6] souligne que « dans une économie où la seule certitude est l'incertitude, la seule source d'avantage concurrentiel durable est le savoir », on peut alors s'interroger sur le rôle de la normalisation dans la diffusion du savoir et des connaissances ? Notre hypothèse à cet égard est la suivante : la normalisation facilite la diffusion du savoir.

L'importance du taux de croissance dans une économie dépend de la motivation de la création des normes dans une économie (sous pression externe, volontaires, selon le nombre d'entreprises qui adoptent ces normes et le stock de normes).

Commençons par passer en revue les études macroéconomiques, En France [8], la normalisation contribue directement à la croissance de l'économie, à raison de 0,81 %, soit près de 25 % de la progression du PIB. Au Canada [5], avec l'augmentation des normes mises en œuvre entre 1981 et 2004, la productivité du travail a progressé de 17 % et le taux de croissance de l'économie (PIB réel) de 9 %. Sans ces normes, le PIB réel aurait été inférieur de CDN 62 milliards. En Nouvelle-Zélande [5], les gains au niveau macroéconomique tiennent à une production plus efficace (productivité du travail) et à une meilleure prise de décision (productivité du capital). Les normes sont un puissant levier économique, et une telle dynamique pourrait à long terme déboucher sur une progression de 1 %, soit NZD 2,4 milliards, du PIB du pays. En Australie [5], en quarante ans (jusqu'à 2002), avec 1 % de normes en plus, la productivité économique du pays s'est élevée de 0,17 %. En outre, au même titre que les dépenses de recherche et développement, les normes participent à la constitution d'un capital de connaissances : en augmentant de 1 % ce capital, on peut améliorer la productivité de 0,12 %. En Allemagne [8], les avantages économiques de la normalisation se situent à près de 1 % du PIB, où la contribution des normes à la croissance économique est bien plus importante que celle des brevets ou des licences. Les secteurs de l'industrie allemande tournés vers l'exportation se sont servis des normes pour ouvrir de nouveaux marchés et faciliter l'évolution technologique. Au

Royaume-Uni [8], les normes contribuent, chaque année, pour GBP 2,5 milliards à l'économie. En outre, elles comptent pour 13 % dans l'augmentation de la productivité du travail. Il est reconnu que les normes sont des vecteurs d'innovation et d'évolution technologiques.

## 5 ETUDE EMPIRIQUE : CAS DU SECTEUR DE LA TRANSFORMATION AU MAROC

Selon le Forum Economique Mondial [3], comme le montre le tableau ci-dessous, le Maroc se positionne 106ème sur 148 pays à l'échelle internationale en 2013 au niveau du poids de l'innovation. En outre, les entreprises marocaines déposent 0,6 brevets par million d'habitants. À titres comparatifs, les entreprises françaises en déposent 17 000 par an, contre 60 000 en Allemagne. Dans un contexte mondialisé où l'offre dépasse la demande, l'innovation demeure la nouvelle richesse des nations. En effet, le moteur de la prospérité aujourd'hui, c'est plus que jamais l'innovation et la différence entre les nations se fera dans la capacité à créer de nouveaux produits ou de nouveaux procédés. L'économie de demain est une économie de l'immatériel, de la connaissance et de la créativité. Les pays qui réussiront sont ceux qui sauront créer l'environnement le plus favorable à l'innovation. Donc ce qui fait la différence, ce n'est pas la recherche en elle-même, mais comment elle est organisée, pilotée et connectée. En ce qui concerne la capacité d'innovation, le Maroc se situe au 129ème rang sur 148 pays à l'échelle mondiale avec un score de 2.9 sur 7. S'agissant de la qualité des établissements de recherche scientifique, le Maroc est classé au 103ème rang avec un score de 3,2. Quant aux dépenses de R&D des entreprises, il est en 126ème rang. Pour ce qui est de la collaboration universités-entreprises pour la R&D, il se situe au 116ème rang. En matière d'acquisition publique de technologies avancées. Il est au 96ème rang. Concernant la disponibilité locale de scientifiques et d'ingénieurs, il est au 39ème rang. Enfin, le Maroc produit 0.6 brevets d'invention par million d'habitants.

*Tableau 1. Le poids de l'innovation au Maroc*

	Score (1-7)	Class./148 économies
<b>12e pilier : Innovation</b>	2.9	106
<b>12.01 Capacité d'innovation</b>	2.8	129
<b>12.02 Qualité des établissements de recherche</b>	3.2	103
<b>12.03 Dépenses de R&amp;D des entreprises</b>	2.5	125
<b>12.04 Collaboration universités-entreprises pour la recherche et le développement</b>	3.0	116
<b>12.05 Acquisition publique de technologies avancées</b>	3.2	96
<b>12.06 Scientifiques et ingénieurs travaillant dans le pays</b>	4.5	39
<b>12.07 Brevets d'invention par million d'habitants</b>	0.6	77

### 5.1 NORMES QUALITE DANS LE SECTEUR DE LA TRANSFORMATION AU MAROC

Selon [7] le nombre des entreprises industries de transformation certifiées a atteint 557 entreprises en 2013, soit un taux de certification de l'ordre 7%. Par grand secteur d'activité, la chimie-parachimie arrive en tête avec 205 entreprises, suivi du secteur de l'agroalimentaire (141 entreprises). Le tableau ci-dessous présente la répartition des entreprises par secteur d'activité.

*Tableau 2. Répartition des entreprises par secteur d'activité*

Grand secteur d'activité	Poids dans l'ensemble des entreprises des industries de transformation	Part dans l'ensemble des entreprises certifiées des industries de transformation
<b>Agroalimentaire</b>	26,3%	25%
<b>Chimie-parachimie</b>	31,1%	37%
<b>Electrique-Electronique</b>	2,9%	12%
<b>Mécanique-Métallurgique</b>	20,7%	20%
<b>Textile-Cuir</b>	19%	6%
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

## 5.2 L'ETAT DES LIEUX DE L'INNOVATION DES ENTREPRISES AU MAROC

Selon [2], il s'avère qu'environ 5% des entreprises au Maroc investissent dans la R&D, pour une médiane de 100.000 dirhams. La motivation de la R&D consiste essentiellement à développer de nouveaux produits et à améliorer la qualité de ceux existants même si un quart seulement des entreprises de l'enquête ont introduit de nouveaux produits dans les cinq années précédant l'enquête. Sept pour cent seulement des entreprises ont du personnel consacré à la R&D avec une médiane de 3. La sous-traitance est également faible : moins de 5 pour cent des entreprises sous-traitent des activités de R&D. Si nous combinons la recherche directe et sous-traitée, 9 pour cent des entreprises de l'enquête entreprennent explicitement des activités de R&D. Ce pourcentage varie par taille d'entreprise : alors que 5 pour cent des petites entreprises sont impliquées, ce chiffre passe à 18 pour cent pour les grandes entreprises.

Pour les entreprises novatrices toutefois, 60% de la production se concentrent dans les produits nouveaux. L'étude a relevé également des insuffisances en matière de formation continue ou de dépenses en Recherche & développement. Une entreprise marocaine sur cinq seulement propose une formation à ses employés, ce qui est très insuffisant au regard des normes internationales.

De même, à la lumière des données recueillies auprès de [10] relatives aux nombre de brevets publiés, il y a lieu de constater que le nombre des brevets publiés demeure très faible.

**Tableau 3. Evolution du nombre de brevets publiés au Maroc**

Année	1996	2000	2005	2010	2012
Nombre de brevets publiés	75	114	45	129	112
Cumul du nombre de brevets publiés	944	1330	1871	2474	2712

## 5.3 SPECIFICATION DU MODELE ECONOMETRIQUE

Afin d'évaluer l'impact macroéconomique de la normalisation et de l'innovation sur la croissance économique on part du modèle de croissance de Solow [11]. Il est basé sur une fonction de production de type Cobb-Douglas et des facteurs de production suivants : capital, travail et progrès technologique.

L'expression mathématique de la fonction de production est :

$$Y_t = A(t)F(K_t, L_t) \quad (1)$$

Où :

$$F(K_t, L_t) = K_t^\alpha L_t^\beta \text{ et } \alpha, \beta > 0$$

$Y_t$  Représente l'output macroéconomique à la date  $t$ ,  $K_t$  correspond au capital engagé à la date  $t$ ,  $L_t$  reproduit le niveau d'emploi respectivement à la date  $t$  et  $A(t)$  fait référence au progrès technologique qui est considéré comme exogène dans le modèle de Solow.

Le progrès technologique  $A(t)$  est supposé ici comme une fonction des connaissances technologiques générées  $Z_t$ .

$$A(t) = G(Z_t)$$

On suppose que l'impact de la normalisation sur la croissance économique résulte de la diffusion des connaissances technologiques dans beaucoup d'entreprises. Ce qui accroît globalement le pouvoir d'innovation de l'économie nationale et augmente le taux de progrès technologique.

Ainsi  $A(t)$  peut être spécifié comme suit :  $A(t) = N_t^\gamma B_t^\delta$

Par suite, l'équation de production peut s'écrire comme :

$$Y_t = c \cdot K_t^\alpha L_t^\beta B_t^\gamma N_t^\delta$$

La fonction de production précédente nous propose Le modèle économétrique suivant, traduisant une relation de long terme entre les variables ainsi introduites :

$$y_t = a + \alpha k_t + \beta l_t + \gamma n_t + \delta b_t + e_t$$

Dans ce modèle  $y_t$  représente la croissance économique – la variable à expliquer –, qui est déterminée par les variables autonomes figurant dans la partie droite de l'équation. Il s'agit respectivement de : logarithme du capital, logarithme du nombre de travailleurs salariés, logarithme du stock de normes publiées, logarithme du stock de brevets et le terme d'erreur supposée de moyenne zéro et de variance  $\sigma^2$ .

#### 5.4 ESTIMATION DU MODELE

Le tableau ci-dessous montre les résultats relatifs aux paramètres déterminant le progrès technologique (brevets, normes). Les coefficients positifs indiquent qu'il y a un impact positif sur la croissance économique alors que les coefficients négatifs attestent un impact négatif sur la croissance. Il ressort du tableau que seule la normalisation a un impact significativement positif sur la croissance économique. Le résultat 0.074 indique qu'une augmentation de 1% du stock des normes induit une augmentation de 0.074% du PIB en toute chose égale par ailleurs.

**Tableau 4. Estimation des paramètres de l'impact de la normalisation sur la croissance des industries de transformation au Maroc**

	Coefficients	Ecart type	Valeur t	P- value
Normes	0,074	0,018	4.22	<b>0,001</b>
Brevets	0.001	0.009	0.13	0.896
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0.74</b>			

## 6 CONCLUSION

En conclusion, l'étude économétrique menée sur l'impact de la normalisation et de l'innovation sur la croissance économique du secteur des industries de transformation au Maroc confirme l'existence d'un impact positif de la normalisation sur la croissance de la valeur ajoutée des industries de transformation au Maroc mais qui demeure très faible, de l'ordre de 0.074. En d'autres termes, un accroissement de 1% du stock de normes induit une croissance de l'ordre de 0.074% de la valeur ajoutée du secteur des industries de transformation. Ce résultat demeure faible relativement aux résultats obtenus dans la littérature (France : 0.12%, Allemagne : 0.18%). Il s'est avéré aussi que seules les normes ont un impact sur la croissance économique des industries de transformation alors que l'impact des brevets demeure non significatif.

## REFERENCES

- [1] AFNOR, "Innovation, recherche et normalisation: Comment favoriser les interactions ?", Rapport d'Etude, Septembre 2008.
- [2] Banque Mondiale & Ministère de l'Industrie et du Commerce, "Secteur manufacturier marocain à l'aube du 21<sup>ème</sup> siècle, résultats de l'enquête pour l'analyse et la compétitivité des entreprises," FACS-Maroc, 2004.
- [3] Forum Economique Mondial, "Rapport global sur la compétitivité," 2014.
- [4] H. Mignot et H. Penan, "Comment tirer un meilleur parti de la normalisation ? Le référentiel normatif," Revue Française de Gestion, Nov-déc 1995.
- [5] Haimowitz et J Warren, "Valeur économique de la normalisation," Conseil canadien des normes, Juillet 2007.
- [6] I. Nonak, "L'entreprise créatrice de savoir," Le Knowledge management, 1st Ed Editions d'organisation Paris, pp.35-63.
- [7] Institut Marocain de Normalisation, "Statistiques Normes Qualité au Maroc," 2014.
- [8] International Organization for Standardization, "Norme : Quel bénéfice net ?," Rapport ISO 2012.
- [9] J.C. Guibert et M.Neu, "La normalisation et l'innovation sont-elles antagonistes, ou complémentaires ?," Responsabilité et environnement, 2012/3 N° 67, p. 30-34.
- [10] Office Marocain de la Propriété Industrielle et Commerciale, "Rapport d'activité," 2013.
- [11] R. Solow, "A contribution to the theory of Economic Growth," The Quarterly Journal of Economics, Vol 70, N° 1, 1956, PP. 65-94.
- [12] Rabah Kissami and El Mokhtar Zbair, "External performance of processing industries in Morocco and quality standards," International Journal of Innovation and Applied Studies, vol. 8, no. 4, pp. 1526–1532, October 2014.
- [12] Rabah Kissami, "Norme qualité et leurs incidences sur la performance globale des entreprises de transformation au Maroc" Thèse de Doctorat - 2015– Université Mohammed V – Rabat.

## Etude comparée de l'activité floculante de *Moringa oleifera* et *Vetivera zizanoïdes* dans la clarification des eaux de mare au plateau de Batéké, République Démocratique du Congo

### [ Comparative study of the flocculating activity of *Moringa oleifera* and *Vetivera zizanoïdes* in the clarification of pond water from "Plateau de Batéké", Democratic Republic of the Congo ]

Koto-te-Nyiwa Ngbolua<sup>1</sup>, Aaron L. Pambu<sup>1</sup>, Louange S. Mbutuku<sup>1</sup>, Honoré Kongo Nzapo<sup>2</sup>, Gédéon N. Bongo<sup>1</sup>, Nadine Bipendu Muamba<sup>3</sup>, Clarisse M. Falanga<sup>1</sup>, Zoawe B. Gbolo<sup>1</sup>, and Pius T. Mpiana<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RD Congo

<sup>2</sup>Institut Supérieur des Sciences de Santé de la Croix Rouge, B.P. 12149 Kinshasa I, RD Congo

<sup>3</sup>Département de Chimie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RD Congo

---

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** The access to safe water remains a serious major concern in Africa particularly in rural areas. The aim of this study was to assess the efficiency of pond water treatment consumed by plateau de Batéké population in Bita village using *Moringa oleifera* seed powder and *Vetivera zizanoïdes* root powder. Pond water samples were treated with different concentrations of *M. oleifera* seeds and *V. zizanoïdes* roots as a bio-coagulant. The measurement of physico-chemical parameters in the course of time has permitted to determine the optimum conditions and to evaluate the treatment efficacy. Results revealed that *Moringa oleifera* seeds are more efficient than *Vetivera zizanoïdes* roots. This activity is dose dependent. After one day post-treatment, the rate of turbidity reduction is 93.53% at the concentration of 1.818 g/l. Also, the treatments allowed the reduction of nitrates and nitrites in treated pond water. These results indicate that *M. oleifera* improve considerably physico-chemical quality of treated pond water. Thus, this approach is ecological and respectful of the environment. It is inexpensive, simple and beneficial for the populations of the rural zones. Moreover, *M. oleifera* is a plant species particularly easy to cultivate in an intensive way and is adapted to the tropical climate of Africa.

**KEYWORDS:** Pond water, Bio-coagulant, *Moringa oleifera*, *Vetivera zizanoïdes*, rural zones.

**RESUME:** L'accès à l'eau potable demeure une préoccupation majeure en Afrique, particulièrement en milieu rural. La présente étude avait pour but le traitement de l'eau de mare consommée par la population de village Bita au plateau de Batéké (République Démocratique du Congo) par les graines de *Moringa oleifera* et les racines de *Vetivera zizanoïdes*. Les échantillons d'eaux de mare ont été traités avec différentes concentrations de bio-coagulant. Le suivi de paramètres physico-chimiques en fonction du temps a permis de déterminer les conditions optimales et d'évaluer l'efficacité des traitements. Les résultats obtenus indiquent que les graines de *Moringa oleifera* clarifient plus efficacement l'eau de mare que les racines de *Vetivera zizanoïdes*. Cette activité est dose-dépendant. Après une durée seulement d'un jour post-traitement, le taux de réduction de la turbidité est égal à 93,53% à la dose de 1,818 g/L. Les traitements ont également permis de réduire les teneurs en nitrates et nitrites. Ces résultats indiquent que les graines de *M. oleifera* améliorent considérablement la qualité physico-chimique des eaux de mare. Ainsi, cette approche est écologique et respectueuse de l'environnement, elle est peu

coûteuse, simple et bénéfique pour les populations des zones rurales. En outre, *M. oleifera* est un taxon végétal particulièrement facile à cultiver de manière intensive et est adapté au climat tropical d'Afrique.

**MOTS-CLEFS:** Mare, Bio-coagulant, *Moringa oleifera*, *Vetivera zizanoïdes*, zones rurales.

## 1 INTRODUCTION

L'accès à l'eau potable demeure une préoccupation majeure en Afrique, particulièrement en milieu rural où les populations sont confrontées à une gestion optimale des points d'eau, l'insuffisance d'hygiène et d'assainissement et au manque de méthodes appropriées de désinfection à l'échelle familiale [1]. D'après un rapport de la PNUE en 2011, seul 26% de la population congolaise avaient accès à l'eau potable salubre, 90% de la population s'approvisionnent dans des sources, puits et mares qui ne sont pas protégés et deviennent des sources potentielles de contaminations.

Chaque jour, selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), plus de 6.000 personnes meurent des maladies hydriques. En 2011 on a dénombré près de deux millions des morts dont plus de la moitié étaient des enfants faute d'une insuffisance d'hygiène et assainissement et au manque de méthodes de traitement accessible dans les milieux ruraux [1].

Dans les filières de traitement des eaux, la turbidité et la couleur sont des paramètres qui doivent être systématiquement éliminés. A cet effet, plusieurs procédés sont utilisés pour clarifier l'eau. Il s'agit entre autre de la filtration sur des matériaux poreux tels que les sables, le charbon actif en grains, la membrane, etc. ou de l'oxydation chimique comme la chloration ou l'ozonation [3], [4].

Ainsi donc, la coagulation-floculation est l'étape la plus importante de la clarification de l'eau car elle permet l'élimination des particules colloïdales ou en suspension. Celle-ci peut être réalisée aux moyens de sels de fer ou d'aluminium sous forme des chlorures ou sulfates. Ces produits chimiques coûtent chers pour les stations de traitement d'eau en Afrique [5]. En outre, en zone rurale où parfois les eaux de puits ou de mare sont utilisées pour satisfaire des besoins alimentaires, la recherche des produits de substitution aux coagulants chimiques, disponibles à moindre frais et d'utilisation facile s'impose.

En outre, sur le plan éco-toxicologique, l'utilisation de sels d'aluminium pourrait générer inévitablement une accumulation des résidus métalliques et son utilisation excessive exposerait les consommateurs au risque élevé des maladies neuro-dégénératives telles que Alzheimer [6].

De ce fait, l'intégration de procédés biologiques de traitement des eaux de consommation pourrait être une alternative durable dans l'amélioration de qualité des eaux de boisson, du fait de la disponibilité et du non toxicité [1].

Plusieurs études ont montré que, les amandes de graines de *Moringa oleifera* [1], [7] et la poudre de racine de *Vetivera zizanoïdes* [8] avaient un effet sur la qualité des eaux.

Cette étude a pour objectif, l'étude de l'activité floculante des extraits de poudres de graines de *Moringa oleifera* et de racines de *Vetivera zizanoïdes* dans la clarification des eaux de mare Tambula et Vicky du village Bitu au plateau de Batéké. Le suivi de paramètres physico-chimiques à différents temps de traitement a permis de déterminer les conditions optimales et d'évaluer l'efficacité du traitement.

Le présent travail revêt un double intérêt : d'abord sur le plan scientifique, les résultats de ce travail montrent le rôle des métabolites présents dans ces deux plantes dans le traitement de l'eau de consommation en milieu rural ; ensuite, sur le plan socio-économique, les résultats de cette étude fourniront une méthode simple et peu coûteuse pour le traitement d'eau en milieu rural.

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 SITUATION GÉOGRAPHIQUE MILIEU D'ÉTUDE

Notre étude a été menée au plateau de Batéké, situé dans la commune de Maluku dans la partie sud de la ville province de Kinshasa, les coordonnées géographiques prélevé indiquent les coordonnées suivant : 4°27'48'' de latitude sud, 16°11'47'' de longitude Est et 580 m d'altitude au-dessus de la mer.

## 2.2 DESCRIPTION DE LA ZONE D'ÉCHANTILLONNAGE

Notre cadre d'étude choisi est le village Bita, qui est un quartier rural faisant parti de plateau de Batéké situé dans la commune de Maluku, en suivant la direction de la route nationale no. 2 vers la province de Bandundu.

Les coordonnées géographiques prélevées sur le deux sites indiquent les coordonnées suivantes :

- Site 1 : TAMBULA MALEMBE situé à 04' 23''69,0° de longitude S et à 015' 79''73,8° de latitude E à une altitude de 688 m
- Site 2 : VICKY situé à 04' 23''073° de longitude S et à 015'79''63,1°de latitude E à une altitude de 687 m.

La figure 1 donne la localisation géographique des sites d'étude.

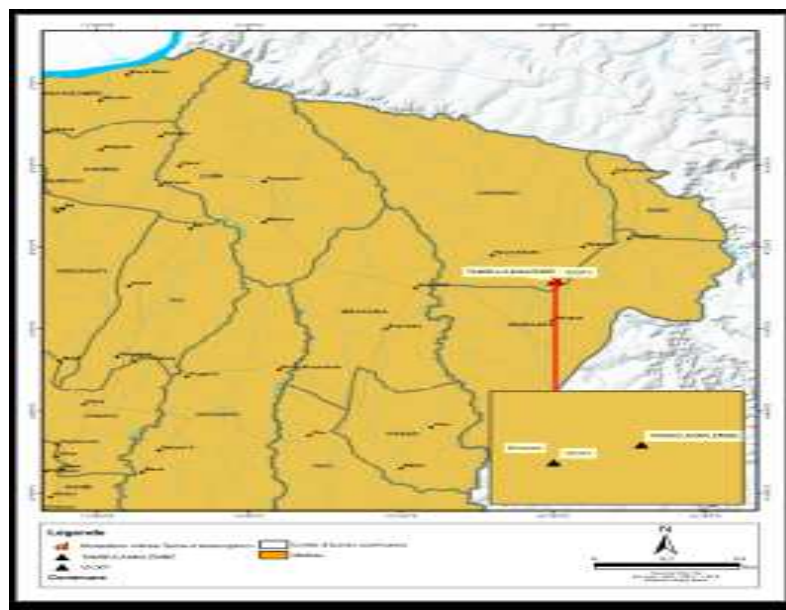


Fig. 1. Localisation géographique des sites d'échantillonnage

## 2.3 MATÉRIEL BIOLOGIQUE

Le matériel biologique utilisé dans notre étude est constitué de graines de *Moringa oleifera* et de racines de *Vetivera zizanoïdes*. Les graines sèchent et mures de *Moringa oleifera* ont été récoltés sur l'avenue By-pass dans la commune de Mont-Ngafula et les racines de *Vetivera zizanoïdes* ont été récoltées à l'Université de Kinshasa dans la commune de Lemba.

## 2.4 MÉTHODES

### ○ *Obtention de la poudre de Moringa oleifera*

Les gousses de *Moringa oleifera* laissées à sécher naturellement sur l'arbre ont été récoltées et décortiquées, les amandes ont été pulvérisées et tamisées en utilisant les techniques traditionnelles au moyen d'un mortier et d'un pilon en porcelaine, en vue de l'obtention de la poudre fine.

### ○ *Obtention de la poudre de Vetivera zizanoïdes*

Après séchage dans un endroit sec et aéré pendant deux semaines, les racines de *Vetivera zizanoïdes* ont été pulvérisées au moyen d'un mortier et d'un pilon pour obtenir la poudre fine.

○ **Prélèvement de l'eau de l'eau de mare**

L'eau a été prélevée dans le village Bita dans deux sites différents, la ferme VICKY et la ferme TAMBULA MALEMBE. La méthode de prélèvement consiste à introduire les bidons préalablement stérilisés dans l'eau de mare, de l'ouvrir, de le remplir puis de les refermer avant de le remonter à la surface. Avant le prélèvement, les valeurs de la température et du pH étaient mesurées *in situ* avec un appareil multi-paramètre COMBO.

Les échantillons d'eau ainsi obtenus ont été rapidement ramenés au laboratoire, puis conservés dans un réfrigérateur à +4 °C pour les analyses physico-chimiques ultérieures.

○ **Traitement**

La méthode de traitement d'eau consistait à préparer la solution mère d'extraits, à partir de laquelle une quantité est prélevée puis mélangée avec l'échantillon d'eau brute.

- **Préparation du bio-coagulant**

Le bio-coagulant utilisé dans cette étude (également appelé solution mère) a été préparé à partir de la poudre de graines de *Moringa oleifera* et de racines de *Vetivera zizanioides*. Environ 20 g de la poudre ont été dissout dans 1 litre d'eau distillée (20 g/L) et bien agité, puis laisser reposer pendant quelques minutes selon la méthode décrit par [7].

- **Traitement des échantillons**

Au laboratoire, les échantillons ont été traités en triplicata (avec des volumes croissants de coagulant 10 ml, 30 ml et 50 ml) afin de pouvoir déterminer les doses adéquates pour le traitement. Pour réaliser les jar-tests, 500 ml de chaque échantillon d'eau ont été introduits dans des béciers d'un flocculateur à commande électrique à six postes (FC6S Jar Test Velp Scientifique) suivi de l'ajout de différents volumes de coagulant.

- **Analyses physico-chimiques**

Les analyses physico-chimiques sont réalisées au laboratoire de la Direction d'Assainissement (DAS) du Ministère de l'Environnement, sise sur 717, avenue des tropiques dans la commune de LIMETE à Kinshasa. Ces analyses ont porté sur la détermination de la turbidité, la température, le pH, la conductivité, les nitrates et les nitrites. Ces paramètres ont été prélevés avant le traitement, un jour après traitement et trois jours après traitement à l'aide des appareils de mesure.

### **3 RESULTATS**

Les figures 2a et 2b donnent les sites sur lesquels les eaux ont été prélevées par contre les résultats des analyses physico-chimiques de ces eaux avant traitement sont repris dans le tableau 1.



Fig. 2a. Site Tambula



Fig. 2b. Site Vicky

Table 1. Résultats des analyses physicochimiques de l'eau avant traitement

Site	Paramètres physicochimiques					
	pH	Température (°C)	Conductivité (µs/Cm)	Turbidité (NTU)	Nitrites (mg/L)	Nitrates (mg/L)
Tambula	5,7 ± 0,2 (3,5)	18,7 ± 1,5 (8,0)	75,5 ± 5,6 (7,4)	41,1 ± 12,2 (29,7)	0,05 ± 0,04 (80)	0,05 ± 0,03 (60)
Vicky	5,7 ± 0,0 (0,0)	17,30 ± 2,5 (14,5)	46,1 ± 10,3 (22,3)	45,5 ± 27,5 (60,4)	0,05 ± 0,03 (60)	0,04 ± 0,03 (75)

[N.B. : les valeurs entre parenthèse représentent le coefficient de variation (%CV) qui est le rapport écart-type sur la moyenne fois 100]

Il ressort de ce tableau que sur le site Tambula, les paramètres physico-chimiques tels que le pH, la température et la conductivité ont un coefficient de variation faible (< 10%). Cependant on note une forte variation de la turbidité, des nitrites et des nitrates pendant la période de collecte des échantillons. Par contre, sur le site Vicky, cette même tendance a été aussi observée.

En comparant nos valeurs à la norme de potabilité d'eau de l'OMS, nous pouvons remarquer que les valeurs moyennes de pH, température, conductivité et nitrates sont hors normes attestant ainsi que l'eau de mare consommée au village Bita (plateau de Batéké, République Démocratique du Congo) n'est pas du point de vue physico-chimique potable.

Ainsi, elle peut être utilisée pour l'expérience dans cette étude. L'expérience consiste à mélanger l'eau de mare avec les extraits de plantes à différentes concentrations et d'en évaluer leurs effets sur la floculation et la clarification de l'eau.

Les tableaux 2 et 3 donnent respectivement les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques après le traitement de l'eau de mare en fonction des plantes utilisées, de leur concentration et de la durée de traitement.

Table 2. Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques du Marre Tambula après 1 jour et 3 jours de traitement

Durée	Paramètre physicochimiques	Extraits					
		<i>Moringa oleifera</i> (graines)			<i>Vetivera zizanioides</i> (racines)		
		0,392 g/L	1,132 g/L	1,818 g/L	0,392 g/L	1,132 g/L	1,818 g/L
Jour 1	pH	6,3±0,0	6,43±0,57	6,76±0,25	6,0±0,9	5,5±0,8	5,9±0,7
	Température (°C)	25,0±0,0	25,0±0,0	25,0±0,0	26,4±3,9	26,3±3,4	26,6±3,1
	Conductivité (µs/Cm)	60,33±3,97	68,66±48,54	74±51,68	79,0±11,8	78±10,1	74±10,3
	Turbidité (NTU)	4,33 ± 0,57	3,0 ± 1,0	2,66 ± 1,15	44,1±7,9	43±7,7	20,6±4,1
Jour 3	pH	6,3±0,26	6,5±0,0	6,9±0,1	5,7±0,8	5,6±0,8	5,9±0,9
	Température (°C)	24,5±0,707	24,5±0,707	24,5±0,707	26,1±3,9	26±4,4	25,7±4,1
	Conductivité (µs/Cm)	63,66 ± 23,007	63± 23,38	62,33±30,6	84,0±10,9	77±11,5	79±13,4
	Turbidité (NTU)	2,0±0,0	1,66±1,15	2,0±1,73	28,0±5,1	24±16,6	18,9±12,5
	Nitrites (mg/L)	0,01±0	0,025±0,02	0,20±0,16	0,8±0,1	0,8±0,1	0,8±0,1
	Nitrates (mg/L)	9±6,08	8,03±4,31	6,25±6,71	31,0±6,2	31±4,6	31±5,8

Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques du Marre VICKY après 1 jour et 3 jours de traitement

Durée	Paramètres physicochimiques	Extraits					
		<i>Moringa oleifera</i> (graines)			<i>Vetivera zizanioides</i> (racines)		
		0,392 g/L	1,132 g/L	1,818 g/L	0,392 g/L	1,132 g/L	1,818 g/L
Jour 1	pH	6,53±0,15	6,66±0,73	6,76±0,251	5,7±0,7	6,1±0,7	6,3±0,7
	Température (°C)	24,5±2,6	24,5±2,6	24,5±2,6	25,6±3,8	25,9±3,3	25,0±3,7
	Conductivité (µs/Cm)	53,66±29,26	68,33±37,26	68,33±47,52	56±8,4	76±11,4	84,0±10,0
	Turbidité (NTU)	3,66±1,15	3,0±1,0	2,33±0,57	25,7±5,1	111±8,0	77,7±2,3
Jour 3	pH	6,4±0,32	6,63±0,78	6,9±0,173	5,5±0,9	5,8±0,8	6,0±0,9
	Température (°C)	24,5±0,707	24,5±0,707	24,5±0,707	26,5±3,7	26,3±3,9	25,4±4,8
	Conductivité (µs/Cm)	62,33±38,42	63,33±20,59	57,66±30,03	66±11,8	87±13,2	94±11,2
	Turbidité (NTU)	3,33±0,57	1,66±0,57	1,33±0,577	19,7±3,3	21,5±2,3	25,5±8,0
	Nitrites (mg/L)	0,27±0,21	0,025±0,07	0,03±0,0	0,8±0,1	0,8±0,1	0,8±0,1
	Nitrates (mg/L)	9,56±5,29	9,5±5,22	7,15±6,85	32±4,8	31±6,8	34±7,4

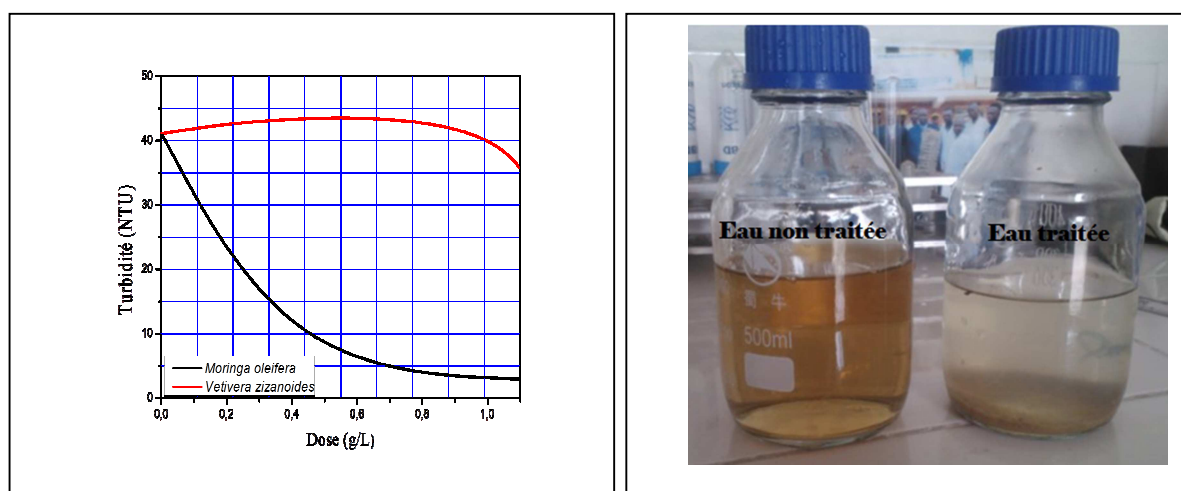
Les analyses physico-chimiques effectuées sur nos échantillons, comme c'est indiqué dans les deux tableaux ci-dessus montrent qu'après traitement de l'eau de mare, il ya eu variation de tous les paramètres évalués, ceci dans le sens de leur correction conformément aux normes établies par l'OMS.

Comparativement aux différentes doses de solution de floculation utilisées, la dose de 1,818 g/L a donné des bons résultats pour tous les paramètres analysés, elle est suivie de 1,132 g/L puis 0,392 g/L et cela pour toutes les deux plantes utilisées ; par rapport au temps de traitement c'est le troisième jour post-traitement qui a montré une grande activité floculante. En comparant les résultats de deux plantes, c'est *Moringa oleifera* qui a donné des bons résultats comparativement au *Vetivera zizanioides*. Cette activité est dose-dépendant. En effet, plus la dose du floculant augmente, plus l'activité est importante. Celle-ci se traduit par la clarification de l'eau traitée comme on peut le remarquer sur la figure 3.

Ceci peut être justifié par le faite qu'il a été rapporté dans la littérature que les graines de *M. oleifera* contiennent un polypeptide basique, plus précisément un ensemble de poly-électrolytes cationiques actifs de 12 à 14 kDa [9 ; 10 ; 11 ; 12]. Ces poly-électrolytes de charge positive neutralisent les colloïdes des eaux troubles car la majorité de ces colloïdes ont une charge négative [13].

Selon [14], la dose de graines de *Moringa oleifera* nécessaire pour le traitement se situe entre 75 et 200 mg/L, selon la turbidité initiale de l'eau. Les études d'Aminata et al 2013 ont montré que pour des eaux moyennement turbides (75-100 NTU), la dose optimale de coagulant se situe entre 250 et 300 mg/L pour obtenir des valeurs répondant à la norme de potabilité des eaux de boisson. Cependant avec nos échantillons d'eaux qui avaient une turbidité initiale de 41-45 NT, il a fallu une concentration de 1,818 g/L de coagulant pour le traitement. Il faut noter que d'après [15 ; 16], les doses requises dans le traitement des eaux au *M. oleifera* varient en fonction du taux de matières organiques présent dans l'eau, de la

turbidité initiale de celle-ci et de la nature des éléments à flocculer, notamment celle des argiles. La figure 3 donne l'activité flocculante comparée de *Moringa oleifera* et de *Vetivera zizanioides* dans la clarification de l'eau de mare après un jour post-traitement.



**Fig. 2.** **Activité flocculante de *Moringa oleifera* dans la clarification de l'eau de mare au village Bitá (Plateau de Batéké, République démocratique du Congo) ; Durée de traitement 1 Jour.**

Les recherches que nous avons menées sur le traitement de l'eau consommée par la population du village Bitá au plateau de Batéké à l'aide des plantes ont donné des résultats encourageants. En effet, cette étude pilote indique que le traitement de l'eau par les graines de *Moringa oleifera* est une stratégie écologiquement viable en tant que flocculant naturel aussi bien pour les eaux courantes très troubles que pour les eaux stagnantes et ce mode de traitement écologique permet d'améliorer la qualité de l'eau et la rendre potable [17]. La turbidité des échantillons qui au départ était très élevée (site Tambula :  $41,1 \pm 12,2$  NTU; site Vicky :  $45,5 \pm 27,5$  NTU) est réduite de manière significative à moins de 5 NTU (taux de réduction égal à 93,53% un jour après traitement de l'eau avec les graines de *M. oleifera* à la dose de 1,818 g/L), cela est conforme à la norme de potabilité de l'eau selon l'OMS [17]. En ce qui concerne le pH, l'OMS recommande une plage de 6,5 et 8,5 ; dans nos conditions expérimentales, l'utilisation de *Moringa oleifera* a permis de corriger le pH en élevant sa valeur autour de 6,3 et 6,4 ce qui n'est pas loin de cette recommandation.

Notons aussi que cette plante corrige la conductivité de l'eau traitée. L'augmentation de la conductivité qui rend compte de la minéralisation de l'eau est un paramètre physicochimique qui peut rassurer les consommateurs souffrant de maladies cardiovasculaires.

Ainsi donc, il convient de relever que les échantillons d'eau traités avec la poudre de graines de *Moringa oleifera* répondent aux normes de qualité physico-chimique de l'eau de boisson par rapport aux échantillons traités avec la poudre de racines de *Vetivera zizanioides* dont les valeurs trouvées ne répondent pas aux normes établies par l'OMS.

Par ailleurs, outre le fait que le traitement de l'eau de boisson par les graines de *Moringa oleifera* constitue une approche peu onéreuse, ces graines sont aussi douées des propriétés médicinales [18]. Le rôle d'extraits des plantes médicinales dans l'amélioration de la qualité et des conditions sanitaires de la population des zones rurales des pays en développement où plus de 80% de la population recourent aux ressources phyto-génétiques bioactives pour les soins de santé primaire est bien établi [19-28].

#### 4 CONCLUSION

L'accès à l'eau potable demeure une très grande préoccupation en Afrique sub-saharienne, particulièrement en milieu rural où les populations sont confrontées à la gestion optimale des points d'eau, l'insuffisance d'hygiène et d'assainissement et au manque de méthodes appropriées de désinfection à l'échelle familiale. De ce fait, l'intégration de procédés biologiques de traitement des eaux de consommation pourrait être une alternative durable dans l'amélioration de la qualité des eaux de boisson, du fait de la disponibilité et de l'atotoxicité des bio-coagulants. La présente étude a montré que les graines de *Moringa oleifera* sont plus efficaces que les racines de *Vetivera zizanioides*. Cette activité est dose-dépendante. En effet, plus la dose du flocculant augmente, plus l'activité est importante et se traduit par la clarification de l'eau traitée.

Après une durée seulement d'un jour post-traitement, le taux de réduction de la turbidité est égal à 93,53% à la dose de 1,818 g/L. Ainsi, cette approche est écologique et respectueuse de l'environnement, elle est peu coûteuse, simple et bénéfique pour les populations des zones rurales. En outre, *M. oleifera* est un taxon végétal particulièrement facile à cultiver de manière intensive et est adapté au climat tropical d'Afrique.

Il est donc souhaitable que des études plus approfondies soient réalisées sur la qualité microbiologique de l'eau de mare ainsi traitée.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Messieurs Jean BOLEWA et Jean-Pierre MIDINGA agents de l'ONG CADC ainsi que le Laboratoire d'Assainissement du Ministère de l'Environnement pour leur assistance technique.

## REFERENCES

- [1] A. Kabore. Étude du pouvoir floculant et des qualités épuratoires des graines de *Moringa oleifera* dans le traitement des eaux brutes de consommation en Afrique sub-saharienne : Cas des eaux du Burkina Faso. Mémoire de DEA, Université de Ouagadougou, Ouagadougou Burkina Faso, 2011.
- [2] S.A. Degremont. Mémento technique de l'eau, Tome 2. Lavoisier SAS (Éditeur) – Lexique technique de l'eau, Paris, 10<sup>e</sup> édition, 2005.
- [3] R. Desjardins. Le traitement des eaux. Presses Internationales Polytechniques, Éditions de l'École Polytechnique de Montréal, Canada. Deuxième édition, 1997.
- [4] J. Bratby. Coagulation and flocculation in water and wastewater treatment. Second Edition, IWA Publishing, London, 2006.
- [5] Organisation Mondiale de la Santé. Les effets de l'environnement sur la santé de la mère et de l'enfant. OMS, fév. 2005, aide-mémoire no. 284, Genève, Suisse, 2005.
- [6] K. Aminata, S. Boubacar, R. Francis, S.S. Alfred, D. Dayéri. Optimisation de l'efficacité des graines de *Moringa oleifera* dans le traitement des eaux de consommation en Afrique sub-saharienne : cas des eaux du Burkina Faso. Revue des sciences de l'eau, Vol. 26, no. 3, pp. 209-220, 2013.
- [7] T.H. Nkoba, D.E. Musibono, M.H. Kiatoko, M.R. Mbata, M.C. Mbu, L.A. Pambu. Impact de l'utilisation d'eaux usées traitées par lagunage à macrophyte à des fins d'irrigation sur la qualité du sol : Cas du traitement avec le vétiver (*Vetivera zizanioides*) dans le périmètre maraîcher de M'pozo, à Matadi, en République Démocratique du Congo. International Journal of Innovation and Applied Studies, Vol. 10, no. 04, pp. 1173-1185, 2015.
- [8] U.V. Katre, C.G. Suresh, M.I. Khan, S.M. Gaikwad. Structure-activity relationship of haemagglutinin from *Moringa oleifera* seeds. Int. J. Biol. Macromol., no. 42, pp. 203-207, 2008.
- [9] A. Ndabigengesere, K.S. Narasiah, B.G. Talbot. Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using *Moringa oleifera*. Water Research, no. 29, pp. 703-710, 1995.
- [10] T. Okuda, A.U. Baes, W. Nishijima, M. Okada. Improvement of extraction method of coagulation active components from *Moringa oleifera* seed. Water Research, no. 33, pp. 3373-3378, 1999.
- [11] N. Vikashni, M. Matakite, K. Kanayathu, S. Subramaniam. Water purification using *Moringa oleifera* and other locally available seeds in Fiji for heavy metal removal. Int. J. Appl. Sci. Technol., no. 2, pp. 125-129, 2012.
- [12] N. Foild, H.P.S. Makkar, K. Becker. Potentiel du *Moringa oleifera* pour les besoins agricoles et industriels. In : Potentiel de Développement Pour Les Produits de Moringa. Actes de l'Atelier International de Dar-es-Salam Saint-Sauveur, Appora, Besse et Fuglie eds, 29 octobre - 2 novembre 2001, Tanzanie, (CD-Rom) MONTPELLIER (Éditeur), 2002.
- [13] G. Folkard, J. Sutherland. Development of a naturally derived coagulant for water and wastewater treatment. Water Suppl., no. 2, pp. 89-94, 2002.
- [14] J.A. Faby, A. Eleli. Utilisation de la graine de Moringa, essais de floculation au laboratoire et en vraie grandeur. CIEH/EIER/Oieau, Série hydraulique urbaine et assainissement, Ouagadougou, Burkina Faso, 1993.
- [15] G. Folkard. The development of the *Moringa oleifera* and *Stenopetala* tree to provide valuable products: coagulant for water/wastewater treatment and vegetable oil. Rapport à la Commission Européenne, DG 12, projet de recherche N° TS3CT94-0309, période 1995-1997.
- [16] J. Rodier. L'analyse de l'eau: eau naturelle, eaux résiduelles, eaux de mer. Edition Dunod, Paris, France. 1996.
- [17] OMS/UNICEF. Global water supply and sanitation assessment report, Genève, Suisse, 2000.
- [18] U. Zongo, A. Savadogo, S.L. Zoungrana, P.L. Sékoné, A.S. Traoré. Intérêt nutritionnel de *Moringa oleifera* Lam. Ethnopharmacologia, no. 53, pp. 31-38, 2013.

- [19] K.N. Ngbolua, H. Rafatro, H. Rakotoarimanana, R.S. Urverg, V. Mudogo, P.T. Mpiana, D.S.T. Tshibangu. Pharmacological screening of some traditionally-used antimalarial plants from the Democratic Republic of Congo compared to its ecological taxonomic equivalence in Madagascar. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, Vol. 5, no. 5, pp. 1797-1804, 2011a.
- [20] K.N. Ngbolua, H. Rakotoarimanana, H. Rafatro, S.R. Urverg, V. Mudogo, P.T. Mpiana, D.S.T. Tshibangu. Comparative antimalarial and cytotoxic activities of two *Vernonia* species: *V. amygdalina* from the Democratic Republic of Congo and *V. cinerea* subsp. *vialis* endemic to Madagascar. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, Vol. 5, no. 1, pp. 345-353, 2011b.
- [21] K.N. Ngbolua, N.R. Mubindukila, P.T. Mpiana, C.A. Masengo, R. Baholy, P.R. Fatiany, E.G. Ekutsu, Z.B. Gbolo. In vitro Assessment of Antibacterial and Antioxidant activities of a Congolese medicinal plant species *Anthocleista schweinfurthii* Gilg (Gentianaceae). *J. of Modern Drug Discovery and Drug Delivery Research*. V1I3, 20014a. DOI: 10.15297/JMDDR.V1I3.03.
- [22] K.N. Ngbolua, N.R. Mubindukila, P.T. Mpiana, D.S.T. Tshibangu, C.A. Masengo, K.W. Nzongola, R. Baholy, P.R. Fatiany. Phytochemical screening, Antibacterial and Antioxidant activities of *Anthocleista liebrechtsiana* Wild & T. Durand (Gentianaceae) originated from Democratic Republic of the Congo. *Journal of Advancement in Medical and Life Sciences* V1I3, 2014b. DOI: 10.15297/JALS.V1I3.04.
- [23] K.N. Ngbolua. Evaluation de l'activité anti-drépanocytaire et antipaludique de quelques taxons végétaux de la République Démocratique du Congo et de Madagascar, Thèse de Doctorat: Université de Kinshasa, République Démocratique du Congo : 2012. DOI: 10.13140/RG.2.1.3513.3606.
- [24] K.N. Ngbolua, T.T. Bishola, P.T. Mpiana, V. Mudogo, D.S.T. Tshibangu, K.N. Ngombe, E.G. Ekutsu, D.D. Tshilanda, Z.B. Gbolo, T.D. Mwanangombo, P.R. Fatiany, R. Baholy. Ethno-botanical survey, in vitro antisickling and free radical scavenging activities of *Garcinia punctata* Oliv. (Clusiaceae). *Journal of Advanced Botany & Zoology* V1I2, 2014e. DOI: 10.15297/JABZ.V1I2.04.
- [25] P.R. Fatiany, R. Baholy, E. Randrianarivo, A. Raharisololalao, M.T. Martin, K.N. Ngbolua. Antiplasmodial and Cytotoxic Activities of Triterpenic Quinone isolated from a medicinal plant species *Salacia leptoclada* Tul. (Celastraceae) originate to Madagascar. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, Vol. 3, no. 10, pp. 780-784, 2013.
- [26] P.R. Fatiany, R. Baholy, E. Randrianarivo, A. Raharisololalao, M.T. Martin, K.N. Ngbolua. Isolation and structural elucidation of cytotoxic compounds from *Diospyros quercina* (Baill.) endemic to Madagascar. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, Vol. 4, no. 3, pp. 169-175, 2014.
- [27] D.S. Tshibangu, S. Divakar, M. Ramanathan, G. Syamala, K.N. Ngbolua, V. Mudogo, D.D. Tshilanda, N.M. Misengabu, P.T. Mpiana. *In Vitro* Anticancer Assessment of *Annickia chlorantha* (Oliv.) Setten & Maas Stem (Annonaceae) Bark from Democratic Republic of Congo. *Journal of Biosciences and Medicines*, no. 4, pp. 23-29, 2016.
- [28] P.R. Fatiany, K.N. Ngbolua, B. Rasondratovo, P. Rasoanaivo, B. Fiatoa, M.T. Martin, A. Raharisololalao, R. Baholy, P.T. Mpiana, V. Mudogo. Phytochemical screening and Antiplasmodial activity of *Mundulea antanossarum* seeds from Madagascar. *Discovery Phytomedicine*, Vol. 3, no. 1, pp. 1-6, 2016.

## Differential Evolution Algorithm for Hiding Fuzzy Association Rules Using Mutual Information

*K. Sathiyapriya<sup>1</sup> and G. Sudha Sadasivam<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Research Scholar, Department of Computer Science and Engineering,  
PSG College of Technology,  
Coimbatore, Tamilnadu, India

<sup>2</sup>Professor, Department of Computer Science and Engineering,  
PSG College of Technology,  
Coimbatore, Tamilnadu, 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:** Data mining is the process of extracting the useful information from the large amount of available data. Association rule mining is a popular tool for discovering useful associations from large amount of data. Once private data is released for mining, it is very difficult to prevent its misuse. Useful associations with hidden information or knowledge that are sensitive to the database owner could be easily exposed using this kind of tool. Therefore it is necessary to hide all the sensitive information that can be mined from the data in the form of association rules before releasing the data. Most of the methods proposed in literature for association rule hiding deals with binary database and few methods for quantitative database suffer with side effects. This paper proposes an approach for hiding sensitive association rules using differential evolution and mutual information. The proposed algorithm hides the rule by decreasing Association Measure of the rule below threshold. Side effects are reduced by choosing the items with higher mutual information. Experimental results on real datasets demonstrate that the proposed method can effectively sanitize the sensitive data with fewer side effects to the non-sensitive data.

**KEYWORDS:** Sensitive rules, Mutual Information, lost rules, Ghost rules, Fuzzy, Rule hiding, Differential evolution.

### 1 INTRODUCTION

Governments and production organizations use data for making decisions that provide social benefits. The key value of large databases today is research. It can be scientific, economic or market oriented. For example, research in medical field helps in finding new medicines for chronic disease; even competing businesses can share data with mutual interests for extracting hidden useful information. The main problem that arises in sharing of large amount of data is confidentiality violation.

If one organisation draws the sensitive information in the form of association rules, of its competitor then it is easy for that firm to get better of it. So each firm before releasing its own data tends to hide all the sensitive information in it. For example: patterns contained in the shared data may contain information about shelf space allocation, catalogue design, discount sales etc. Thus the need for privacy is motivated by business interests and may be due to law (e.g., for medical databases). In order to address this issue, the database owner transforms the original database in such a way that sensitive rules cannot be mined from it. That is the transactions in the original database are slightly modified. However this transformation may lead to the side effects of lost rule, ghost rule and distorted entries. The lost rules are the non sensitive rules that are lost and ghost rules are the new rules that are generated as a result of this modification. Since the database is changed, even when the same mining algorithm with the same parameters is applied on the modified database, obtained

rules could be different. A trade off should be found between the amount of modification (knowledge mined) and the data privacy. So Privacy Preserving Data Mining (PPDM) becomes a hot area of research and many algorithms were proposed to hide the confidential and private information before the data is shared. In PPDM, most of the approaches proposed hide sensitive information by perturbing the actual data. It is possible to perturb the data in different ways resulting in numerous solutions in the solution space. Each solution provides different degree of compromise between the knowledge mined and the security of private information. We need to choose an optimal solution that maximizes the knowledge mined without compromising security. Evolutionary algorithms are good in finding optimal solution for a problem with numerous solutions. Using Differential Evolution(DE), it is possible to explore the high value areas of the solution space and represent the real values of database as such. So DE is applied for effective hiding of sensitive information. This paper is organised as follows: section 2 reviews the literature for hiding sensitive association rules and section 3 provides the necessary background for the proposed algorithm. The proposed algorithm is described in section 4. The performance analysis of the proposed algorithm is provided in section 5 and the conclusion and future work is provided in section 6.

## 2 RELATED WORK

Agrawal and Srikant defined a quantitative measure to evaluate the usefulness of PPDM methods they proposed[1]. Then heuristic algorithms for identifying optimal data for sanitization based on support and confidence framework were developed [2-5]. Verikios et al. [4] proposed WSDA algorithm that hides the rules by reducing the confidence of the rule. Amiri [7] proposed a set of algorithms that hides sensitive item sets by removing transactions or items. The candidate transactions for removal are identified from the number of sensitive and non-sensitive item sets they support. Hong et al. devised a lattice-based algorithm that uses item deletion for hiding the sensitive information. The proposed lattice structure helped to speed up the sanitization process [8]. Then Hong et al. [9] used the TF – IDF concept in text mining to assign a SIF-IDF value to each transaction. This value ranks the transaction based on how much a transaction supports sensitive item set. Sun [10] proposed a border-based approach for preserving the border of non-sensitive frequent item sets. The importance was given to reduce the number of lost rules. Wu et al. [12] proposed a template based algorithm to eliminate the side effects of rule hiding but it still had the side effect of hiding failure. All above algorithms are distortion-based [13, 14] which perform the hiding task by removing or adding items in a dataset. Blocking based techniques introduced by Saygin et al. [5] performs hiding by replacing some original values of a dataset with unknowns. The blocking-based method does not add any fake information to the actual dataset which helps in avoiding discovering false knowledge in some applications like medical database analysis[4,11]. The optimal sanitization of databases is regarded to be an NP-hard problem [6].

Han and Ng proposed GA based secure protocols for discovering rules among the private data owned by two parties[15]. It uses the true positive and true negative to evaluate the goodness of each decision rule. Genetic algorithms (GAs) were usually used to find optimal solutions in the least amount of time [20]. Dehkordi et al [16] designed fitness function in such a way to reduce the side effects in the proposed multi objective genetic algorithm method. Hong et al. introduced pre large item set that are not large item set but has the potential to become large item set in future due to item insertion or deletion. This helps in updating the original data in single scan[19]. To solve the limitations of traditional GA-based algorithms with high requirements of memory and computations at each evolutionary process, the compact GA (cGA) mechanism [17] and the prelarge concept [18] are adopted in the proposed cpGA2DT algorithm. Shah et al. applied genetic algorithm for hiding sensitive rules[25] . The proposed Fitness function has two parts: i)transaction sensitivity and ii) Transaction priority. Transactions that contain the maximum number of sensitive items and minimum number of data items are chosen for modification. Hameed et al. integrated fuzzy correlation analysis and Apriori algorithm to mine fuzzy association rules[26]. For sanitization, a modification technique where maximum value of fuzzy items that occurs most frequently is substituted with zero.

Considering the side effects and the diversity of database, designing of various approaches for hiding sensitive association rules is still in progress in order to find good solution. The contribution of this work is:

- Hides Fuzzy Association Rules(FAR). Unlike binary association rule hiding that involves insertion and deletion of items, FAR hiding involves modifying the quantity of items. Most of the work in literature is for binary association rule hiding
- Uses Differential Evolution(DE) for FAR hiding. In literature DE was applied only for mining and not for hiding fuzzy association rules.
- Proposes a new measure called Association Measure(AM) which considers both the occurrence frequency and the information one item provides about the other.

### 3 BACKGROUND

An association rule is defined as an inference  $X \rightarrow Y$ , where both  $X$  and  $Y$  are sets of attributes called items. Here  $X$  is called as the body of the rule and  $Y$  is called as the head of the rule. It is interpreted as: "for a specified fraction of the existing transactions, a particular value of an item set  $X$  determines the value of item set  $Y$  with a certain confidence". Support and confidence are the two measures that determine the usefulness of the association rules. Support is the percentage of transactions that contain both  $X$  and  $Y$ , while confidence is the ratio of the support of  $X \cup Y$  to the support of  $X$ .

The association rules for quantitative data are different from that of the rules mined from binary dataset. The quantitative rules are specified as intervals for each of the items in the rule. Example,  $\text{status}(X, \text{married}), \text{age}(X, 40 - 50), \text{salary}(X, 30,000 - 40,000) \rightarrow \text{owns}(X, \text{Cars})$  support = 60%, confidence = 40%. In the above example, items age and salary are given as intervals. This type of rules have sharp boundary problem. That is, those with salary 29,500 or age 39 have less probability of owning cars. In order to avoid this problem the quantitative data is fuzzified and fuzzy association rules are mined from this data.

Let  $I = \{i_1, i_2, i_3, \dots, i_m\}$  be the complete item set where each  $i_j$  ( $1 \leq j \leq m$ ) is a quantitative item. Given a database  $D = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$  where each  $t_j$  is a transaction with items  $I$ . Let  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_p\}$  and  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_q\}$  be two large disjoint itemsets, that are subset of  $I$ . Then, the fuzzy association rule is given as  $A \rightarrow B$  where  $A = \{s_1, s_2, \dots, s_p\}$  and  $B = \{p_1, p_2, \dots, p_q\}$  and  $S_i \in \{\text{the fuzzy regions related to item } x_i\}$ ,  $P_j \in \{\text{the fuzzy regions related to item } y_j\}$ [23]. The membership functions for fuzzy set take values in the interval  $[0, 1]$  which is known as membership grade or degree of membership.

If the fuzzy set  $A$  with elements  $z_1$  to  $z_n$  have their membership grade as  $\mu_1$  to  $\mu_n$  respectively in  $A$ , then  $A$  is represented as  $A = \frac{\mu_1}{z_1} + \frac{\mu_2}{z_2} + \dots + \frac{\mu_n}{z_n}$ . The support of the fuzzy set  $A$  is given by the scalar cardinality of a fuzzy set  $A$  which is the summation of the membership grades of all the elements of  $X$  in  $A$ . Thus

$$|A| = \sum_{i=1}^n \mu_A(x_i) \tag{1}$$

The combined support of two fuzzy sets  $X$  and  $Y$  is denoted as  $\text{Supp}(X \cap Y)$ , and it can be found by fuzzy intersection as given below

$$\mu_{x \cap y}(P) = \min\{\mu_x(i), \mu_y(i)\} \tag{2}$$

Where  $i$  denotes the region of membership in the corresponding fuzzy set. Find the representative membership region for each item  $I_j$  by finding the region with maximum scalar cardinality, countmax.

$$\text{count}_{jk} = \sum_{i=1}^n f_{ijk} \tag{3}$$

where  $i$  is the number of items,  $j$  is the number of transactions;  $k$  is number of fuzzy membership region. The fuzzy region with maximum count,  $\text{count}_j^{\max}$  for item  $I_j$  would represent this item in mining process thereafter. With this background, the problem can be formulated as: Let  $D$  be the transactional database and  $QR$  be the set of interesting fuzzy association rules mined from it under given threshold association measure. Let  $QR_s$  be the set of sensitive rules to be hidden and  $QR_n$  is the set of non-sensitive rules mined from  $D$  then  $QR_s \cup QR_n = QR$ .  $Q'$  is the set of rules mined from sanitized database  $D'$ . The objective is to transform  $D$  into  $D'$  such that  $QR_n = Q'$  while minimizing side effects like lost rule ( $q \in QR_n | q \notin Q'$ ), Ghost rules ( $q \in Q' | q \notin QR_n$ ), hiding failure ( $q \in QR_s | q \in Q'$ ) and data distortion.

### 4 PROPOSED METHODOLOGY

Like genetic algorithm, differential evolution allows each fitter individual to evolve to the successive generation. The advantage of differential evolution over genetic algorithm is that it can be applied to real-valued problems over a continuous space easily. Differential evolution begins with a population chosen with equal probability from the problem space. DE generates new parameter vectors by adding the weighted difference vector between two population members to a third member. If the resulting vector yields a lower objective function value than a predetermined population member, the newly

generated vector replaces the original vector with which it was compared. In order to keep track of the improvement, the best parameter vector is calculated for every generation.

The strategy adapted is DE/rand/1/bin as perturbation is performed on a randomly chosen vector with single vector difference where the weighted difference between two vectors is used to replace the third vector. Binomial crossover is applied in each of the variables until the random number chosen is less than crossover rate CR.

The objective is to reduce the association measure of a rule which is the weighted sum of the confidence and the Mutual Information(MI) between the items in the rule. Mutual information, measures the information that one attribute tells about another. Since the mutual information can provide the natural co-occurrence relationships between the attributes, it is used for finding frequent item sets and hence quantitative association rules. When mutual information is applied to quantitative association rule mining large number of irrelevant informative relationships between the items can be eliminated. Let x and y be two items and Let Q<sub>x</sub> and Q<sub>y</sub> be the fuzzy quantitative values in the dom(x) and dom(y) respectively [22]. Then the

$$MI = \sum_{Q_x \in dom(x)} \sum_{Q_y \in dom(y)} P(Q_x, Q_y) \log \frac{P(Q_x, Q_y)}{P(Q_x)P(Q_y)} \tag{4}$$

The strength of the relationship between two attributes occurring in the same quantitative association rule is given by Mutual Information(MI). But MI threshold  $\mu$  does not reveal the amount of information one item tells about the other. If the Minimum confidence is set to 0.9 then it means the rules satisfying the threshold are of high quality. But in case of MI, we do not know how much information 0.9 provides. The MI between two items X and Y is normalized to uniform scale using maximum value of MI between X and Y as

$$I(x; y) = \frac{I(x; y)}{I(x; x)} = \frac{\sum_{Q_x \in dom(x)} \sum_{Q_y \in dom(y)} P(Q_x, Q_y) \log \frac{P(Q_x, Q_y)}{P(Q_x)P(Q_y)}}{-\sum_{Q_x \in dom(x)} P(x) \log P(x)} \tag{5}$$

Normalizing MI helps to get rid of the localness and make the normalized mutual information a global measure. The association measure is the sum of normalized mutual information and the support of the rule. So the objective function is to decrease the association measure.

$$F(x) = \text{minimize}(\text{CEIL}(0.7 * (\text{max}(\text{Mutual Information, confidence})) + 0.3 * (\text{min}(\text{Mutual Information, confidence})))) \tag{6}$$

**4.1 STEPS OF THE ALGORITHM**

**ALGORITHM HIDESENRULE**

**Input:**

Dataset D = { T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>,...T<sub>n</sub>}

T = {I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, .. I<sub>m</sub>} m - number of items in each transaction,

min\_fitness - minimum fitness.

NoG – No. of generations

N is the number of transactions.

Number of parameters, K= Number of distinct items in the sensitive rule set.

Population Size = N (No. of transactions)

Parameter vector A<sub>i,G</sub> = [A<sub>1,i,G</sub>, A<sub>2,i,G</sub>, ...A<sub>K,i,G</sub>], where G is the number of generation

**Output:** Transformed database D' so that sensitive association rules are hidden, hence cannot be mined.

**Step 1:** Cleaning. Database is pre-processed to remove inconsistency and redundancy.

**Step 2:** Fuzzify the dataset D → F.

**Step 3:** Generate fuzzy association rules. R<sub>S</sub> = { r<sub>1</sub>, r<sub>2</sub>, r<sub>3</sub>, ... r<sub>x</sub>} where x is the number of quantitative rules

**Step 4:** Obtain sensitive rule set R<sub>h</sub> from a set of interesting rule obtained from the previous step. R<sub>h</sub> = R<sub>S</sub> - NS<sub>y</sub> where NS<sub>y</sub> is the set of y non sensitive association rules.

**Step 5:** Apply differential evolution. CurrentGen = 1.

**Step 6:** While CurrentGen < NoG

**Step 7:** For i = 1 to N repeat steps 8 to 11

**Step 8:** Mutation :

- Expands search space. Randomly choose three vectors  $A_{m,G}$ ,  $A_{n,G}$  and  $A_{o,G}$  for each parameter vector  $A_{i,G}$ , where  $m \neq n \neq o \neq i$ .
- Add the weighted difference of two vectors to the third.

$$T_{i,G+1} = A_{m,G} + F(A_{n,G} - A_{o,G}) \text{ where } F \text{ is the mutation factor from } [0.5, 1] \text{ and } T_{i,G+1} \text{ is the donor vector.}$$

**Step 9:** For j = 1 to K repeat steps 10 and 11.

**Step 10:** Crossover: It is performed to pass better individuals to next generation.

$$u_{i,j,G+1} = \begin{cases} T_{i,j,G+1}, & \text{if } \text{rand}_j \leq CR \text{ or } j = I_{\text{rand}} \\ A_{i,G}, & \text{if } \text{rand}_j > CR \text{ or } j \neq I_{\text{rand}} \end{cases} \quad (7)$$

Here  $i = 1$  to  $N$  and  $J = 1$  to  $K$ .  $\text{rand}_j \sim [0,1]$ ,  $I_{\text{rand}}$  is a random integer between  $[1, K]$ . The integer random variable makes sure that the target vector and the donor vector are not same.

**Step 11:** Selection: Selection helps to choose the better individual that minimizes the objective function value.

$$A_{i,G+1} = \begin{cases} u_{i,G+1} & \text{if } f(u_{i,G+1}) \leq f(A_{i,G}) \\ A_{i,G} & \text{otherwise} \end{cases} \quad i = 1, 2, \dots, N. \quad (8)$$

## 5 PERFORMANCE EVALUATIONS

The proposed approach was implemented in JAVA on the Windows platform and executed on an Intel CPU with four 2.67GHz processors and 8 GB of RAM. Extensive experiments were carried out on benchmarked datasets. The experiment results were measured according to side effects on knowledge and data as hiding failure, number of lost rule, Number of ghost rules and data modification or distortion. The objective is to reduce the values of these side effect metrics. Hiding failure refers to the proportion of sensitive rules which fail to be hidden. Data distortion denotes the count of sanitized transactions. The population size was equal to the number of transactions. The maximum number of generation for evolution was 100. The crossover rate was set to 0.5 and the weighing factor was set to 0.8. For each test case, the proposed algorithm was run for five times to get the average result. The threshold association measure was set as 30% and Minimum Support was set as 40%. For the problem of association rule hiding, solutions which do not reveal any sensitive rules but miss some non-sensitive ones or generate some ghost ones, are more preferred than solutions which reveal a few sensitive rules but produce no or fewer missing non-sensitive ones and ghost rules. The proposed algorithm produces no ghost rules and there is no hiding failure.

### 5.1 DATASETS

The proposed algorithm was tested using two real datasets, breast cancer dataset and wine quality dataset from Wisconsin datasets [27]. These datasets exhibit varying characteristics with respect to the number of transactions and items they contain. The first dataset is breast cancer dataset which consists of one ID attribute and nine quantitative attributes with 699 instances. The ID attribute was ignored. The second dataset is white wine quality dataset. It contains 12 attributes and 4899 instances. The quality attribute was ignored.

### 5.2 RESULTS AND ANALYSIS

The proposed method is compared with the genetic algorithm based [23] and PSO based [24] quantitative association rule hiding approaches. The GA based approach performs cross over in such a way that it reduces the support of the items in

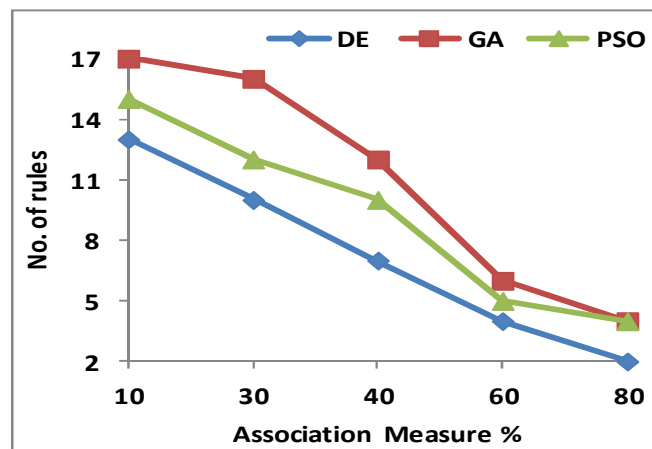
the right hand side of the rule. It maintains two factors namely difference factor and modification factor to reduce the side effects of knowledge and data distortion.

Two different runs of experiments were conducted to explore the performance of the proposed algorithm. In the first run, the consequence of different values of association measure on hiding was explored on the two real datasets. The number of rules mined for varying Association Measure (AM) was presented in table 1. We tried to hide three strong rules. And the number of lost rules generated while hiding the sensitive rules for the breast cancer and wine quality dataset were presented in figure 1 and 2 respectively. In the second run the effect of hiding rules in terms of data distortion on varying number of transactions was studied.

**Table 1. Number rules for varying values of Association Measure (AM)**

No. of Transactions	AM in %	No. of rules before hiding		No. of rules after hiding	
		Breast Cancer	Wine Quality	Breast Cancer	Wine Quality
100	10	27	65	18	50
200	30	23	57	16	59
300	40	20	47	15	39
400	60	19	42	13	35
500	70	13	38	16	31

From the results it is evident that DE approach has higher side effect in terms of lost rule than the GA and PSO based approach. This is because to hide the rules with high confidence more number of transactions has to be distorted. As a result non sensitive rule with the same item on the antecedent or the consequent of the rule also gets hided. Since DE considers the quantitative value of an item in all the transactions as vector and this vector as a whole is manipulated, the amount of data distortion is also higher as shown in table 2 and table 3 for breast cancer and wine quality dataset respectively.



**Fig. 1. Number of Lost rules in Breast Cancer Dataset**

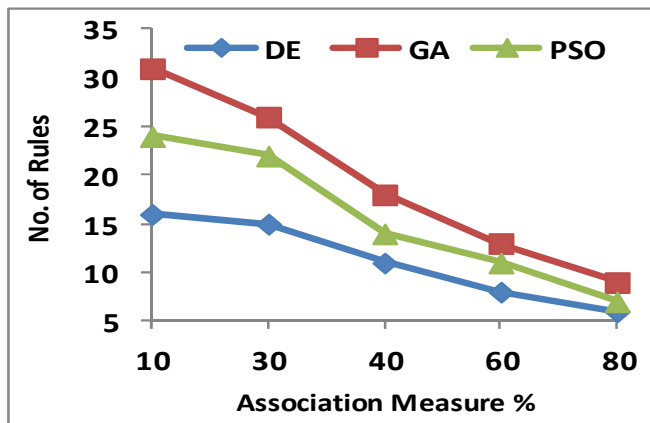


Table 2. Data Distortion for Breast Cancer Dataset

Total Entries	Modified Entries		
	DE	GA	PSO
1800	432	412	425
2700	398	345	367
3600	371	265	324
4500	297	215	267
5400	260	185	223

Table 3. Data Distortion for Wine Quality Dataset

Total Entries	Modified Entries		
	DE	GA	PSO
11000	6342	4810	4065
22000	5778	3968	3675
33000	4311	3227	2087
44000	2097	1856	1796
49500	1660	1464	1538

The number of ghost rules produced while hiding three strong rules were given in figure 3 and 4 respectively for the breast cancer and wine quality dataset. Since the objective is a minimization function it reduces the association measure value of all the items in sensitive transactions, no items support is increased. Thus no ghost rules are generated in this approach.

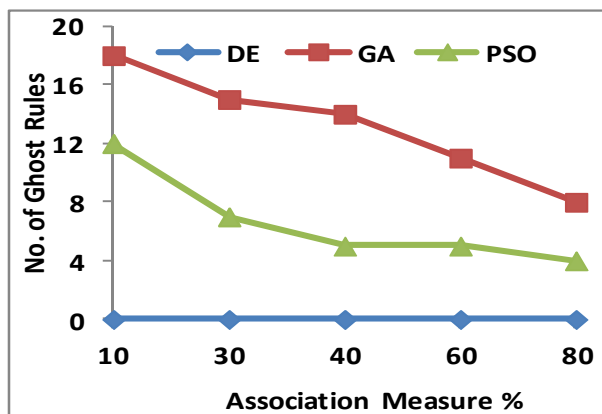


Fig. 3. Number of Ghost rules in Breast Cancer Dataset

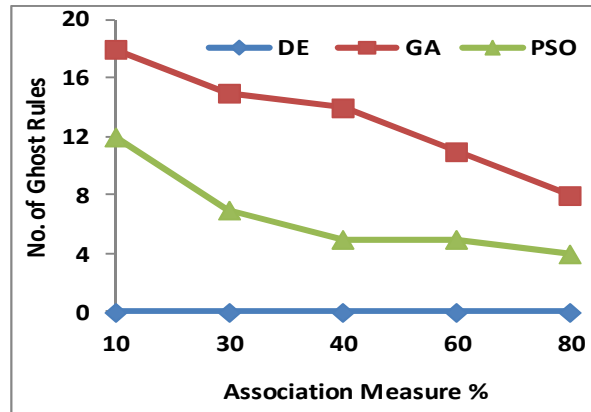


Fig. 4. Number of Ghost rules in Wine Quality Dataset

From the above results it is evident that when the threshold association measure increases the number of modification to the data decreases as a result the side effects in terms lost rules, ghost rules and knowledge distortion is also lower. The proposed algorithm hides all the sensitive rules and there is no hiding failure. But the data distortion is higher which in turn increases the knowledge distortion (lost rules). But this knowledge distortion is lesser than when compared with GA and PSO based approach. And the algorithm also performs consistently on both the datasets. While sharing the data, the level of data accuracy can be specified in the agreement so that the data quality and privacy can be maintained

## 6 CONCLUSION

In this paper, we used the differential Evolution algorithm to hide the quantitative association rules. Unlike binary association rule hiding which involves addition and deletion of items, quantitative rule mining requires the quantity of items to be modified without distorting the knowledge gained from it. A new measure called association measure is proposed which not only considers the occurrence frequency of items but also the information one item provides about the other. The objective is to hide the quantitative sensitive association rules while minimizing the side effects. The performance of the algorithm is empirically compared with the GA based and PSO based algorithm. The results show that the proposed algorithm generates no hiding failure, ghost rules and less number of lost rules. In future, methods would be proposed to reduce the data distortion.

## REFERENCES

- [1] Agrawal R. and Srikant R., "Privacy-preserving data mining," *SIGMOD Record*, vol. 29, no. 2, pp. 439–450, 2000.
- [2] Dasseni E., Verykios V.S., Elmagarmid A.K. and Bertino E., "Hiding association rules by using confidence and support," *In Proceedings of the International Workshop on Information Hiding*, pp. 369–383, 2001.
- [3] Verykios V.S., Elmagarmid A.K., Bertino E., Saygin Y. and Dasseni E., "Association rule hiding", *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, Vol.16, pp. 434–447, 2004.
- [4] Dasseni E., Verykios V.S., Elmagarmid A.K. and Bertino E., "Hiding association rules by using confidence and support", *In: Information Hiding. Springer Berlin Heidelberg*, vol. 2137, pp. 369–383,2001
- [5] Verykios V.S., Pontikakis E.D., Theodoridis Y. and Chang L., "Efficient algorithms for distortion and blocking techniques in association rule hiding", *Distributed and Parallel Databases*, Vol. 22, pp. 85–104, 2007.
- [6] Saygin Y., Verykios V.S. and Clifton C., "Using unknowns to prevent discovery of association rules", *ACM SIGMOD Record*, Vol. 30, pp. 45–54, 2001.
- [7] Verykios V. S., Bertino E., Fovino I.N., Provenza, L.P., Saygin Y. and Theodoridis Y., "State-of-the-art in privacy preserving data mining," *SIGMOD Record*, vol. 33, no. 1, pp. 50–57, 2004.
- [8] Amiri A., "Dare to share: Protecting sensitive knowledge with data sanitization", *Decision Support Systems*, Vol.43, pp.181–191, 2007.
- [8] Hong T.P., Lin C., Yang K. and Wang S., "A lattice-based data sanitization approach," *In Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC '11)*, pp. 2325–2329, October 2011.
- [9] Hong T.P., Lin C.W., Yang K.T. and Wang S.L., "Using TF-IDF to hide sensitive itemsets", *Applied Intelligence*, Vol. 38, pp. 502–510, 2013.

- [10] Sun X. and Yu P.S., "A border-based approach for hiding sensitive frequent itemsets", *In: Proceedings of the Fifth IEEE International Conference on Data Mining (ICDM)*, pp. 426–433, 2005.
- [11] Pontikakis E.D., Theodoridis Y., Tsitsonis A.A., Chang L. and Verykios V.S., "A quantitative and qualitative analysis of blocking in association rule hiding", *In: Proceedings of the 2004 ACM workshop on Privacy in the electronic society. ACM*, pp. 29–30, 2004 .
- [12] Wu Y.H., Chiang C.M. and Chen A.L., "Hiding sensitive association rules with limited side effects", *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, Vol.19, pp. 29–42, 2007.
- [13] Patil S. P. and Patewar T.M., "A novel approach for efficient mining and hiding of sensitive association rule", *In Proceedings of the 2012 Nirma University International Conference on Engineering*, pp. 1–6, 2012.
- [14] Hong T.P., Lin C., Chang C. and Wang S., "Hiding sensitive itemsets by inserting dummy transactions", *In Proceedings of the IEEE International Conference on Granular Computing (GrC '11)*, pp. 246–249, November 2011.
- [15] Han S. and Ng W.K., "Privacy-preserving genetic algorithms for rule discovery," *In Data Warehousing and Knowledge Discovery, LNCS, Springer, Berlin, Germany*, vol. 4654, pp. 407–417, 2007.
- [16] Dehkordi M.N., Badie K., and Zadeh A. K., "A novel method for privacy preserving in association rule mining based on genetic algorithms", *Journal of Software*, vol. 4, no. 6, pp. 555–562, 2009.
- [17] Harik G. R., Lobo F.G. and Goldberg D.E., "The compact genetic algorithm", *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, vol. 3, no. 4, pp. 287–297, 1999.
- [18] Hong T. P. and Wang C. Y., "Maintenance of association rules using pre-large item sets", *In Intelligent Databases: Technologies and Applications*, pp. 44–60, 2007.
- [19] Hong T.P., Wang C.Y. and Tao Y. H., "A new incremental data mining algorithm using pre-large itemsets", *Intelligent Data Analysis*, vol. 5, pp. 111–129, 2001.
- [20] Hong T. P., Yang I., Lin C. and Wang S., "Evolutionary privacy preserving data mining", *In Proceedings of the World Automation Congress (WAC '10)*, pp. 1–7, September 2010.
- [21] Hegerty B., Hung C.C. and Kasprak K., "A comparative study on differential evolution and genetic algorithms for some combinatorial problems", *In Proceedings of 8th Mexican International Conference on Artificial Intelligence*, 2009.
- [22] Ke Y., Cheng J. and Ng W., "An Information-Theoretic Approach to Quantitative Association Rule Mining", *Knowledge and Information Systems*, Vol. 16 Iss. 2, pp. 213-244, July 2008
- [23] Sathiyapriya K., Sadasivam G. S. and Karthikeyan V.B., "A New Method for preserving privacy in Quantitative Association Rules using Genetic Algorithm", *International Journal of Computer Applications*, Vol. 60, Iss.12, pp.12-19, 2012.
- [24] Sathiyapriya K., Sadasivam G. S. and Sathiyam S., "Hiding Quantitative Sensitive Association Rules", *Proceedings of PSG-ACM National Conference on Intelligent Computing (NCIC-2013)*, pp.26-27, April 2013.
- [25] Sonia Hameed, F. Shahzad and S. Asghar, "Sanitizing Sensitive Association Rules using Fuzzy Correlation Scheme", *The Nucleus*, Vol. 50, No. 4, Pp. 359-367, 2013.
- [26] R. A. Shah and S. Asghar, "Privacy preserving in association rules using genetic algorithm," *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, vol. 22, issue 2, pp. 434-450, March 2014.
- [27] <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets>

## Le grès bitumineux de Bemolanga : une matière première locale pour le revêtement des routes en terre de Madagascar

### [ Bemolanga tar sand: A local raw material for tarring roads in Madagascar ]

*Simon Rakotoarison<sup>1</sup>, Eddy H. Rasolomanana<sup>1</sup>, Baholy Robijaona<sup>1</sup>, and Koto-te-Nyiwa Ngbolua<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, Madagascar

<sup>2</sup>Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RD Congo

---

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** The price of the crude is continuing to scaling down, but one wonders what would be the consequence of that crude price drop off on the bitumen produced at the refineries. Madagascar would have a solution to use either the Bemolanga tar sands naturally (as it is) or to use extracted bitumen to replace the imported bitumen for tarring its roads. In fact, Madagascar is importing bitumen since 1960 and needs much foreign currency to pay out the bitumen product bills; nevertheless it has the possibility to use these petroleum materials to tar its roads. Using only imported bitumen for tarring roads would certainly not well develop the road construction in Madagascar. On 1962 (when Madagascar became independent country) the streets of Bemolanga village and all the streets in Morafenobe, the main town situated in Western part of Madagascar, located at 30 km away from Bemolanga deposit were tarred with Bemolanga bituminous tar sands by the "Société des Pétroles de Madagascar). The tar sands were dropped into a metal barrel and then, heated up with wood fire while mixing from time to time to produce viscous liquid, which is poured on the top of the prepared road and compacted manually afterwards. These tarred streets lasted more than twenty years life, thus, on 1980, almost of the tarred streets stay unbroken. In many countries who own tar sands, bituminous shale, natural bitumen and heavy oil, such materials were used in road construction to tar their roads since longtime ago. Thus our study consists in evaluating the possibility to use the Bemolanga tar sands to tar the maximum length of roads in Madagascar. The conclusion of the study is that it is technically possible to tar Madagascar roads with the Bemolanga tar sands. The decision to go further to the project would just be political decision.

**KEYWORDS:** Madagascar, tarred roads, sand, Bemolanga mining.

**RÉSUMÉ:** Actuellement, alors que le prix du brut pétrolier accuse une chute importante, on se demande quel est le niveau de prix du bitume routier produit au niveau des raffineries. Madagascar aurait une solution de remplacement du bitume routier importé par le bitume extrait des grès bitumineux, soit par l'utilisation des grès bitumineux tels quels. En effet, Madagascar importait une quantité importante de bitume pour revêtir ses routes depuis 1960. Ceci aurait et continuerait à grever ses réserves en devises alors qu'elle a la possibilité de produire les matières citées plus haut pour les utiliser en revêtement routier. N'utiliser que du bitume importé freine certainement le développement des réseaux des Routes Nationales bitumées. En 1962 (après l'indépendance de Madagascar), les rues de la ville de Morafenobe, ville située à l'Ouest de Madagascar, localisée à 30 km du gisement des grès bitumineux de Bemolanga, ont été « goudronnées » avec le grès bitumineux de Bemolanga par la Société de Pétroles de Madagascar. Un système de goudronnage qui a duré plus de vingt ans. Dans beaucoup de pays qui possèdent des grès ou schistes bitumineux ou des huiles lourdes naturelles, les routes sont revêtues de ces matières qui sont utilisées comme liants hydrocarbonés dans la technique routière. Notre étude consiste en l'évaluation de la possibilité d'utiliser les grès bitumineux de Bemolanga pour le revêtement des routes en terre de Madagascar. Une décision plutôt politique que technique engagera le pays dans l'utilisation de cette matière qui existe en

quantité importante dans ce gisement connu depuis longtemps. Nos résultats indiquent que l'utilisation des grès bitumineux de Bemolanga en tant que revêtement routier est techniquement faisable. Ainsi, la décision de faire « bitumer » les routes en terre de Madagascar par les grès bitumineux de Bemolanga n'est plutôt que politique.

**MOTS-CLEFS:** Madagascar, revêtement routier, grès, Mine de Bemolanga.

## **1 INTRODUCTION**

Le gisement de Bemolanga recèle une quantité non négligeable de bitume valorisable en produits pétroliers. Madagascar aurait grand besoin de produire son brut pétrolier à partir de ces grès bitumineux et aussi à partir des huiles lourdes dans le gisement de Tsimiroro. A partir des différentes études sur l'évaluation de réserve, des travaux et des études géophysiques, géologiques, minières, géochimiques et chimiques ont été entrepris et ont délimité le gisement en zones selon son intérêt économique. Quelques 250 km<sup>2</sup> ont été circonscrits pouvant contenir d'huile à différente profondeur mais seulement quelques km<sup>2</sup> de surface ont fait l'objet d'études plus ou moins approfondies aboutissant aux études de faisabilité technico-économiques [1].

Il reste néanmoins une étendue encore mal définie qui contiendrait de faible teneur de bitume et qui pourrait faire l'objet d'une étude pour le revêtement routier à Madagascar. En effet, Il est connu de part le monde que les schistes bitumineux dont les comportements physico-chimiques ressemblent à ceux du grès bitumineux ont été utilisés dans beaucoup de pays comme revêtement routier, à l'instar des schistes d'Utah et de Wyoming aux États Unis d'Amérique, avec lesquels ils ont pu construire des kilomètres de routes revêtues de schistes bitumineux [2].

Par ailleurs, l'utilisation des grès bitumineux tels quels pour un revêtement routier a déjà fait sa preuve entre 1962 et 1980, puisque d'après le rapport de la Société Pétrolière de Madagascar (SPM) N° 528 en 1962, les rues de toute la ville de MORAFENOBE ont été « goudronnées » avec les grès bitumineux de Bemolanga dont le gisement se trouve à 30 km de la ville [3].

En 1980, nous étions parmi les témoins oculaires sur l'existence de ces travaux dans la ville de Morafenobe qui ont duré plus de 20 ans avant de se dégrader à la suite des intempéries (les cyclones). Nous avons effectué des travaux de recherche pour la faisabilité de ce projet de bitume routier tout en gardant l'esprit de production éventuelle de brut à partir des grès bitumineux. A cet effet, nous avons suggéré d'exploiter les zones relativement à faible teneur en bitume (inférieure à 7 %), d'ailleurs ce type de gisements présentent l'avantage d'être friable et la mine est plus facile à exploiter que celle ayant une importante teneur en bitume (supérieure à 10 %), qui est plus compact et difficile à exploiter à cause de la force de colmatage de bitume avec le grès.

On appelle bitume routier le résidu de traitement des bruts pétroliers dans une raffinerie de pétrole. Cependant, il existe plusieurs types de bitumes utilisés en technique routière tels que le bitume naturel qu'on trouve un peu partout dans le monde : le bitume issu des schistes, le bitume issu de charbon et enfin le bitume issu des grès et des sables [4], [5].

D'après les études antérieures et les constats des applications des grès de Bemolanga vers les années 60, le bitume issu des grès bitumineux de Bemolanga pourrait faire partie de ceux qu'on pourrait utiliser directement comme revêtement routier [6].

Les essais pratiques que nous avons effectués ont été réalisés avec des échantillons prélevés sur la zone proposée pour notre étude. Aussi, il a été nécessaire tout d'abord de connaître les caractéristiques de ces échantillons. Notre étude a été axée sur la faisabilité technique et une évaluation sommairement économique d'un grand projet d'utilisation de grès bitumineux de Bemolanga pour revêtement routier à Madagascar. Un exemple de quelques chiffres clés pour le revêtement de 250 km de route en terre est présenté dans les hypothèses à prendre en compte du paragraphe conclusion et recommandations de cet article.

La SPM a utilisé du bois de chauffe lors de la réalisation de ces travaux en 1962 mais les bois existaient en quantité suffisante à cette époque. De même que lors de nos essais expérimentaux nous avons aussi utilisé du bois de chauffe et parfois de charbon mais on ne peut pas envisager ces types d'énergie pour le projet industriel. Aussi, le problème sur l'environnement se pose et d'autres études énergiques et environnementales pourront apporter des solutions à ce problème. En effet, le diagramme de traitement du grès inclut le « chauffage » des matières qui nécessite une quantité conséquente d'énergie même si l'on adopte la méthode artisanale ou semi-industrielle.

Dans la présente étude, nous avons démontré que les briquettes fabriquées à partir des grès bitumineux de Bemolanga et qui sont ensuite posées sur une portion de route en terre, seraient l'équivalent d'une portion de route « goudronnée » avec les grès bitumineux à l'échelle pilote. L'utilisation des briquettes ne sont que des simulations de l'utilisation directe des grès bitumineux chauffés et compactés. Ces briquettes ont présenté les meilleures caractéristiques physico-chimiques et le projet est techniquement faisable à l'échelle industrielle. Un projet en ce sens est proposé à cet effet. Une étude complète de faisabilité économique devra être entreprise avant la mise en œuvre du grand projet industriel.

## 2 MATERIEL ET METHODES

Les figures 1 (a-d) montrent respectivement la cuisson de grès bitumineux de Bemolanga lors de nos essais de préparation des matériaux (fig. 1a), un bitume naturel utilisable comme bitume routier et pour d'autres applications comme le colmatage des fissures et l'étanchéité des toits (fig. 1b), Morceau de grès bitumeux de Bemolanga (fig. 1c) et les grès broyés (fig. 1d).



Le bitume est une substance composée d'un mélange d'hydrocarbures, très visqueuse (voire solide) à la température ambiante et de couleur noire. Connue depuis la plus haute Antiquité sous forme naturelle, mais de nos jours, il s'obtient presque exclusivement dans la distillation des pétroles bruts.

Dans le langage courant, on le confond souvent avec l'asphalte dont il n'est qu'un composant (l'asphaltène est le produit majoritaire du bitume de raffinerie). Plus généralement, le bitume désigne tout mélange d'hydrocarbures extraits

du pétrole par fractionnement qui, sous forme pâteuse ou solide, est liquéfiable à chaud et adhère sur les supports sur lesquels on l'applique [7].

En construction routière, le bitume sert de liant pour la réalisation de matériaux *enrobés à chaud*, tels que les bétons bitumineux ou les graves bitumes. Il entre également dans la fabrication d'enduits superficiels sous forme d'émulsion ou bien fluidifié par un solvant.

Le bitume existe aussi à l'état naturel sous forme de résidu d'anciens gisements de pétrole dont les éléments les plus légers ont été éliminés au cours du temps par une sorte de distillation naturelle, les éléments légers étant très volatils à température ambiante. Extraits à ciel ouvert, les gisements se présentent comme de véritables lacs. Le bitume peut aussi se présenter sous forme de filons en sous-sol. Le plus connu de ces bitumes naturels est le bitume de Trinidad qui relève du premier type de gisement [8].

Les bitumes naturels ne sont guère utilisés que comme ajouts pour certaines utilisations particulières, compte tenu de leurs caractéristiques spécifiques (aptitude à être colorés, effet stabilisateur pour les asphaltes coulés...).

Un bitume fluidifié, ou cut back, est un bitume dont on a réduit la viscosité en lui ajoutant un diluant assez volatil (du pétrole ou du kérosène par exemple). Par contre, un bitume fluxé est un bitume dont la viscosité a été réduite par l'ajout d'une huile de fluxage. Un bitume routier (*paving bitumen* en anglais, *Straßenbaubitumen* en allemand) est un bitume utilisé pour l'enrobage des granulats destinés à la construction et l'entretien des routes et des structures assimilées.

Environ 90 % du bitume produit dans le monde est utilisé pour la construction routière. La consommation de bitume dans le monde en 2006 (d'après European Asphalt Pavement Association (EAPA) avoisinait les 40 millions de tonnes. En Europe, les pays les plus gros consommateurs sont la France, l'Allemagne, l'Italie et l'Espagne. A eux seuls ces pays totalisent une consommation de plus de 10 millions de tonnes en 2006 [9].

On distingue trois groupes de classes pour les bitumes routiers :

- Bitumes durs de pénétrabilité comprise entre 20 et 330 1/10ème de mm ;
- Bitumes semi-durs de pénétrabilité comprise entre 250 et 900 1/10ème de mm ;
- Bitumes mous spécifiés par leur viscosité à 60 °C [10].

La caractérisation des roches a consisté en la détermination de la perméabilité, de la masse volumique, de la porosité, de la densité apparente.

La masse volumique de l'échantillon  $\rho_e$  a été calculée avec la méthode de la balance à contrepoids utilisant lapoussée d'Archimède en utilisant la formule suivante :

$$\rho_e = \frac{m \rho_f}{m + m_1 - m_2}$$

Où

$m$  = masse de l'échantillon

$m_1$  = masse du contrepoids en 1

$m_2$  = masse du contrepoids en 2

$\rho_f$  = masse volumique du liquide.

### **3 RESULTATS ET DISCUSSION**

#### **3.1 CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES ROCHES ET DU BITUME DE BEMOLANGA**

##### **• CARACTÉRISATION DE LA ROCHE**

###### **○ Perméabilité**

La perméabilité de la roches est de 83.3 mdy dans le sens vertical et 243,4 mdy dans le sens horizontal ;

###### **○ Masse volumique**

La mesure de la masse volumique des trois échantillons de grès bitumineux est regroupée dans le tableau 1 ci-dessous :

Tableau 1. Mesure de la masse volumique  $\rho_e$  de grès bitumineux

Echantillon	m (g)	$m_1$ (g)	$m_2$ (g)	$\rho_f$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho_e$ (g/cm <sup>3</sup> )
82	3.59	15.93	18.45	0.77	2.58
83	4.02	15.87	19.04	0.82	2.60
84	3.68	16.01	22.22	0.78	2.57

La masse volumique du grès bitumineux faisant l'objet de la présente étude est de 2,58 g/cm<sup>3</sup>.

#### ○ Porosité, densité apparente

Le tableau 2 donne les valeurs des mesures de la porosité et de densité apparente.

Tableau 2. Mesure de la porosité et de densité apparente

No Ech.	Poids avec poussée (g)	Poids réel (g)	Poids taré (g)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Poussée (g)	Densité apparente	Porosité (%)	Porosité moyenne (%)
1	175.35	97.70	401.63	49.79	674.68	1.96	23.73	24.30
2	173.50	96.83	401.63	49.59	671.96	1.96	24.12	
3	172.90	96.30	401.63	49.51	670.83	1.94	24.45	
4	178.40	96.48	401.63	49.93	676.57	1.93	24.90	

La porosité moyenne des grès étudiés est de 24,30%, ce qui montre un compactage moyen de ces grès dû à la faible teneur en bitume.

#### ● CARACTÉRISATION DU BITUME

##### ○ Teneur en bitume

Nous avons considéré un exemple de zone dont le gisement pourrait être exploité dans le cadre du projet de bitumage des routes en terre. La teneur en bitume d'une zone déterminée du gisement est donnée dans le tableau 3 ci-après :

Tableau 3. Saturation en bitume de quatre forages d'une zone dans le gisement de Bemolanga

Nom du forage	Saturation moyenne en bitume (% en poids)
Forage no. 1	5.32
Forage no. 2	7.79
Forage no. 3	6.43
Forage no. 4	6.87
Saturation moyenne de la zone (%)	6.62

Vu la teneur moyenne du bitume dans l'ensemble de cette zone, celle-ci pourrait être considérée comme une zone qui conviendrait au projet. Il faudrait encore explorer d'autres zones pour l'ensemble du projet.

##### ○ Asphaltène dans bitume

La teneur en asphaltène des bitumes est résumée dans le tableau 4 suivant :

**Tableau 4. Teneur en asphaltène du bitume**

Echantillon	Masse (g)	Asphaltène	Asphaltène	Moyenne (% masse)
B1	5.313	0.958	18.03	17.95
B2	6.015	1.075	17.87	
B3	5.666	1.016	17.94	

La teneur moyenne en asphaltène du bitume de Bemolanga est largement supérieure à celle d'un bitume standard issu d'une raffinerie qui varie entre 60 à 70% [11]

Par ailleurs, les grès bitumineux contiennent des argiles dont le pourcentage est détaillé dans le tableau 5 ci-dessous.

o Les argiles

Le tableau 5 regroupe la teneur en argile des grès bitumineux :

**Tableau 5. Teneur (% en poids) en différents types d'argiles**

Nom	Symbole	Echantillon-1	Echantillon-2	Echantillon-3
KAOLINITE	K	7	3.5	2.3
ILLITE ou MUSCOVITE	I-Mu	10	5.0	3.3
MONTMORILLONITE	M	12-15	6.0-7.5	4.0-5.0
CHLORITE	C	14	7.0	4.7
VERMICULITE	V	14	7.0	4.7

Il ressort du tableau 5 que la teneur totale en argiles varie entre 19 et 60% en poids. C'est l'échantillon no. 1 qui possède une assez forte concentration en argiles. La concentration en argile n'influence pas le mode de liaison intramoléculaire des molécules qui sont liées par le bitume.

Le tableau 6 donne les caractéristiques physico-chimiques d'un bitume dur.

**Le tableau 6. Caractéristiques rhéologiques et physico-chimiques d'un bitume classé dur [12]**

Caractéristique	Unité	Essai normalisé	Classe								
			20-30	30-45	35-50	40-60	50-70	70-100	100-150	160-220	250-330
Pénétrabilité à 25 °C	(1/10 mm)	EN 1426	20-30	30-45	35-50	40-60	50-70	70-100	100-150	160-220	250-330
Point de ramollissement bille et anneau	(°C)	EN 1427	55 à 63	52 à 60	50 à 58	48 à 56	46 à 54	43 à 51	39 à 47	35 à 43	30 à 38
Pénétrabilité restante après durcissement, minimum	%	EN 1426	55	53	53	50	50	46	43	37	35
Point de ramollissement après durcissement, minimum	°C	EN 1427	57	54	52	49	48	45	41	37	32
Point d'éclair, minimum	°C	EN 22592	240	240	240	230	230	230	230	220	220

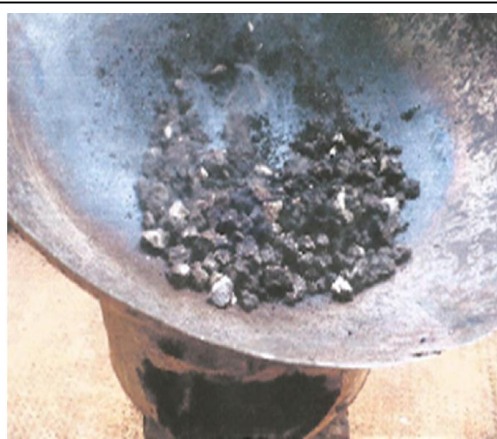
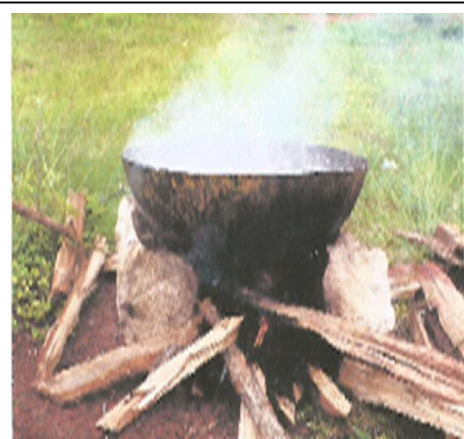
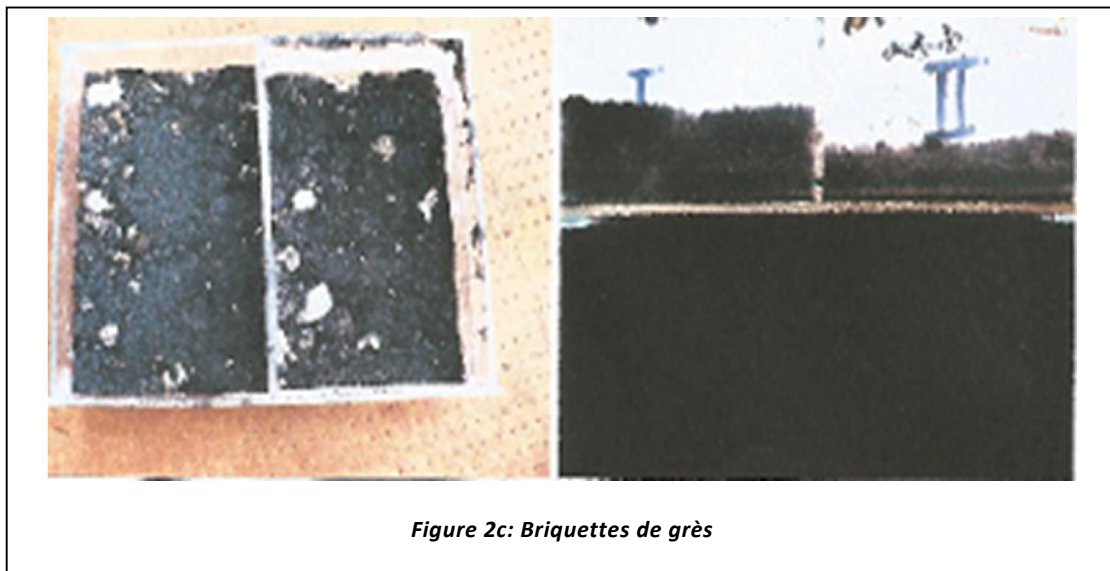
Le tableau 6 permet de classer le bitume de Bemolanga que nous avons étudié comparativement aux bitumes standards utilisés en revêtement routier.

Le tableau 7 est un tableau comparatif des caractéristiques d'un bitume dur et du bitume de Bemolanga :

*Le tableau 7. Caractères physico-chimiques du bitume extrait des grès de Bemolanga et du bitume dur.*

Caractéristiques	Bitume Bemolanga	Bitume dur classe 70/150
Poids moléculaire apparent (g/cm <sup>3</sup> )	690	600-800
Densité	0.992	0.900-1.000
Point de ramollissement (%C)	46	39-51
Viscosité (cSt) 100 °C	1.038	1.000-1.200
Pouvoir calorifique sup. (kCal/kg)	10.210	6.000-10.000
Pouvoir calorifique inf. (kCal/kg)	9.650	6.000-10.000
Pénétrabilité 25° 100g 5s (1/10 mm)	146	70-150

On peut noter que le bitume de Bemolanga pourrait être considéré comme un bitume dur de classe 70/100 et 100/150.

*Figure 2a: Grès en debut de chauffage**Figure 2b: Grès en plein chauffage**Figure 2c: Briquettes de grès*

### 3.2 ESSAIS PILOTES

#### ○ Historique

En 1962, des essais de revêtement des rues, le camp de village de Bemolanga ainsi que le lieu de construction de l'unité pilote de traitement de grès bitumineux, ont été effectués par la Société de Pétrole de Madagascar. Tous les revêtements ont

duré plus de vingt ans. Ceci démontre qu'expérimentalement les grès bitumineux chauffés et épandus comme revêtement du sol ont une durée de vie supérieure à vingt ans. Il est à noter que les camions de grosses charges ont utilisé cette portion de route pendant le transport des grès de la mine vers l'usine pilote. Avec le même procédé artisanal d'utilisation des grès bitumineux tels quels dans les rues de la ville de Morafenobe, les « goudrons » ont tenu jusqu'en 1980 malgré les charges des véhicules qui empruntaient ces rues et les conséquences des intempéries qui se sont succédées durant les temps cycloniques.

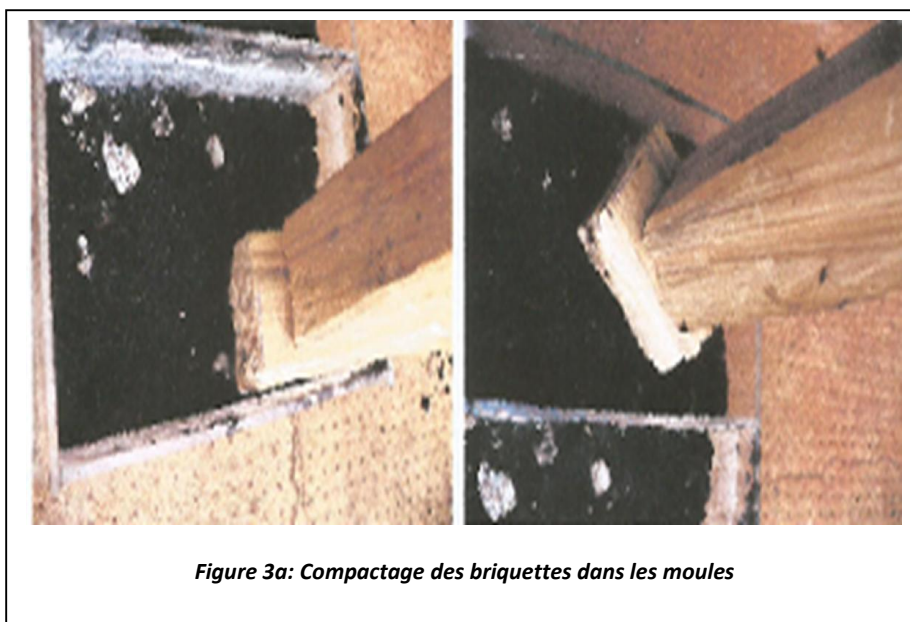
○ Les essais à plus petite échelle

Nous avons entrepris des essais de colmatage des routes en terre pendant nos travaux de recherche et les résultats ont été concluants. Nous avons reproduit les méthodes d'essais de 1962 mais à l'échelle beaucoup plus petite sur des routes en terre latéritique.

○ Réalisation de plaquettes de grès bitumineux

Nous avons aussi réalisé des briquettes concassées de grès bitumineux que nous avons posées dans des trous de la route en terre. Ces briquettes ont bel et bien résisté aux chocs des pneus de voitures qui y passaient. Nous estimons que ces types de briquette peuvent remplacer des pavés. On pourrait même confectionner des pavés autobloquants avec ce type de briquettes en utilisant des moules confectionnés à cet effet.

Les figures 3 (a-c) illustrent le compactage des briquettes dans les moules (fig. 3a), le compactage sur le trou à colmater après cuisson de grès bitumeux (fig. 3b) et les grès compactés dans les trous (fig. 3c).





*Figure 3b: Compactage sur le trou à colmater après cuisson*



*Figure 3c: Grès compactés dans les trous*

Les essais ont été concluants car les matériaux mis en œuvre sont compacts et pourraient durer beaucoup plus longtemps que ceux utilisés pour boucher les trous des rues de la capitale et qui utilisent le bitume standard encore importé.

#### **4 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS**

Le but de notre étude était de vérifier la faisabilité technique du projet. Notre conclusion est, qu'il est possible de « goudronner » nos routes en terre avec les grès bitumineux de Bemolanga. C'est pour cette raison que nous avons effectué les essais expérimentaux sur les routes en latérites de la haute terre.

On pourrait envisager un programme national pour un projet de revêtement des routes en terre, en commençant par exemple par revêtir la portion Mine Bemolanga-Morafenobe (40 km), ensuite la portion Morafenobe-Maintirano (110 km), et enfin la portion Ankalalo-Tsiroanomandidy (100 km).

Les hypothèses à prendre en compte pour le projet sont les suivantes :

- La longueur totale de la route en terre à revêtir sera de 250 km.
- L'épaisseur de la couche de revêtement sera de 10 cm compactés tandis que la route aura une largeur moyenne de 5 m. Le volume total de grès à extraire de la mine sera de 7 500 m<sup>3</sup>. La densité moyenne des grès est de 2.55, aussi le poids total des grès à exploiter sera de 20.000 tonnes.
- Les grès à utiliser seront ceux à faible teneur en bitume (< 6 % en poids), ainsi une étude d'évaluation de gisement nécessaire sera entreprise avant le début du projet. Cette étude nécessitera un programme de forage de délimitation à mailles de 50 m de côté sur une superficie de 40 000 m<sup>2</sup> (4 ha). Le forage sera carotté dans la partie imprégnée de bitume. Le nombre total de forage carotté sera de 25 sur une profondeur à déterminer en fonction de l'épaisseur de la couche payante en bitume.
- Des analyses en teneur de bitume dans les grès seront effectuées sur les carottes issus des forages, ainsi qu'une interprétation géologique, géophysique et minière du gisement.
- Une évaluation de quantité de stérile sera effectuée lors des forages. De toutes les manières le choix préliminaire des zones à exploiter sera déterminé après une synthèse géologique des anciens travaux déjà effectués sur le gisement. Le choix sera surtout conditionné par l'épaisseur des stériles pour que le coût de l'exploitation minière ne pèse pas trop sur le coût du projet.
- L'exploitation de la mine sera confiée à une société Malgache spécialisée dans l'exploitation des mines à ciel ouvert après une étude de faisabilité technico-économique détaillée.
- Une fois cette première tranche de 250 km terminée, le projet pourrait s'étendre sur toutes les provinces de Madagascar car la distribution pourrait se faire à partir du port de Maintirano, une fois que la portion Bemolanga – Maintirano sera bitumée. La distribution vers le centre de l'île se fera via la RN1 une fois que la portion Bemolanga – Tsiroanomandidy sera revêtue.

Ainsi donc, en adoptant ce projet, Madagascar fera une économie certaine de devises sur l'importation de bitume. De plus des emplois seront créés au niveau de l'exploitation minière, de la mise en œuvre des matériaux (cuisson et épandage), du transport des grès bitumineux en plus des emplois générés par l'effervescence économique d'un tel projet qui fera tâche d'huile au fur et à mesure que le projet s'élargit. Par ailleurs, la durée de vie de nos routes secondaires augmentera sensiblement une fois qu'elles seront revêtues de « goudron » de Bemolanga.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo (Madagascar) pour son assistance technique.

## REFERENCES

- [1] KLÖCKNER INDUSTRIE Anlagen. Valorisation des grès bitumineux de Bemolanga Madagascar, rapport OMNIS, 1988.
- [2] [http://fr.wikipedia.org/wiki/schiste\\_bitumineux](http://fr.wikipedia.org/wiki/schiste_bitumineux).
- [3] Société Pétrolière de Madagascar (SPM). Rapport N° 528, Utilisation des grès bitumineux pour revêtement routier à Bemolanga et Morafenobe, Rapport OMNIS, 1962.
- [4] <http://www.ressourceshydrocarbonéesfossilesdeMadagascar>.
- [5] [http://commons.wikipedia.org/wiki/File:world\\_bitume\\_consumption](http://commons.wikipedia.org/wiki/File:world_bitume_consumption).
- [6] S. Donato. Expérimentation préliminaire sur l'utilisation routière et industrielle du grès bitumineux de Bemolanga, Milano, 1977.
- [7] E.F. Rouviere, J.M. Ruiz, L. Léna. Analyse structurale des composés hydrocarbonés fossiles malgaches. Séparation par famille d'hydrocarbures, analyses des composés saturés aromatiques, polaires et des asphaltes, IPSOI Marseille, 1983.
- [8] [www.bitume.info/pdf](http://www.bitume.info/pdf).
- [9] <https://fr.wikipedia.org/wiki/bitume>.
- [10] [www.bitume.info/le-bitume](http://www.bitume.info/le-bitume)
- [11] C. Bernard. Étude des émulsions eau-pétrole brut, rôle des asphaltènes, Thèse de Docteur-Ingénieur Université de Strasbourg, 1980.
- [12] [www.bitume.info/utilisations](http://www.bitume.info/utilisations)

## Politiques Africains et Impasse de la Stratégie de l'ange Bleu de la Communauté Internationale : Un regard prospectif du devenir de l'Afrique

*Jean-Claude NGOY MUANABWANGA and Moïse MBALA LONDA*

Faculty of Social, Administrative and Political Sciences, 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:** La stratégie de l'ange bleu de la communauté internationale se veut comme un récapitulatif des institutions ciblées par les ennemis de la paix en Afrique pour sa déstabilisation. Ensuite, elle balise la voie aux futurs leaders africains qui seront issus des élections, dans la mesure du possible, de s'imprégner de la situation de la décennie allant de 2005 à 2015, afin d'imaginer, dans une vision prospective, le devenir de l'Afrique, une fois que les principes démocratiques ne seront pas de mise au sein des Etats.

**KEYWORDS:** Politiques Africains, Stratégie de l'ange Bleu, Communauté.

### 1 INTRODUCTION

Au menu de l'hécatombe qui se dessine en Afrique, s'inscrivent plusieurs combines qui entrent en ligne de compte du paroxysme d'une violence cynique et d'une instabilité sociopolitique dans laquelle est engouffré le continent africain, comme champ opérationnel de la stratégie de « l'Ange bleu<sup>1</sup> » mobilisée par la Communauté Internationale.

Ceci est la résultante d'une vague des périodes électorales qui se pointent à l'horizon où, nombre des dirigeants africains se retrouvent au terme du nombre et de la durée des mandats reconnus par leurs constitutions respectives<sup>2</sup>. Comme le stipule Jean-Claude MAXWELL : « votre valeur durable sera mesurée selon la qualité de l'héritage de la gouvernance administrative<sup>3</sup> »; ainsi, capitaliser une prise en compte réaliste de cette vertu morale a été un principe qui a échappé à bon nombre des leaders africains qui, au lieu de se soucier de la gestion administrative de leurs pays, se sont beaucoup plus penchés sur la problématique de savoir par quel exutoire s'éterniser au pouvoir, même au prix du sacrifice suprême; qui n'est autre qu'un machiavélisme à outrance. Cette situation a fait que plusieurs d'entre eux, au lieu de s'intéresser aux multiples stratégies pouvant concourir au bien-être et au développement durable de leurs pays respectifs, et qui du reste pouvait avoir comme corollaire, l'atterrissage au stade de la bonne gouvernance, pouvant leur permettre de gagner encore une énième fois la confiance du peuple; se sont par contre, intéressés aux stratégies anticonstitutionnelles pouvant leur faciliter une pérennisation au pouvoir, de gré ou de force sans recourir à la volonté ni confiance populaire.

---

<sup>1</sup> On donne l'impression de s'occuper d'un problème alors qu'on ne s'en occupe pas réellement. Cette stratégie est tirée dans l'ouvrage de MBEKO P. et NGBANDA H., *Stratégie du chaos et du mensonge-poker menteur en Afrique des Grands Lacs*, Paris, éd. De l'Erablière, 2014.

<sup>2</sup> Bon nombre des constitutions africaines ouvrent la voie aux Chefs d'Etat de briguer un seul mandat renouvelable une seule fois avant de procéder à une alternance au pouvoir. Ceci est d'ailleurs précisé au premier alinéa de l'article 70 de la constitution de la RDC qui stipule que : « Le Président de la République est élu au suffrage universel direct pour un mandat de cinq ans renouvelable une seule fois ». Cfr. *Constitution révisée de la RDC*, in *Journal Officiel de la RDC*, 54<sup>ème</sup> année, Kinshasa, 5 février 2011, p.23.

<sup>3</sup> J-C MAXWELL, *Leadership. 101 principes de base que tout leader devrait savoir*, Québec, éd. Un monde différencié, 2003, p.131.

Cette situation est aujourd'hui le soubassement de plusieurs combines et ingrédients. Cette réflexion analyse l'état de désolation et du désespoir extrême qui hante au stade actuel, la quasi-totalité des peuples africains. Pour mieux appréhender cette étude, il convient de saisir la pensée d'Emile DURKHEIM qui note : « la cause d'un fait social doit être recherchée dans d'autres faits sociaux »; cette pensée a été renchérie par celle d'Auguste COMTE qui lui, estime qu'il n'est pas possible de comprendre un phénomène social particulier sans le remettre dans un contexte social global. Cependant, parmi ces astuces qui entrent en compte de cette hécatombe qui se dessine en Afrique et qui, par ricochet, feront l'objet d'étude de points subséquents de cette thématique de l'étude sous examen, nous pouvons retenir ce qui suit : La Problématique des élections; les Révisions constitutionnelles; les Remaniements intempestifs des gouvernements; le musellement des oppositions politiques; les Gardes prétoriennes et les services de renseignement.

Pour besoin d'analyse de ces cinq éléments, signalons que ces derniers nous ont amené à une réflexion scientifique de ce que nous avons qualifié de « *la stratégie du Pentagone déstabilisateur en Afrique*<sup>4</sup> », et que nous avons schématisé comme suit :



Notons qu'une main noire de la Communauté Internationale constituée des grandes puissances qui sont des grands décideurs à l'échelle mondiale, et de qui dépendent les sorts du reste des Etats africains qui subissent l'hégémonie voire le vouloir effréné de ces super puissances entre autres, les Etats-Unis, la France, la Grande-Bretagne, et leurs alliés comme la Belgique, l'Allemagne, est derrière toutes ces manœuvres soulignées.

Cette étude qui se situe au carrefour de l'interdisciplinarité des domaines partagés entre la sociologie politique, la sociologie électorale, la gouvernance sécuritaire, le droit constitutionnel et institutions politiques ainsi que la prospective politique pour le devenir de l'Afrique, est nourrie de l'ambition de lister les institutions inscrites sur l'agenda noir des super puissances pour construire des dictatures camouflées, sinon des démocraties bâclées au sein des Etats africains; ainsi que les incidences de ces construits à la faveur du néocolonialisme et de ce que nous pouvons appeler les alter colonisations.

De ce qui précède, cette réflexion s'attèle sur un questionnement fondamental cherchant à savoir les institutions politiques ciblées pour la déstabilisation des Etats africains; les mécanismes contribuant à faciliter cette déstabilisation; ainsi que les conséquences y afférentes.

---

<sup>4</sup> Cette stratégie est une invention de notre imagination nourrie faisant allusion, de par la technique d'observation libre désengagée, à ces cinq stratagèmes auxquels les grandes puissances recourent pour déstabiliser les gouvernements africains au stade actuel.

Comme présumées réponses à ce questionnement, il sied de noter que les institutions pointées pour les manœuvres déstabilisatrices des Etats africains seraient entre autres les gouvernements nationaux (l'exécutif), les constitutions (loi fondamentale), les armées loyalistes et les services de renseignements; quant aux mécanismes qui concourent à faciliter cette déstabilisation, ceux-ci seraient à comprendre dans des multiples dimensions et cela sur les plans politique, social et économique. Enfin, les conséquences y afférentes seraient entre autres l'instabilité politique interne, les oppositions politiques muselées, les guerres civiles, les putschs, et les vagues de migrations clandestines vers l'occident.

La vérification de ces présumées a permis de mobiliser la méthode dynamique selon le modèle théorique de Georges Balandier<sup>5</sup> du fait que nous nous sommes intéressés à toutes les forces qui agissent de l'intérieur du système social étudié (les Etats africains) ou de l'extérieur de ce système pour sa remise en cause comme pour son soutien en tant que phénomène lié aux conflits, transformations, et changements à chaud dans un but réformiste des systèmes politiques des Etats africains. Cette vision dynamique d'analyse est fécondée par la synergie des technique d'observation extérieure dite désengagée, l'entretien non structuré et documentaire comme soupape de la matrice méthodologique d'analyse.

Hormis la Conclusion, cet opus examinant les politiques africains et l'impasse de la stratégie de l'ange bleu de la communauté internationale, analyse la question emblématique des élections (I), les révisions constitutionnelles (II), les remaniements intempestifs des gouvernements (III), les oppositions politiques muselées (IV), les gardes prétoriennes et services de renseignement (V), et enfin, le rôle de la communauté internationale et ses conséquences (VI).

## 2 LA QUESTION EMBLÉMATIQUE DES ELECTIONS

Les vagues des élections qui se pointent à l'horizon dans bon nombre des pays du sahel et de l'Afrique subsaharienne se présentent comme un vent balisant la voie infernale pour les régimes africains à terme de leurs mandatures respectives; et qui se retrouvent d'une part, heurtés à une maturité politique élémentaire de leurs peuples, et d'autre part, contre les oppositions politiques populistes et dépourvues de toute cohésion interne. Qu'ils soient Présidentiels, législatifs ou locaux, tous les scrutins sont de bons indicateurs de la bonne ou de la mauvaise santé démocratique des Etats concernés<sup>6</sup>. La vague électorale en Afrique se donne le statut d'un ouragan qui doit secouer toutes les opinions politiques à son passage. Ces genres de scrutins sont loin d'être appelés « élections authentiques » selon le sens que lui donne Kapanga Mutombo Ferdinand<sup>7</sup>.

Cette période d'instabilité politique causée par la vague électorale en Afrique a commencé en 2014 à travers la Libye, l'Algérie, la Guinée Bissau, l'Afrique du Sud, le Malawi, l'Égypte, la Mauritanie ainsi que le Sénégal. Ces derniers ont été suivi en 2015 par la ribambelle d'une quinzaine d'Etats qui, eux aussi devraient voir leurs régimes, sinon leurs gouvernements respectifs changés à travers les élections à différents niveaux, qualifiées par les savants de la science politique de l'opinion par les urnes, qui reste et demeure l'expression démocratique du peuple par excellence. Certains pays à risque ont attiré davantage l'attention de la communauté internationale. Ceci a été, sans l'ombre d'aucun doute, le cas du Nigeria qui, rongé par la secte Boko-Haram, s'est dépassé de cette contrainte et a organisé ses élections Présidentielle et Législatives le 14 février 2015 réputées démocratiques par la communauté internationale et qui se sont conclues par la victoire du Président Mouhamadou Bouhari, actuel point focal contre l'expansion du mouvement Al-Qaïda en Afrique de l'ouest. La Côte d'Ivoire, quant à elle, n'a pas su panser totalement les plaies de la crise postélectorale qu'elle a connue malgré l'élection Présidentielle qui a eu lieu en octobre 2015. Le Burkina-Faso qui devrait élire directement le successeur de Blaise Compaoré après une période de transition, s'est vu encore engouffrée dans une énième crise politique d'un putsch militaire monté et réalisé par le Régiment de la Sécurité Présidentielle, jadis garde prétorienne du Président sortant Blaise Compaoré, contre le gouvernement de transition, mais il a enfin élu cet homme de la situation en décembre 2015. La République Centrafricaine, à son tour, dévastée par l'instabilité chronique et sous perfusion, a vu son élection présidentielle prévue en février 2015 reportée probablement à la fin de la même année le mercredi 30 décembre 2015 après une incertitude marquée par des violences augurant les douleurs d'enfantement des élections au gré de la France actuelle. Comme elle, à l'instar de la

<sup>5</sup> *ESSISO ASIA AMANI F., Manuel de méthodologie de recherche en sciences sociales, Kisangani, éd. De l'IRSA et Presses Universitaires de Kisangani, 2012, pp.100-101.*

<sup>6</sup> *Kibangula T., Duhem V., et Olivier M., « Carte interactive : où et quand se tiennent les élections de 2015 en Afrique », disponible sur [www.jeuneafrique.com](http://www.jeuneafrique.com) consulté le 11 novembre 2015.*

<sup>7</sup> *Kapanga Mutombo F., Petit dictionnaire pratique des élections, Kinshasa, Presses de Instaprint, 2005, p.90. Cet auteur qualifie d'élections authentiques, celles dont le résultat ne peut être contestée, indiscutable.*

Tanzanie où le bâton de commandement s'est passé d'une manière démocratique et dans une atmosphère de liesse entre le Président sortant Jakaya Kikwete et le Président élu John Magufuli, le Bénin, l'Éthiopie, l'Île Maurice ainsi que la Guinée n'ont pas encore précisément fixé les dates de leurs rendez-vous électoraux. Hormis tous ces cas concrets susmentionnés, reste à assister aux échéances électorales qui devront avoir lieu les années à venir dans un intervalle allant de 2016 comme il en est le cas de la RDC, en passant par 2017 avec le Rwanda jusqu'en 2018. Ces dernières donnent une image d'une réalité infernale à laquelle la communauté internationale assiste passivement aux contestations internes et externes comme conjuré camouflé de la démocratie.

### **3 LES RÉVISIONS CONSTITUTIONNELLES**

Paradoxalement à la réalité de 1990 où, le vent de la démocratie soufflait sur le continent africain, aujourd'hui la donne s'est renversée avec un vent de révisions, sinon de modifications des constitutions qui souffle sur des bonnes parties du continent africain.

« Cette révision revêt une dimension importante dans l'évolution du constitutionnalisme africain, non seulement parce qu'elle constitue un élément moteur, mais et ; surtout, parce qu'elle démontre certaines conceptions du pouvoir politique dans le continent tout entier » comme l'écrit l'enseignant chercheur tchadien Adja Djounfoune cité par Elie Moustafa<sup>8</sup>.

Cette réflexion du savant tchadien Adja Djounfoune peut être comprise dans une rétrospective sociopolitique en Afrique, avec les régimes traditionnels où, dans les royaumes, les rois se voyaient remplacés que s'ils mourraient. Le principe du pouvoir à vie n'a jamais quitté le chef des dirigeants africains qui, malgré l'acculturation politique occidentale que le continent avait subi à travers la colonisation, et qui nous a amené de la forme des royaumes vers celles des républiques, où la monocratie et la monarchie ne sont plus de mise; bon nombre des leaders africains n'ont jamais bien digéré la notion de l'alternance au pouvoir qui est l'un des principes fondamentaux de la notion de république. Ils montent des stratégies pouvant leur permettre de se pérenniser au pouvoir le plus longtemps possible, en bafouant le contenu clair et précis en la matière de leurs constitutions respectives. Elie Moustafa glisse dans la même réflexion où, tout en revenant sur quelques cas des pays africains qui ont déjà modifié leurs constitutions pour répondre à des besoins dont ils sont les seuls à connaître les motivations. Que ce soit en Afrique du Nord, Est, Centre ou Ouest, ces pays ont tous un seul dénominateur commun : « modifier la constitution pour s'éterniser au pouvoir ».

De ce qui précède, faisons un survol de rappel sur les vagues de révisions et modifications constitutionnelles que certains pays africains ont déjà enregistré :

- ⇒ En Guinée Conakry, la constitution a été modifiée en 2002 dans l'intention d'autoriser le feu Président Lansana Conté à se représenter, à la fin de son second et dernier mandat aux élections Présidentielles qu'il a fini par remporter de nouveau.
- ⇒ La constitution du Tchad a été modifiée en 2005 et a permis à Idriss Deby Itno à se maintenir au pouvoir depuis son coup d'Etat de 1990.
- ⇒ En Mauritanie, la modification de la constitution en 1991 a permis à OULD TAYA de rester au pouvoir à son renversement par coup d'Etat en août 2005.
- ⇒ Au Burkina Faso, par un subtil jeu de levée de la limitation de mandats en 1997, puis de restauration de cette limitation en 2000, Blaise Compaoré a été au pouvoir depuis son coup d'Etat de 1987, bien que chassé par un soulèvement populaire suite à une troisième manigance dont il voulait faire subir la constitution burkinabaise afin de toujours se maintenir au pouvoir.
- ⇒ En Tunisie, la constitution a été modifiée également en 2002 pour permettre au Président Zine Ben Ali de se représenter à l'élection Présidentielle de 2004 qu'il a remporté pour un quatrième mandat. Pourtant, lorsqu'il avait

---

<sup>8</sup> Moustafa E., « Constitutions en Afrique : à qui profitent les révisions? », disponible sur [www.amis.monde-diplomatique.fr](http://www.amis.monde-diplomatique.fr) consulté le 14 octobre 2015.

destitué en 1987 le premier Président tunisien malade, Habib Bourguiba, 84 ans, il avait promis de mettre fin à la présidence à vie.

- ⇒ Au Togo, la constitution a été modifiée en 2003 et a permis à feu EYADEMA de se faire réélire pour un troisième mandat de cinq ans, au terme de 36 années de pouvoir jusqu'à sa mort en 2005.
- ⇒ En Ouganda, la modification constitutionnelle de 2005 a facilité le maintien de Yoweri Museveni au pouvoir depuis sa victoire militaire contre le régime en place en 1986, et permettra encore à ce dernier de se représenter en 2016 comme candidat à sa propre succession.
- ⇒ Au Congo-Brazzaville, la modification constitutionnelle de 2015 permet à Sassou Nguesso de se faire réélire en 2016 contre la volonté de l'opposition et d'une bonne franche des forces vives du pays.

Dénis Sassou Nguesso qui, ne pouvant réviser la constitution qui l'empêchait de concourir en 2016, a projeté de faire adopter une nouvelle loi fondamentale; une nouvelle République pour permettre au chef de l'Etat, dont la première entrée à la présidence remonte en 1979, de conserver les rênes du pouvoir en 2016. Pour le Burundi, Pierre Nkurunziza se voyant heurté à une opposition politique farouche et un soulèvement populaire, s'est décidé, malgré les règles du jeu électoral énoncées dans sa constitution, à briguer de force un troisième mandat inconstitutionnel tout en étant pas à même de briser le verrou constitutionnel des deux mandats, sachant que l'interprétation des textes lui a offert l'espace nécessaire pour concourir à un troisième quinquennat en 2015. Sa première élection en 2005 s'est faite devant les parlementaires et non au suffrage universel comme l'impose la Constitution burundaise. La révision constitutionnelle est déjà entamée au pays de mille collines de Paul Kagamé, pouvant de ce fait faciliter une éventuelle troisième réélection. Le Président rwandais, en fonction depuis 2000, s'est déjà prononcé sur ses intentions pour 2017, mais ses déclarations, en avril dans une université américaine, ouvrent la porte à un référendum lui permettant de reporter sa retraite : « *Nous devons laisser les pays et leurs populations décider par eux-mêmes de leurs propres affaires* », a-t-il déclaré. En pointe dans le combat contre les révisions constitutionnelles, les Etats-Unis semblent faire un cas à part de Mr. Kagamé : « *Il ne lui sera pas demandé de se retirer, mais il y aura des pressions pour qu'il ouvre le jeu démocratique* », prédit une source proche de l'ambassade américaine à Kigali<sup>9</sup>. La position de Paul Kagamé lui permet de rester au pouvoir jusqu'en 2034. Quant à la RDC, le processus électoral reste à désirer au regard des réalités politiques qui se pointent à l'horizon avec ou sans la réélection de Joseph Kabila. Washington est en revanche moins conciliant avec le chef d'Etat de la RDC, le grand voisin occidental du Rwanda. Lors de son passage à Kinshasa en mai, le secrétaire d'Etat américain, John Kerry, a clairement signifié à Joseph Kabila, au pouvoir depuis 2001, qu'une nouvelle candidature en 2016, après deux mandats, serait malvenue. L'opposition, l'Eglise catholique, et même certaines personnalités proches du pouvoir dont l'ancien Gouverneur de l'ex province du Katanga Moïse Katumbi Chapwe et le G7, contestent également les velléités affichées par le clan présidentiel. Les derniers développements laissent présager du contraire. Joseph Kabila a réuni ses proches pour leur dire qu'il n'a pas de dauphin, mais jusque-là, la révision constitutionnelle n'était fondée que sur des rumeurs. Maintenant, le projet de loi a été déposé par le gouvernement devant le Parlement où il dispose d'une majorité mécanique. Ceci a d'ailleurs été considéré, par l'opposant Samy Badibanga, comme une bataille engagée par le clan Présidentiel. Les signes avant-coureurs de l'année 2016 courante montrent que le clan Présidentiel tient à son glissement pendant que la quasi-totalité des forces vives cimentent un front citoyen 2016 et un front de démocrates en faveur de l'alternance politique dont l'issue reste hypothétique voire apocalyptique pour les analystes avisés qui en appellent à une position claire de la Communauté Internationale et au réalisme populaire.

Tout en notant que les constitutions africaines ont souvent été adoptées dans l'urgence, et qu'un certain toilettage s'impose, Jean Du Bois de Gaudusson, spécialiste français du droit constitutionnel, rappelle qu'une « constitution se change, en effet, et c'est parfaitement conforme à l'Etat de droit; si l'on fait référence au cas français, on s'apercevrait qu'une constitution peut se changer assez souvent, dès lors que les procédures sont respectées et que la révision s'effectue dans les formes républicaines ». Malheureusement, pour le cas des Etats africains, la révision tourne autour du statut du chef de l'Etat, de la dévolution, de l'alternance politique; plus exactement elle porte sur la prolongation ou non du mandat Présidentiel. A ce niveau, deux tendances apparaissent : la première, négative, se situe dans la trajectoire du renouvellement ou de l'allongement du mandat arrivé à terme au bout de deux mandats successifs; la rééligibilité ne se faisant qu'une seule

<sup>9</sup> Cyril Bensimon, « *Ces chefs d'Etats africains qui s'accrochent au pouvoir* », disponible sur [www.lemonde.fr](http://www.lemonde.fr) consulté le 11 novembre 2015 à 16h30.

fois. La seconde tendance, positive, se démarque par le jeu de l'abandon du pouvoir après l'exercice de deux mandats consécutifs, respectant l'esprit et la lettre de la constitution.

La théorie générale du droit constitutionnel reconnaît deux procédés à travers lesquels peut s'effectuer la révision constitutionnelle, à savoir la révision par voie référendaire ainsi que la révision parlementaire effectuée par le parlement en exercice. Le second procédé a été la formule la plus utilisée par plusieurs leaders ci-haut cités qui se sont éternisés au pouvoir après avoir milité pour une éventuelle révision constitutionnelle orchestrée par leurs majorités au parlement pour leur maintien au pouvoir. La raison de l'utilisation de ce procédé est simple : la majorité présidentielle coïncidant avec la majorité parlementaire, le tour est vite joué. Quant aux révisions constitutionnelles qui se pointent à l'horizon actuellement, la plupart veulent s'effectuer à travers le premier procédé issu de la voie référendaire, malheureusement qui se heurtent souvent à l'opposition du peuple, et montée de toute pièce pour son aboutissement. En principe, la souveraineté du peuple ne peut être entamée que par le peuple lui-même. Ce que le peuple a fait, il lui appartient le droit de le défaire, en retour.

La révision constitutionnelle peut représenter un danger pour le processus et la consolidation de la démocratie en Afrique. Elle est aujourd'hui un des enjeux de la lutte pour le pouvoir : chacun veut modifier la constitution pour s'assurer un avantage décisif dans l'accession ou le maintien aux commandes de l'Etat. Ce qui affecte inéluctablement, le principe de l'alternance politique. Selon Adja Djounfoune, la révision constitutionnelle est perçue d'abord comme « une technique d'établissement de la monopolisation du pouvoir par le chef de l'Etat »; ensuite comme « un instrument de pérennisation du système politique ». En tout état de cause, les nouvelles constitutions africaines devraient normalement présenter la caractéristique d'abandonner les modèles consacrant l'autoritarisme politique et se conformer à l'orthodoxie constitutionnelle et à l'affirmation de l'Etat de droit. Cette lecture est loin de rencontrer les ambitions des politiques en fonction qui manquent de sécurité post mandat et préfèrent multiplier les mécanismes anti démocratiques de se pérenniser au pouvoir dans le désespoir des peuples africains nourrissant l'ambition de se prendre en charge.

#### **4 LES REMANIEMENTS INTEMPESTIFS DES GOUVERNEMENTS**

Pour répondre aux visions politiciennes latentes, les gouvernements africains subissent une instabilité gouvernementale où, les ministres se voient remplacés par d'autres selon les conjonctures politiques de l'heure. Ceci se fait remarquer dans plusieurs pays africains au sein desquels les élections se pointent à l'horizon.

Ces remaniements intempestifs des gouvernements sont à comprendre comme une énième stratégie dilatoire issue du pentagone déstabilisateur dont se servent les Chefs d'Etats africains pour répondre à leurs entendements politiques qui concourent au glissement de leurs mandats respectifs. Cette stratégie est illustrée par plusieurs exemples de ces Etats africains qui ont vu leurs gouvernements remaniés à maintes reprises afin, si pas de débaucher certaines figures influentes des oppositions politiques, de répondre alors aux besoins dudit glissement du mandat surtout celui du Président de la République. La grande partie de ces mutations politiciennes s'est concrétisée dans la période allant de 2010 à 2016, car étant une période des vagues électorales qui mettront fin aux mandatures en place. Ainsi, quelques cas concrets et récents témoignent ou confirment cette réflexion :

Il a fallu attendre quatre ans après sa victoire à la Présidentielle d'octobre 2011 pour que Paul Biya du Cameroun forme un nouveau gouvernement. Les élections sénatoriales, législatives et municipales de 2013, toutes majoritairement remportées par son Parti, le Rassemblement démocratique du peuple camerounais (RDPC), n'avaient pas semblé opportunes au Chef de l'Etat camerounais pour renouveler son équipe gouvernementale. Mais, il n'a attendu que 2013 pour remanier son équipe gouvernementale, afin de se choisir les gens aptes à répondre à ses visions futures.

Pour le Mali, attendu depuis plusieurs semaines, le remaniement gouvernemental a été officialisé le jeudi 24 septembre 2015. Parmi les grands changements, ceux à la tête des ministères de la Santé, de la Sécurité intérieure et de la Justice. Plusieurs grands ministères maliens ont changé de mains à compter dès le jeudi 24 septembre 2015, date à laquelle Ibrahim Boubacar Keïta, Président de la République, a procédé à la nomination de plusieurs nouveaux ministres.

Quant à la République du Congo voisin, le Président Denis Sassou Nguesso a procédé au remaniement de son gouvernement le 10 août 2015. Il n'y a désormais plus des ministres délégués. Le nombre de femmes passe de quatre à trois. Cependant, tous les ministres d'Etat conservent leur portefeuille. Ce remaniement a été exécuté dans l'optique de nommer des ministres qui sont à même de plaider contre vents et marées et faciliter non seulement un changement de la constitution devant permettre au Président de la République de briguer un troisième mandat, mais aussi concrétiser de gré ou de force cette ambition politicienne dépourvue ne serait-ce que d'une dose de démocratie, minime soit-elle.

Le Tchad où, bon nombre d'observateurs avertis restent dans l'impasse de savoir clairement les bonnes raisons qui ont poussé Idriss Déby Itno à remanier son équipe gouvernementale, ceci avait eu lieu le 23 août 2015. Et au moment où les uns pensent que c'est la menace du terrorisme de Boko Haram qui a conduit Idriss Déby Itno à remanier une nouvelle fois son équipe gouvernementale; les autres, par contre, font allusion à des manœuvres dilatoires devant répondre aux visions futures de ce Président au pouvoir depuis des décennies.

Pour le cas de la RDC, le remaniement gouvernemental s'est concrétisé à deux reprises dans un intervalle de dix mois, soit de décembre 2014 à septembre 2015. Le premier a commencé avec ce qui a été appelé par certaines bouches comme « gouvernement de cohésion nationale », mis sur pieds le 07 décembre 2014, avec pour ultime objectif de débaucher, comme déjà signalé ci-haut, certaines figures influentes de l'opposition politique. Ainsi, ceci a laissé une petite ouverture à quelques Partis politiques de l'opposition, sur fond de spéculations concernant les intentions du Président Joseph Kabila pour l'élection de 2016. La seconde fois, toujours du changement de l'équipe gouvernementale, s'est vue réalisé juste après la fronde du G7 en septembre 2015. Ce groupe de 7 partis politiques de la majorité présidentielle en RDC s'est vu exclu de leur famille politique après avoir adressé une lettre fermée, malheureusement rendue publique, à leur autorité morale où ils s'opposaient à toute manœuvre anticonstitutionnelle quant aux enjeux politiques qui se pointent à l'horizon pour l'effectivité ou non de l'élection Présidentielle de 2016.

Cependant, tous ces cas ci-haut évoqués illustrent sans l'ombre d'aucun doute, les manœuvres dilatoires auxquelles se livrent bon nombre des Chefs d'Etat en Afrique pour s'éterniser au pouvoir au-delà des mandats constitutionnels. Notons en définitive que la grande qualité néfaste que nous pouvons retenir de tous ces gouvernements, est qu'ils sont pléthoriques, avec des nombres excédents des ministres au regard des besoins nationaux d'intérêt général. Ceci s'explique par un partage équitable et conjoncturel des postes ministériels entre différents partis politiques influents sur la scène politique nationale, que ça soit de l'opposition politique ou de la majorité au pouvoir. Aussi, signalons une énième qualité budgétivore pour ces gouvernements qui, en lieu et place de vaquer aux besoins d'intérêt général, se préoccupent des besoins partisans et privés. François Soudan<sup>10</sup>, directeur de la rédaction de Jeune Afrique, fait la même analyse quand il soulève des cas concrets en Afrique qu'il essaye de comparer au nombre des ministres de certains gouvernements européens et asiatiques dont :

- Cameroun : 41 ministres pour 24 millions d'habitants contre l'Allemagne de 14 ministres pour 80 millions d'habitants.
- Congo-Brazza : 35 ministres pour 4,8 millions d'habitants contre la France de 16 ministres pour 66 millions d'habitants.
- Guinée : 34 ministres pour 13 millions d'habitants contre le Japon de 16 ministres pour 128 millions d'habitants.
- Centrafrique : 29 ministres pour 4,5 millions d'habitants contre les Etats-Unis de 15 ministres pour 325 millions d'habitants.
- Angola : 39 ministres pour 22 millions d'habitants contre la Chine de 31 ministres pour 1,4 milliard d'habitants; etc.

Cette comparaison cinglante exclut les vice-ministres et secrétaires d'Etat. L'auteur signale que ce système de pléthore de portefeuilles en Afrique est non seulement un phénomène francophone, mais aussi qu'il y est de coutume de tenir compte de ce qu'on appelle pudiquement la « géopolitique »; ça veut dire qu'un gouvernement y est considéré comme inclusif, a fortiori digne du label d'« union nationale », quand toutes les sensibilités ethno-politiques du pays y sont représentées, à charge pour ceux qui y siègent d'en faire profiter en retour leurs mandats.

## 5 LES OPPOSITIONS POLITIQUES MUSELÉES

Le musellement des oppositions politiques a élu domicile en Afrique. Les pouvoirs en place se sentant étouffés par les critiques portées à leurs égards par leurs oppositions politiques respectives, jugent bon de réprimer toute éventuelle action entamée par ces dernières. Loin de spéculer là-dessus, bon nombre des régimes actuels en Afrique ont excellé, durant la décennie qui va de 2005 à 2015, dans la mise en place des stratégies suicidaires devant pousser tous ceux-là qui tentent de s'opposer à leur manière de gouverner à faire taire toutes critiques qu'ils oseraient porter contre eux. Ces stratégies s'identifient dans des assassinats ciblés, des arrestations arbitraires, des répressions des manifestations publiques des opposants, des procès judiciaires bidons voire politisés; tout ceci est facilité par l'inféodation des systèmes judiciaires et les

<sup>10</sup> François Soudan, « Gouvernements triple XL », disponible sur [www.jeuneafrique.com](http://www.jeuneafrique.com) consulté le 20 septembre 2015.

services de sécurité aux pouvoirs en place. La contagion de cette énième stratégie du pentagone déstabilisateur en Afrique a atteint son paroxysme récemment au Burundi, au Congo-Brazza suivi des pays comme le Rwanda, l'Ouganda, la RDC, l'Angola, la Côte d'Ivoire, etc. Ces Etats se qualifient, à nos jours, dans le domaine de violation des droits humains glissant vers la notion des Etats ratés, et donnant absence aux principes de l'Etat de droit.

## **6 LES GARDES PRETORIENNES ET SERVICES DE RENSEIGNEMENTS**

Hormis certains Etats africains où le niveau de la montée en puissances démocratiques a franchi le seuil comme en Tanzanie, cependant, de nombreux pouvoirs en place en Afrique se plaisent d'utiliser les forces armées loyalistes pour contrer brutalement toute sorte de contestation à leur manière de gouverner le pays. Ils créent, au sein des forces armées, des unités spécialisées à cette fin, auxquelles ils attribuent des noms bien précis, et qui jouissent d'un traitement exceptionnel comparativement aux autres unités militaires, ceci justifiant leur parfaite allégeance qu'elles vouent aux ordres, quels que soient leurs natures, donnés par les Chefs d'Etats et les autorités politico-militaires qui ont concouru à leur création. Ces formations d'élite ne défendent plus un Etat, elles sont plutôt au service d'un dirigeant.

Souvent, les hommes qui forment ces unités sont recrutés au sein de l'ethnie du Chef de l'Etat (l'exemple des Imbonerakuré du Burundi dont la majorité est hutu. Mais aussi la Garde Républicaine de Joseph Kabila dont la majorité est Katangaise). Ce dernier s'assure ainsi de leur loyauté, mais aussi de leur cohésion jusque dans l'horreur la plus absolue, à l'instar du Rwanda de 1994 où, la Garde Présidentielle a été le « fer de lance » du génocide<sup>11</sup>. Excepté quand il s'agit de réprimer des manifestations civiles (Comme pour les bérets rouges de la Garde Présidentielles de la Guinée-Conakry qui ont violé les femmes et massacré au moins 150 personnes lors d'un rassemblement pacifique le 28 septembre 2009 au stade de Conakry<sup>12</sup>) ou de mener des coups d'Etat (Comme le RSP de Blaise Compaoré au Burkina Faso), ces prétoriens ne se montrent guère utiles. Leurs capacités opérationnelles et leur niveau d'entraînement ne sont pas d'ailleurs meilleurs que ceux des troupes régulières, et peuvent même leur être inférieurs. En témoignent la défaite de la Garde Républicaine (G.R) de Joseph Kabila le 20 novembre 2013, incapable de tenir l'aéroport de Goma face au M23.

Quant aux services de renseignements, ces derniers sont enclins à dire aux Chefs d'Etats ce qu'ils veulent entendre et non ce qu'ils ont comme informations. Cette façon de travailler a pour conséquence, l'indigence des services de renseignements stratégiques et objectifs. Cette mauvaise manière de procéder de ces services de renseignements fait échapper aux Chefs d'Etats, les informations nécessaires par rapport à l'évolution sécuritaire au pays. Ces services se sont spécialisés dans des matières presque inutiles au regard de la situation sécuritaire au pays entre autres l'espionnage des opposants, ils interviennent souvent en lieu et place de la police nationale, ils sont devenus omniprésents dans tous les domaines relevant du domaine exclusif de l'administration publique, etc.

## **7 ROLES DE LA COMMUNAUTE INTERNATIONALE ET SES CONSEQUENCES**

La Communauté internationale joue, à travers l'ONU, à la « stratégie de l'ange bleu<sup>13</sup> » en Afrique. Malgré ses différentes missions du maintien de la paix déployées dans plusieurs Etats africains, nulle part où cette dernière est parvenue à remettre l'ordre et la stabilité politique. Pendant que ses experts produisent des rapports tonitruants, ses branches politico-militaires sur terrain ne font qu'observer les grandes violations des droits humains qui se perpétuent sur l'étendue du continent africain où, la notion du crime est devenue consubstantielle aux Etats. La présence des organes de la Communauté internationale au sein des Etats africains ne se justifie en rien par la prétendue ambition du maintien de la paix. Au pire, elle rend moins visible et légalise la déstabilisation des Etats et l'immixtion étrangère dans leurs affaires intérieures. La Communauté internationale a su pratiquer, au sens potable du terme, « le principe de rapport de force » en Afrique. Ce continent devenu un terrain où les intérêts des grandes puissances se bousculent, seule la loi du plus fort doit y régner. Voilà ce qui justifie l'appui qu'apporte la Communauté internationale à ce pentagone déstabilisateur, qui doit leur faciliter, dans un chaos monté de toute pièce au sein des Etats africains, à maximiser des intérêts économico-politiques au

---

<sup>11</sup> Laurent Touchard, « Les 7 péchés capitaux. Des états-majors jusqu'aux hommes de troupe, des forces spéciales en passant par les unités de soutien... Tour d'horizon de tout ce qui ne va pas », in *Jeune Afrique*, 53<sup>e</sup> année, n°2709, du 9 au 15 décembre 2012, pp.31-32.

<sup>12</sup> *Idem*

<sup>13</sup> Mbala Londa M., *Les groupes armés et la position géopolitique de la RDC dans la région des grands lacs, mémoire de licence en L2 S.Po, FSSAP, UNIGOM, 2015, p.96, inédit.*

sein des Etats. Du moment que les uns produisent des rapports dénonçant la violation des constitutions, le musellement des oppositions politiques, les remaniements gouvernementaux inopportuns, tout ceci renfermé dans le colis de la violation des droits humains; les autres donnent l'impression d'agir dans une inertie latente plongeant les populations dans une léthargie où l'on croit qu'on se préoccupe de leur situation, pendant que les ambitions de cette Communauté internationale se trouvent ailleurs.

Les conséquences primordiales découlant de cette stratégie de l'ange bleu, à l'échelle externe de l'Afrique, affectent la stabilité interne des Etats baobabs de la Communauté internationale, qui enregistrent une vague migratoire des populations de l'Afrique vers l'Europe et qui, aujourd'hui se présente comme un défi à relever pour l'Union Européenne qui ne sait plus à quel saint se vouer suite à cette situation qui va du mal en pire. A l'interne, l'Afrique enregistre des coups d'Etat constitutionnel, des coups d'Etat militaires; en bref, une instabilité politique dont on ignore les tenants et les aboutissants.

## 8 CONCLUSION

Au finish de cette réflexion qui s'est borné sur les politiques africains et impasse de la stratégie de l'ange bleu de la communauté internationale; cette dernière se veut comme un récapitulatif des institutions ciblées par les ennemis de la paix en Afrique pour sa déstabilisation. Ensuite, elle balise la voie aux futurs leaders africains qui seront issus des élections, dans la mesure du possible, de s'imprégner de la situation de la décennie allant de 2005 à 2015, afin d'imaginer, dans une vision prospective, le devenir de l'Afrique, une fois que les principes démocratiques ne seront pas de mise au sein des Etats.

Le moins que l'on puisse dire est que la stratégie de l'Ange bleu a bel et bien réussi à cimenter sa planification et mise en œuvre de l'hécatombe africaine mise dans une boue marécageuse sans pour autant imaginer aucun stratagème de sortie de cette impasse sacralisée. En tout état de cause, toute tentative de la désacralisation de ce malheur bien construit incite aux politiques africains à opérer une révolution de leurs responsabilités afin de prendre la mesure de l'enjeu du destin africain par la construction du noyau de cohésion continentale de toutes les forces vives de ce continent devenu proie et creuset du bonheur occidental et pandémonium du peuple Africain. C'est donc au prix de ces artefacts stratégiques de ce corps politique africain que se nourrit et cultive le souci d'espérer un jour le salut du paradigme énigmatique africain au deuxième sens du terme de Thomas Samuel KUHN<sup>14</sup>. Cet auteur considère le paradigme dans son deuxième sens comme tout problème complexe difficile à résoudre.

---

<sup>14</sup> Thomas Samuel KUHN, *La Structure des Révolutions scientifiques*, Paris, éd. Flammarion, 1983, p.163.

## REFERENCES

- [1] Bensimon C., « Ces chefs d'Etats africains qui s'accrochent au pouvoir », disponible sur [www.lemonde.fr](http://www.lemonde.fr) consulté le 11 novembre 2015.
- [2] Essiso Asia Amani F., *Manuel de méthodologie de recherche en sciences sociales*, Kisangani, éd. De l'IRSA et Presses Universitaires de Kisangani, 2012.
- [3] Kapanga Mutombo F., *Petit Dictionnaire Pratique des élections*, Kinshasa, Presses de Instaprint, 2005.
- [4] Kibangula T., Duhem V. et Olivier M., « Carte interactive : où et quand se tiennent les élections de 2015 en Afrique », disponible sur [www.jeuneafrique.com](http://www.jeuneafrique.com) consulté le 11 novembre 2015.
- [5] Kuhn T.S., *La Structure des Révolutions scientifiques*, Paris, éd. Flammarion, 1983.
- [6] Maxwell J-C., *Leadership. 101 principes de base que tout leader devrait savoir*, Québec, éd. Un monde différencié, 2003.
- [7] Mbala Londa M., Les groupes armés et la position géopolitique de la RDC dans la région des grands lacs, mémoire de licence en L2 S.Po, FSSAP, UNIGOM, 2015, inédit.
- [8] Mbeko P. et Ngbanda H., *Stratégie du chaos et du mensonge-poker menteur en Afrique des Grands Lacs*, Paris, éd. De l'Erablière, 2014.
- [9] Moustafa E., « Constitutions en Afrique : à qui profitent les révisions? », disponible sur [www.amis.monde-diplomatique.fr](http://www.amis.monde-diplomatique.fr) consulté le 14 octobre 2015.
- [10] Soudan F., « Gouvernements triple XL », disponible sur [www.jeuneafrique.com](http://www.jeuneafrique.com) consulté le 20 septembre 2015.
- [11] Touchard L., « Les 7 péchés capitaux. Des états-majors jusqu'aux hommes de troupe, des forces spéciales en passant par les unités de soutien... Tour d'horizon de tout ce qui ne va pas », in *Jeune Afrique*, 53<sup>e</sup> année, n°2709, du 9 au 15 décembre 2012, pp.27-33.

## Priority Based Energy Efficient Data Transmission Using Cooperative Virtual MIMO Technique in Wireless Body Area Network

*M. Ambigavathi<sup>1</sup> and D. Sridharan<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Research Scholar, Department of Electronics and Communication Engineering,  
Anna University, CEG Campus,  
Chennai, Tamil nadu, India

<sup>2</sup>Professor, Department of Electronics and Communication Engineering,  
Anna University, CEG Campus,  
Chennai, Tamil nadu, 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:** Wireless Body Area Network (WBAN) is an exigent technology which is used to customarily monitor the patient's critical data. Initially, the sensor nodes have been placed on the human body which is configured with the wireless devices for transmitting the data. Sensor nodes are typically powered by batteries with a limited capacity. To some extent it is possible to prolong the life of the network by controlling the energy consumption of each sensor node. Energy consumption during the information transmission in WBAN remains one of the most significant research challenges. This paper imparts the proposed method called Cooperative Virtual Multiple-Input-Multiple-Output (PC-VMIMO) technique for Priority Based Energy Efficient Data Transmission, which is exclusively used to overcome the above challenges. In the same power transmission and lofty traffic overhead situations, this method can produce higher data rates and minimize the node transmitting time of the priority information, thereby reduce the energy consumption, latency, overhead and also improve the communication performance of the entire network. The simulation results demonstrate the effectiveness of the proposed method in various performance metrics, compared with the existing methods.

**KEYWORDS:** Wireless Body Area Network, Virtual MIMO, Priority based Cooperative Virtual MIMO.

### 1 INTRODUCTION

Wireless Body Area Network (WBAN) is an important wearable or implanted computing technology that is used to monitor the patient activities in various situations and reduces the health cost in many health care centers [1]. In recent years, virtual MIMO has engrossed a mounting interest because of its energy efficiency in the massive field of wireless networks. In traditional virtual MIMO network, multiple sensor nodes cooperate to transmit and receive the data [2]. However, direct application of MIMO techniques to WBAN is impractical due to the physical size and energy limitation of sensor node which typically can only support a single antenna to transmit and receive the data from various sensor nodes that may cause more traffic overhead, also it consumes more energy while forwarding various patient's critical data at the same time, and hence causes delay. Within a group, sensor nodes can communicate with relatively low power as compared to intergroup communication.

Many research works have been focused on the energy efficient data transmission in Wireless Sensor Networks using collaborative virtual MIMO technique, such as how to select collaboration nodes, how to transmit the data via cluster heads with less energy and delay, routing and so on [3]. In [4], a Cluster based Virtual MIMO (C-VMIMO) algorithm has been proposed by jointly considering a balanced energy load LEACH clustering algorithm with virtual MIMO technology. This algorithm is applied to all network nodes, and the energy is equally circulated to each sensor node by rotation election of

cluster head nodes. Thus, the cluster head nodes can't drain rapidly and the network lifetime can be effectively optimized. To avoid network's energy imbalance, Dynamic Cooperative Virtual MIMO (DCVM) method has been proposed based on the node's residual energy. This virtual MIMO scheme is formed by choosing new cluster heads (CHs) dynamically and then make a certain number of nodes acting as virtual antennas with the near optimal selection technique [5].

Hence, instead of using multiple antennas attached to one node as in the traditional virtual MIMO model, Cooperative Virtual MIMO based communication presents the concept of several sensor nodes participating to transmit and/or receive the data. Most existing Cooperative MIMO methods have not considered priority based data transmission, and also focused only on collaborative data transmission among the nodes for large scale networks. When consider all these methods in WBAN, it may be possible to make use of the energy accumulation in the receiving nodes to improve the reliability of data transmission without any latency.

## 2 PC-VMIMO METHOD FOR WBAN

The priority based energy efficient data transmission using Cooperative Virtual MIMO model for Wireless Body Area Network is shown in Fig.1. In the proposed cooperative virtual MIMO framework, there are four types of nodes: Normal nodes (NNs), Accumulator nodes (ANs), Intermediate nodes (INs) and Receiver nodes (RNs). The normal nodes sense and collect the data from multiple patients. Accumulator nodes gather data from the normal nodes and use intermediate nodes to transmit their data to the receiver nodes of the neighboring ANs or send data directly to the Base Station (BS). Remedy Subscribed Base Station (RSBS) forwards the critical data to the BS when there is no accumulator node to transmit the data due to energy drain.

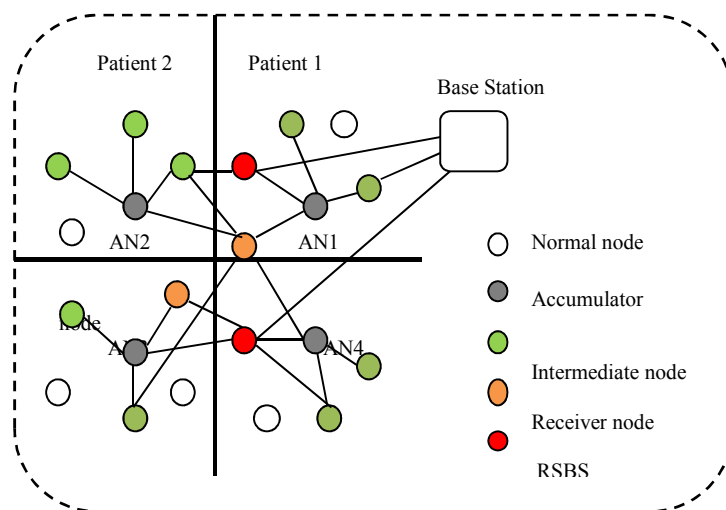


Fig. 1. Priority based Cooperative Virtual MIMO Model for WBAN

Fig.1 shows four accumulator nodes with different intermediate, receiver and RSBS nodes. For instance, AN1 has two intermediate nodes that directly communicate with the BS. AN2 has three INs that communicate with one receiver and RSBS node of AN1. In other words, there is multi hop communication from AN2 to AN1 and then from AN1 to BS. Similarly, the two intermediate nodes of AN4 communicate with two RNs of AN1 and AN3. It should be noted that the same receiver node of AN1 is used by INs of both AN2 and AN3. In other words, it is possible, that a RN is used by multiple intermediate nodes. AN3 has two options to reach to the BS via AN1 and AN4. During the data transmission the node facing several problems, namely, the accumulator node may be idle or busy, the receiving BS also unavailable in some cases. So, the proposed system overcomes the above difficulties in the following manner.

### 2.1 ACCUMULATOR NODE STATES

The data from the sensor node is stored in the accumulator node which is transmitted to the nearer RSBS. The accumulator node is one of the storage devices that used to store the patient information which can be ignored in three

different cases. First, the Accumulator Node (AN) is out of the coverage, and then the sensor with least priority node is selected to transmit the data in order to avoid the routing overheads. Next, the Accumulator Node (AN) hears another route, in this case the priority data transmitted to the nearer possible accumulator nodes. If there is no Accumulator Node (AN) to transmit the data due to energy drain, the actuator node selects a RSBS to transmit the data to the BS with minimum hops. Finally, if the Accumulator Node (AN) is available for transmitting the data, the state of the accumulator node must be checked whether the accumulator node's energy value  $E_s(AN)$  is the minimum of the energy strength value or not, The energy strength value is calculated as follows,

$$E_s(AN) = \min_{i \in AN}(E_i) \quad (3)$$

The accumulator node's states are classified into two types:

### 2.1.1 IDLE STATE

Initially the accumulator device is idle, so the priority of the gathered data is calculated based on time and the importance which is measured as follows,

$$P_i = \frac{T_i}{G_i * S_i} \quad (4)$$

Where,  $P_i$  is the priority of the sensory data,  $T_i$  is the information class value,  $G_i$  is the generated rate in the human body, and  $S_i$  represents the size of the data. Based on the equation 4, the priority is estimated and transmitted to the nearest RSBS. The subscribed based station details are accessed by both the user and the receiver in the WBAN, which is used for further medical process.

### 2.1.2 BUSY STATE

The second state is busy state, in which the sensor node acts as the actuator node and chooses the route for transmitting the critical data to the nearest RSBS. Then, the routing will be done with the help of the Cooperative Virtual MIMO approach for transmitting the critical data. In the proposed method, the sensor node's data priority is calculated using the equation 4 and the BS is chosen according to their energy, minimum and maximum distance. The base station has been chosen as follows,

$$\max_{node \in range} = \frac{E_{rem(i)}}{d_i} \quad (5)$$

Where,  $E_{rem(i)}$  is the remaining energy in the node and  $d_i$  is the distance between the node and the BS. After choosing the BS, the sensory data is transmitted based on the proposed method. The energy consumption is calculated as follows,

$$E_{CV-MIMO} = \frac{N}{n} k r N_c (E_{ct} + I_{emp} E[d^4]) \quad (6)$$

Where  $I_{emp}$  is the base station parameter,  $N_c$  is the base station number, and  $d^4$  is the distance with mathematical parameter.

## 3 SIMULATION RESULTS

The performance of the proposed model is evaluated by using the following performance metrics such as energy, latency and overhead. The simulations are carried out by NS2. The simulation parameter's information is listed in table 1. Then, the simulated experimental result has been discussed in detail.

Table 1. Simulation Parameters

Parameters	Values
Deployment area	400*400 m
Queue Limit	20
Placement	Random
Application type	Time driven
Packet size	32bytes
Traffic type	CBR
No of nodes	100
Simulation tool	NS2

3.1 ENERGY

In WBAN, the multiple patients’ data should be transmitted with minimum amount of energy. If nothing is sensed, nodes are in idle mode for most of the time. Therefore, the large amount of energy is wasted during the data transmission. So, both sender and receiver nodes should be ready to act and schedule their mode while transmitting the data to avoid the energy consumption in the network. The overall network energy has been computed by using the equation 8.

$$E(R) = P_l t_l + P_{tx} * \left( t_{tone} + \frac{F}{R} \right) + P_{rx} \left( t_{tone} + \frac{F}{R} \right) \quad (8)$$

Where,  $P_l$  is the power consumed while state of listening,  $t_l$  is the time of listening state,  $t_t$  denotes the node’s listening and sending time.  $P_{tx}$  is the consumed power in the state of transmitting data, and  $P_{rx}$  represents the consumed power in receiving state,  $F$  is frame size and  $R$  is the information bit rate. Thus, the performance of the proposed method energy metric is compared with the existing methods. From the Fig.2, it clearly shows that the proposed system consumes minimum energy while transmitting the multiple patients’ vital data.

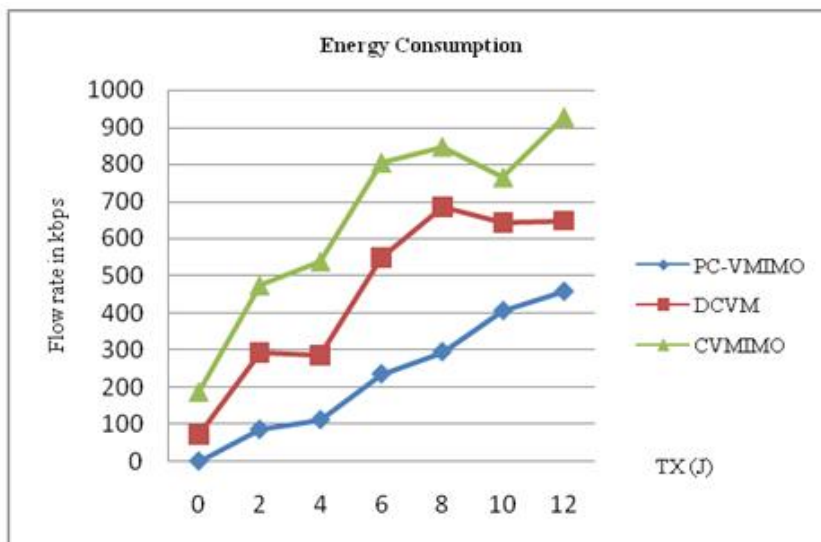


Fig 2: Energy consumption

3.2 LATENCY

The critical data should be transmitted before the deadline for real time observation in WBAN. The data is delivered successfully after the due time, and then the transmitted data should be futile. Therefore, the latency has been calculated using the following equation.

$$Latency = O_{waiting} + Tx_{time} = O_{waiting} + \frac{E}{R} \quad (9)$$

Where,  $O_{wait}$  is overall waiting time also considered as queuing latency,  $T_x$  is the information transmission time,  $F$  is the frame size and  $R$  is the data bit rate. Then, the latency metrics is presented in the below Fig.4 which shows that the proposed system consumes minimum latency while transmitting the maximum amount of information in the wireless body area network.

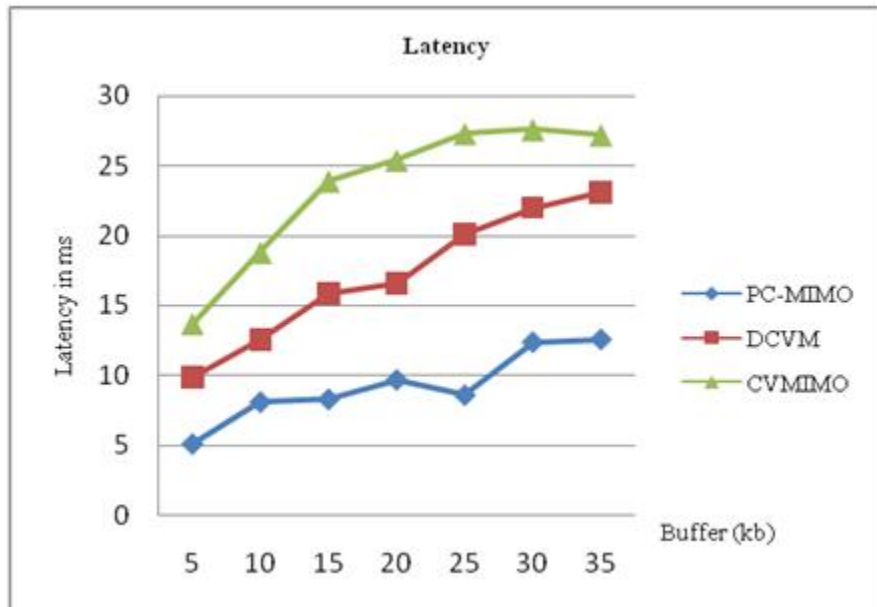


Fig 4: Latency

### 3.3 OVERHEAD

Overhead is also a significant measure while routing the data among the several nodes. The overhead for different amount of data has been evaluated. Thus, the proposed model provides minimum overhead as compared with existing methods which is depicted in the Fig.5.

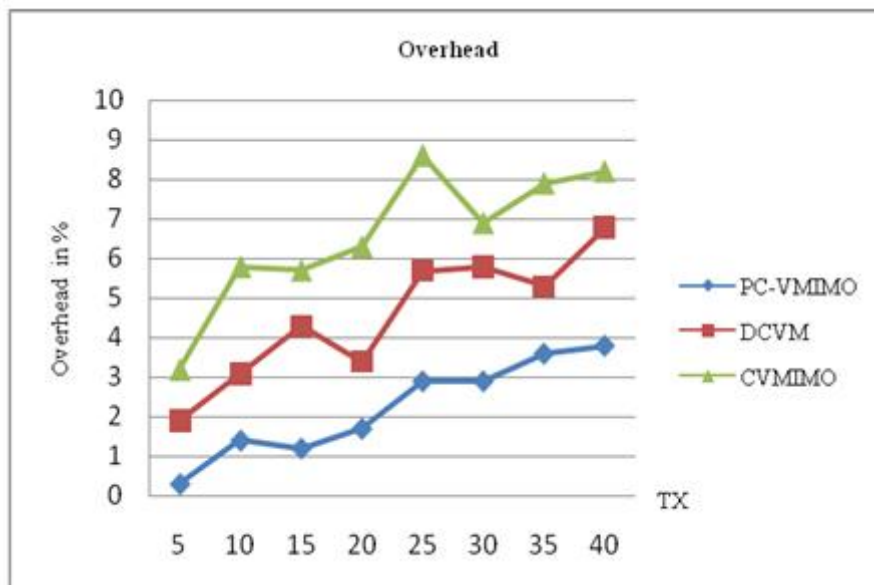


Fig 5: Overhead

#### 4 CONCLUSION

In this paper, the Priority based Cooperative Virtual MIMO (PC-VMIMO) model for Wireless Body Area Network has been introduced to reduce the energy consumption and extend the network lifetime. This system transmits the patients' priority information to nearer RSBS or BS using different states of ANs with the help of Cooperative Virtual MIMO scheme. Hence, during the data transmission, the proposed system gives the way to transmit the multiple priority data without making any delay. Compared to existing methods, the simulation results show that the proposed method can provide the promising results such as minimizing energy, latency and overhead.

#### REFERENCES

- [1] Gomita Verma and Moinuddin, "Body Area Network- A Perspective", *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, Vol. 5 (5), Pp. 6802-6809, 2014.
- [2] Yongxian Song, "Analysis of Energy Consumption of Virtual MIMO Wireless Sensor Network", *Journal of Networks*, Vol. 7, No. 12, DOI: 10.4304/JNW.7.12.2011-2018, 2012.
- [3] Ying Liang and Yongxin Feng, "An Application of Virtual MIMO Technology in WSN Routing Protocol Algorithms", *International Journal of Intelligent Engineering and Systems*, Vol.4 (1), 2011.
- [4] Naga Malleswari and G. Venkateswara Rao, "An Energy Efficient Virtual MIMO Communication for Cluster-based Wireless Sensor Networks", *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, ISSN: 2278-0181, Vol. 2(4), Pp.822-825, 2013.
- [5] Dong Li, Xiaoling Wu, Liang Yang, Hainan Chen, Yanwen Wang<sup>1</sup> and Xiaobo Zhang, "Energy-efficient Dynamic Cooperative Virtual MIMO Based Routing Protocol in Wireless Sensor Networks", *IEEE 8th International Conference on Communications and Networking in China (CHINACOM)*, DOI: 978-1-4799-1406-7, 2013.
- [6] Ilkyu Ha, "Technologies and Research Trends in Wireless Body Area Networks for Healthcare: A Systematic Literature Review", *International Journal of Distributed Sensor Networks*, DOI: 10.1155/2015/573538, 2015.
- [7] Sharma, Vyas, Thakker, Mulvaney and Datta, "Wireless Body Area Network for health monitoring", *International Conference on Biomedical Engineering and Informatics (BMEI)*, ISBN: 978-1-4244-9351-7, Pp.2183 - 2186, Vol.4, 2011.
- [8] Jong-Moon Chung, Joonhyung Kim and Donghyuk Han, "Multihop Hybrid Virtual MIMO Scheme for Wireless Sensor Networks", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. 61, No. 9, November 2012.
- [9] Zimran Rafique, Boon-Chong Seet and Adnan Al-Anbuky, "Performance Analysis of Cooperative Virtual MIMO Systems for Wireless Sensor Networks", *Sensors Journal*, DOI: 10.3390/s130607033, Pp: 7033-7052; ISSN 1424-8220, 2013.
- [10] Zhuoming Li, Zhenyu Xu, Shengge Mao, Xing Tong, and Xuejun Sha, "Weighted Energy-Balanced Efficient Routing Algorithm for Wireless Body Area Network", *International Journal of Distributed Sensor Networks*, DOI: 10.1155/2016/7364910, 2016.
- [11] Umesh Jawarkar, Pankaj Panchole and Shubham Deshmukh, "Overview of Wireless Sensor Network and Its Applications", *International Journal of Electronics Communication and Computer Engineering*, Vol.4 (2), 2013.
- [12] Jan Hinrich Hauer, Technische Universität Berlin and Germany, "Leveraging Human Mobility for Communication in Body Area Networks", *ACM Transactions on Sensor Networks (TOSN)*, Vol.10 (3), 2014.

## Caractérisation physicochimique des produits fossiles pétroliers non conventionnels de Bemolanga et Tsimiroro, Madagascar

### [ Physicochemical characterization of the non conventional petroleum oil fossil products from Bemolanga and Tsimiroro, Madagascar ]

*Simon Rakotoarison<sup>1</sup>, Eddy H. Rasolomanana<sup>1</sup>, Baholy Robijaona<sup>1</sup>, and Koto-te-Nyiwa Ngbolua<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, Madagascar

<sup>2</sup>Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RD Congo

---

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** Madagascar has not come up to petroleum discovery till now, nevertheless many petroleum companies have acquired licenses for petroleum exploration in the western sedimentary basin of Madagascar, since the new promotional petroleum exploration undertaken on 1980. The existence of the two non conventional fossil deposits discovered since longtime ago have boosted the inventors to come to Madagascar to try to find out the geological model of the eventual petroleum discovery within the huge sedimentary basin of different ages. The two deposits which are The Bemolanga tar sands deposit and the Tsimiroro heavy oil deposit were located in the Morondava sedimentary basin, in the central part of the western sedimentary basin of Madagascar. The two deposits stand besides and are about only 60 km away from each other. To support the petroleum exploration works, it was worth to know the physico-chemical and the geochemical characteristics of the oils and the minerals containing the oils. Thus the main focus of this paper is to develop the analysis for the characterization of oils and minerals which we have been undertaken since thirty years ago. The result of the analysis have stated the Permo-Triassic age of the Bemolanga and Tsimiroro deposits. To complete the useful data for the exploration issue, geochemical and chemical analysis were undertaken to evaluate the Source rock evaluation and the behavior of the Bemolanga and Tsimiroro oils. The results of the study showed that: The Bemolanga bitumen and Tsimiroro oils have high basic compounds content; not any kind of clays which may inhibit the oil recovery process was found; vapor injection process and combustion process would fit to recover these oils.

**KEYWORDS:** Oil research, fossils, bituminous sandstone, heavy oil, sedimentary basin, geochemistry, hydrocarbon, clays.

**RESUME:** Jusqu'à maintenant, aucune découverte de pétrole n'a vu le jour à Madagascar, malgré la venue de plusieurs compagnies pétrolières acquérir des permis de recherche dans les bassins sédimentaires de la partie Ouest de Madagascar, depuis le lancement de la nouvelle promotion de la recherche pétrolière en 1980. L'existence des deux gisements fossiles non conventionnels découverts depuis longtemps a incité les investisseurs à venir à Madagascar pour trouver le modèle géologique d'éventuels gisements de pétrole dans cet immense bassin de différents âges. Les deux gisements qui sont le grès bitumineux de Bemolanga et l'huile lourde de Tsimiroro sont localisés dans le bassin sédimentaire de Morondava, la partie centrale du bassin sédimentaire de Madagascar. Ils sont situés à l'Ouest de la Capitale Antananarivo. Les deux gisements se trouvent côte à côte et distant de 60 km l'un de l'autre. Pour aider la recherche sur l'exploration pétrolière afin de connaître l'origine de bitume et de l'huile lourde, il est nécessaire de déterminer les caractères géochimiques et physico-chimiques des différentes roches, bitume et huile lourde de ces deux gisements. C'est le but essentiel de cette étude que nous avons entreprise depuis plus d'une trentaine d'années. Les résultats des analyses ont démontré l'âge Permo-Triassique des deux gisements. Le comportement géochimique des huiles ont révélé la nature et l'âge de leurs roches mères. Et enfin, Les résultats de nos recherches nous ont aussi amené aux conclusions suivantes : La teneur en composés basiques est très

importante dans le bitume de Bemolanga et l'huile lourde de Tsimiroro. La recherche des argiles gonflantes, inhibitrices de la récupération assistée de ces huiles s'avérait infructueuse. La récupération assistée par injection de vapeur et par « combustion *in situ* » est envisageable pour les deux huiles.

**MOTS-CLEFS:** Recherche pétrolière, fossiles, grès bitumineux, huile lourde, bassin sédimentaire, géochimie, hydrocarbure, argiles.

## **1 INTRODUCTION**

Les ressources en hydrocarbures fossiles non conventionnels présentaient pour certains pays un intérêt considérable. A Madagascar, outre le gisement de charbon de la Sakoa dans le Sud du pays, il existe deux gisements d'hydrocarbures fossiles énergétiques qui sont : Le gisement de grès bitumineux de Bemolanga situé à l'ouest de la Capitale et dans la partie sud du bassin sédimentaire de Majunga et le gisement d'huile lourde situé à Tsimiroro à quelques 60 km du site de Bemolanga.

Les deux gisements se trouvant presque côte à côte se différencient par leur méthode d'exploitation : en effet, les grès bitumineux enfouis à faible profondeur (0 à 100 m) s'exploiteraient, selon les méthodes minières, à ciel ouvert et sont utilisées industriellement au Canada pour l'exploitation des sables bitumineux de la Province d'Alberta connu mondialement sous le nom « d'Athabasca oil sand », tandis que l'huile lourde supposée être un peu plus en profondeur (supérieure à 200m) nécessiterait le traitement assisté des produits par la méthode de récupération à la vapeur ou la combustion *in situ*. Depuis ces dernières années, la mise en valeur de ces deux ressources énergétiques fait partie des projets prioritaires sur la recherche et l'exploitation des hydrocarbures à Madagascar [1].

Les hydrocarbures extraits des grès bitumineux qu'on appellera par la suite « bitume », et les « huiles lourdes » du gisement de Tsimiroro sont relativement lourds (densité >1) et sont comparables par leur aspect à des résidus lourds des produits pétroliers issus des raffineries.

Afin de choisir une méthode de récupération adéquate, il est nécessaire de connaître les caractères physico-chimiques des huiles ainsi que la composition des roches qui les contiennent.

C'est ainsi que nous avons concentré nos travaux de recherche à l'évaluation des caractères physico-chimique de ces deux produits. Toutefois, dans le cadre de ce travail, nous nous limiteront aux principales analyses chimiques sur la roche d'huile lourde du gisement de Tsimiroro et celle du bitume extrait du grès bitumineux de Bemolanga puis aux analyses de comportement polaire de ces deux huiles.

## **2 MATERIEL ET METHODES**

La Figure donne la localisation géographique des sites géologiques d'études.

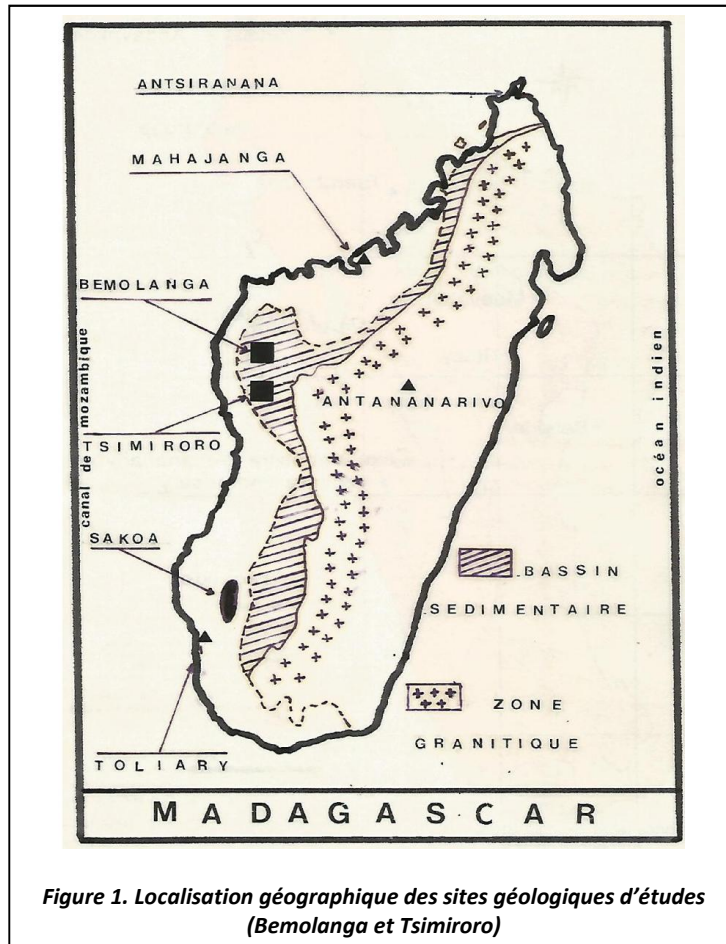


Figure 1. Localisation géographique des sites géologiques d'études (Bemolanga et Tsimiroro)

Les différentes analyses ont été effectuées au laboratoire de Minéralogie et des Matériaux de l'Université Paul Sabatier de Toulouse/France et au laboratoire de l'OMNIS (ancien Office Militaire National pour les Industries Stratégiques) concernant les travaux de recherche sur la roche d'huile lourde et sur le gisement de grès bitumineux de Bemolanga.

Les huiles lourdes étudiées ont été échantillonnées en surface des petites rivières à l'intérieur du gisement et par conséquent, elles présenteraient une légère différence de celles qui se trouvent à l'intérieur du gisement en termes de comportements physico-chimiques.

## 2.1 DÉTERMINATION DE LA PERMÉABILITÉ DES MINÉRAIS [2]

La figure 2 donne le schéma du perméamètre utilisé pour l'évaluation de la perméabilité des minerais.

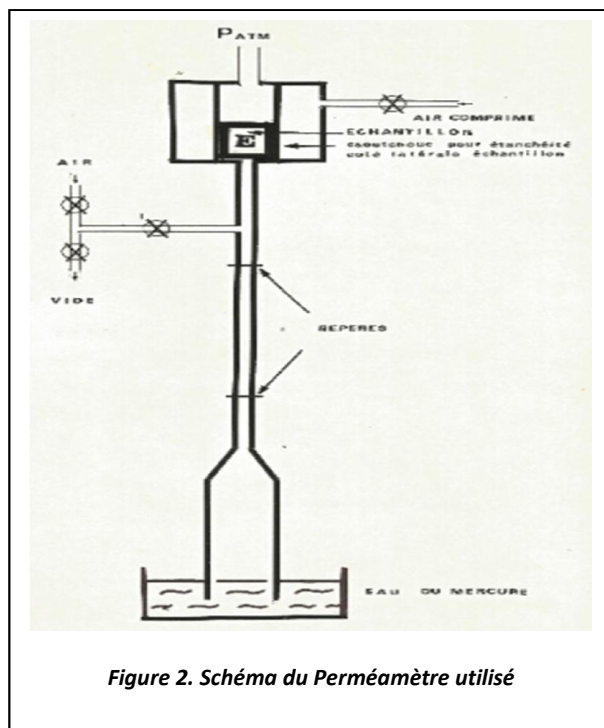


Figure 2. Schéma du Perméamètre utilisé

- **Principe**

L'éprouvette de la roche étudiée sert de bouchon à l'extrémité supérieure du tube de verre vertical dont l'extrémité inférieure plonge dans une cuve à large section remplie d'eau ou de mercure. Un tube horizontal près de l'extrémité supérieure est muni d'un robinet étanche. Il permet de créer une dépression sous l'éprouvette et donc, le liquide s'élève dans le tube vertical. En fermant le robinet, on constate une chute de la colonne du liquide due au passage de l'air à travers l'éprouvette échantillon. La vitesse de chute du liquide varie suivant la perméabilité de la roche et permet les mesures et les calculs y relatifs.

- **Calculs**

En considérant l'échantillon comme un milieu poreux homogène cylindrique, nous pouvons appliquer la loi de Darcy pour l'écoulement de l'air. Cette loi est traduite par la formule :

$$Q = K' A P / h \text{ où,}$$

$Q = [L^3 r^{-1}]$  est le débit volumétrique de l'air

$A = [L^2]$  est l'air de la section

$H = [L]$  la hauteur traversée

$p = [ML^{-1}r^{-2}]$  la perte de charge subie par le liquide (air) à la traversée de la couche

Par conséquent,

$K' = [L^3 M^{-1}]$  est la constante de perméabilité

Si on pose  $K = nK'$

$n = [ML^{-1}r^{-1}]$  étant la viscosité dynamique du fluide

$K = [L^2]$  est alors appelé la perméabilité

Pour l'appareil spécifique du laboratoire la formule pour la loi de Darcy se réduit à la formule :  $K = AC 1/t$  où  $1 = [L]$  est la hauteur de l'échantillon

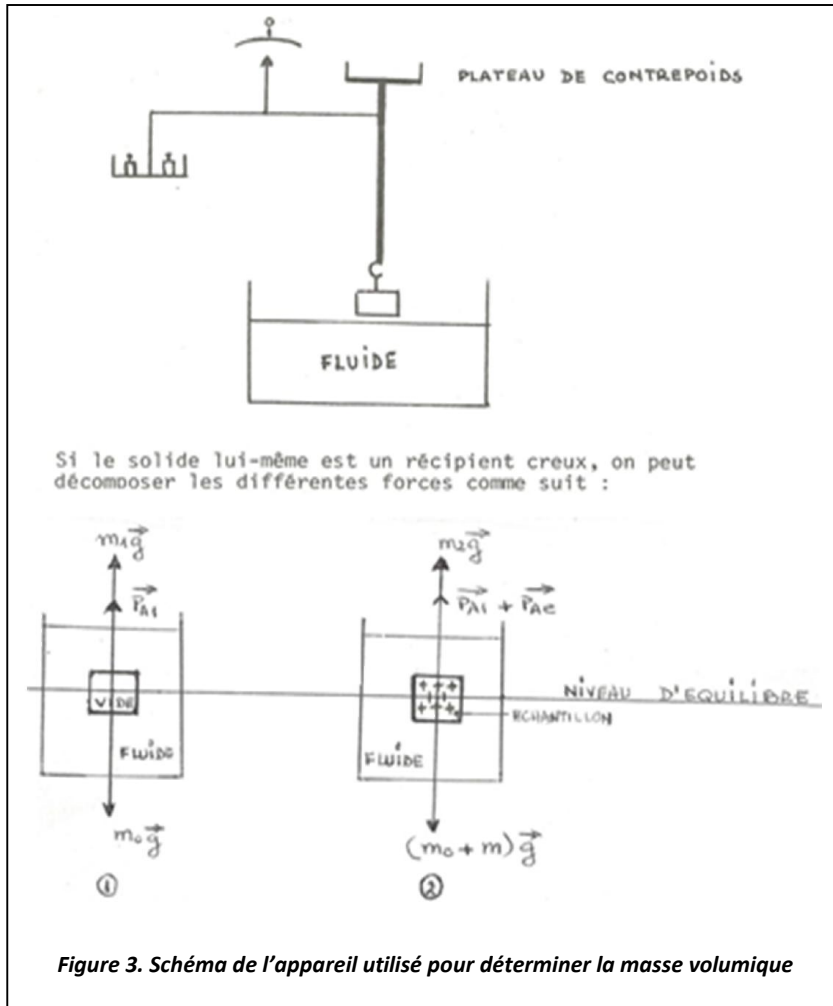
$t = [T]$  le temps d'écoulement du fluide du perméamètre entre 2 repères

$A^*C = L^*r$  est la constante dépendant de la pression atmosphérique, de la position des repères de mesure, des dimensions géométriques du perméamètre et des caractéristiques physiques des fluides utilisés.

$K = [L^2]$  exprimé en Darcy est la perméabilité du milieu poreux.

**2.2 DETERMINATION DE LA MASSE VOLUMIQUE DES MINERAIS [3]**

La figure 3 donne le schéma de l'appareil utilisé pour déterminer la masse volumique des minerais.



La masse volumique de l'échantillon  $\rho_e$  a été calculée avec la méthode de la balance à contrepois utilisant la poussée d'Archimède en utilisant la formule suivante :

$$\rho_e = \frac{m \rho_f}{m + m_1 - m_2} \text{ où,}$$

- $m$  = masse de l'échantillon
- $m_1$  = masse du contrepois en 1
- $m_2$  = masse du contrepois en 2
- $\rho_f$  = masse volumique du liquide.

### 2.3 DETERMINATION DE LA POROSITE DES MINERAIS

Les mesures de la porosité des minerais ont été effectuées sur un porosimètre de laboratoire, consistant à déterminer le pourcentage de vide dans un minerai.

### 2.4 ANALYSES MINÉRALOGIQUES DES MINERAIS [4]

Les échantillons broyés jusqu'à 40  $\mu\text{m}$  sont mélangés avec de l'eau distillée à l'aide d'un mixer. Un test des carbonates à l'acide chlorhydrique est nécessaire. Si le test s'avère positif, il faudrait éliminer les carbonates. On laisse décanter pendant 16h dans une éprouvette graduée. D'après la loi de Stokes, les particules inférieures à 2 $\mu$  supposés contenant les minéraux argileux sont récupérés entre l'intervalle 0 à 20 cm de la surface surnageante. Cette fraction est centrifugée pour concentrer les minéraux. La partie solide est re-dissoute dans un peu d'eau distillée et déposée sur lame avant de subir les rayons X. La même lame est pulvérisée de glycol puis vérifiée de nouveau aux rayons X et enfin, elle est chauffée au four à 500 °C pendant 4 heures et analysée de nouveau.

Parmi les éléments inhibiteurs de la récupération figurent les argiles gonflantes. C'est pourquoi nous nous sommes appliqués, le cas échéant, à la recherche et à la caractérisation de ces dernières. La détermination n'a pu être que qualitative par la méthode aux rayons X. Dans ce chapitre nous nous proposons de présenter dans les grandes lignes, les caractères principaux des minéraux argileux simples tels qu'ils apparaissent dans les diffractogrammes des rayons X des préparations orientées sur lame. Les traitements classiques sont les suivants : Échantillon naturel (N), Échantillon glycolé ou glycérolé (E.G.) et Échantillon chauffé à 500 °C (500).

### 2.5 DETERMINATION DE LA MATIERE ORGANIQUE [5]

La méthode de détermination utilisée pour les Matières Organiques est celle de Robert et Tissier qui consiste à attaquer les matières organiques par les oxydants forts (comme l'eau oxygénée) à froid puis à chaud autour de 60 °C. L'échantillon est ensuite lavé plusieurs fois jusqu'à l'obtention d'une solution stable. La perte de masse est supposée être la matière organique.

### 2.6 DETERMINATION DES COMPOSES POLAIRES DANS LES HUILES [6], [7], [8]

- **Asphatènes**

Les produits asphaltiques ont été séparés par précipitation au n-pentane. Cinq grammes (5 g) d'huile sont dissouts dans 5 ml de benzène dans un bécher de 300 ml. Ensuite, 200 ml de n-pentane y sont ajoutés. On laisse pendant 2 heures en agitant de temps en temps. Les précipités (les insolubles) sont filtrés, séchés et pesés.

- **Acides carboxyliques, bases et esters méthyliques**

- **Préparation des acides carboxyliques**

Environ 500g de silice de 70-230 mesh sont lavés à chaud au chloroforme pendant 24 heures. La silice est ensuite activée à 120 °C pendant 24 heures. 1 500 ml de solution à 50 mg/l de KOH dans du propanol- 2 (dissolution à 60 °C) sont mélangés avec la silice. L'ensemble est déposé dans la colonne chromatographique après refroidissement.

- **Préparation des bases**

Environ 500g de silice 70-230 mesh sont activés à 140 °C minimum pendant 24 heures. 100 ml d'HCl concentré (32%) sont mélangés avec la silice. L'ensemble est transvasé dans la colonne chromatographique et lavé par du chloroforme pendant 5 à 6 heures.

- **Séparation des acides**

La méthode utilisée a été celle mise au point à l'Institut National Polytechnique de Toulouse - France. La séparation consiste à chromatographier les échantillons d'huile sur la colonne de gel de silice imprégné de potasse, puis à éluer les acides retenus dans la colonne à l'aide d'une solution à 20% d'acide formique dans l'éther. Les solvants sont enlevés à l'évaporateur rotatif et l'acide est pesé.

### ○ Séparation des bases

Les bases sont séparées par absorption sur une nouvelle colonne de silice modifiée par HCl. Les bases retenues sur la colonne sous forme de chlorhydrate sont éluées par du méthanol qui sera par la suite éliminé à l'évaporateur. Les bases sont finalement extraites et purifiées par une extraction liquide-liquide entre une solution aqueuse saturée de potasse et du chloroforme. La solution chloroformique des bases est évaporée et pesée.

### ○ Esters méthyliques

Les acides obtenus sont des acides carboxyliques. L'étape d'estérification par une solution en excès de trifluorure de bore à 20% dans du méthanol permet une première purification de cette fraction acide totale.

Seule la fonction carboxylique est méthylée. La réaction est effectuée pendant 12 heures à température ambiante après une dissolution préalable de l'échantillon dans un peu de chloroforme puis 2 heures sous reflux total (cas expérimental des huiles lourdes et bitume). Après refroidissement et addition d'eau distillée, la phase organique qui contient les esters méthyliques est extraite au chloroforme. On évapore la solution chloroformique et on purifie les esters méthyliques à travers une colonne de silice modifiée par la potasse (comme lors de la séparation des acides) en utilisant l'éther comme solvant d'éluion. La solution étherée d'esters méthyliques purifiés est évaporée puis pesée.

## 2.7 ETUDES RHÉOLOGIQUES DU BITUME

Les comportements rhéologiques des bitumes et des huiles lourdes ainsi que ceux des produits libérés d'acides et des bases ont été étudiés à 70 °C. Cette température a été choisie compte tenu de la difficulté que présente la manipulation des produits. En effet, ces huiles restent trop visqueuses à la température <70 °C. Seule l'huile lourde et le bitume ont fait l'objet d'une étude à 40 °C puisqu'ils coulent facilement à cette température. Les fractions étudiées à 70 °C sont donc : A=Bitume, A'=Huile lourde, B=Bitume sans acides, B'=Huile lourde sans acides, C=Bitume sans acides ni bases, C'=Huile lourde sans acides ni bases. Et à 40°C : A1=Bitume, A'1=Huile lourde. Les mesures de viscosité ont été faites sur un rhéomètre type EPPRESHT 2834-Rhéomat 15.

## 3 RESULTATS ET DISCUSSION

### 3.1 PERMÉABILITÉ DES MINERAIS

Le tableau 1 donne les résultats obtenus sur les quatre échantillons étudiés.

*Tableau 1. Mesure de perméabilité*

N° Ech.	t (s)	A*C	L (cm)	K (mdy)	K (mdy)	
1	110	2114	4	76.87	Moyenne 83.3 Sens vertical	
	100	2114	4	84.56		
2	97	2114	4	87.18		
	100	2114	4	84.56		
3	40.41	2114	4	209.26		Moyenne 243.4 Sens horizontal
	41.82	2114	4	202.20		
	29.63	2114	4	285.39		
4	30.55	2114	4	276.8		

Il ressort du tableau 1 que le produit A\*C de deux constantes utilisées est de 2114. La moyenne des mesures a donné comme résultat : 83.3 mdy pour la perméabilité dans le sens vertical et 243,4 mdy dans le sens horizontal. Ce qui indique que, aussi bien dans le sens vertical que dans le sens horizontal, les minerais sont perméables c'est-à-dire qu'on peut en faire passer des solvants à travers leurs parois. Ce caractère perméable est très intéressant pour la récupération assistée de ces huiles, car plus elles sont perméables, faciles les huiles seront entraînées par le liquide d'extraction. La différence de perméabilité horizontale et verticale permet de penser à la formation plutôt horizontale des couches formant le gisement.

### 3.2 MASSE VOLUMIQUE DES MINERAIS

Le tableau 2 donne les résultats expérimentaux de la mesure de la masse volumique des minerais.

**Tableau 2. Mesure de la masse volumique des minerais**

Échantillon	m (g)	m <sub>1</sub> (g)	m <sub>2</sub> (g)	ρ <sub>f</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	ρ <sub>e</sub> (g/cm <sup>3</sup> )
82	3,59	15,93	18,45	0,77	2,58
83	4,02	15,87	19,04	0,82	2,60
84	3,68	16,01	22,22	0,78	2,57

Il ressort de ce tableau que la masse volumique moyenne des grès bitumineux est de 2,58 g / cm<sup>3</sup>.

### 3.3 POROSITE DES MINERAIS

La moyenne des mesures ont donné la valeur de 24,30 %. La porosité de 24,30 % confirme la nature « huileuse » de la roche ainsi que sa possibilité d'être une bonne roche « réservoir d'hydrocarbure ».

### 3.4 ANALYSES MINÉRALOGIQUES DES MINERAIS

Le tableau 3 donne les valeurs (en Å) des distances réticulaires de réflexion des minéraux argileux courants (échantillon naturel).

**Le tableau 3. Mesure de la réflexion des minéraux argileux (Échantillons naturels)**

Minéraux	Symbole	Distance réticulaire(Å)		
		ECH.-1	ECH.-2	ECH.-3
Kaolinite	K	7	3.5	2.3
Illite ou Muscovite	I-Mu	10	5.0	3.3
Montmorillonite	M	12-15	6.0-7.5	4.0-5.0
Chlorite	C	14	7.0	4.7
Vermiculite	V	14	7.0	4.7

Les figures 4 (a-c) donnent les différents diffractogrammes des RX des lames normales et lames glycolée d'argiles de Tsimiroro.

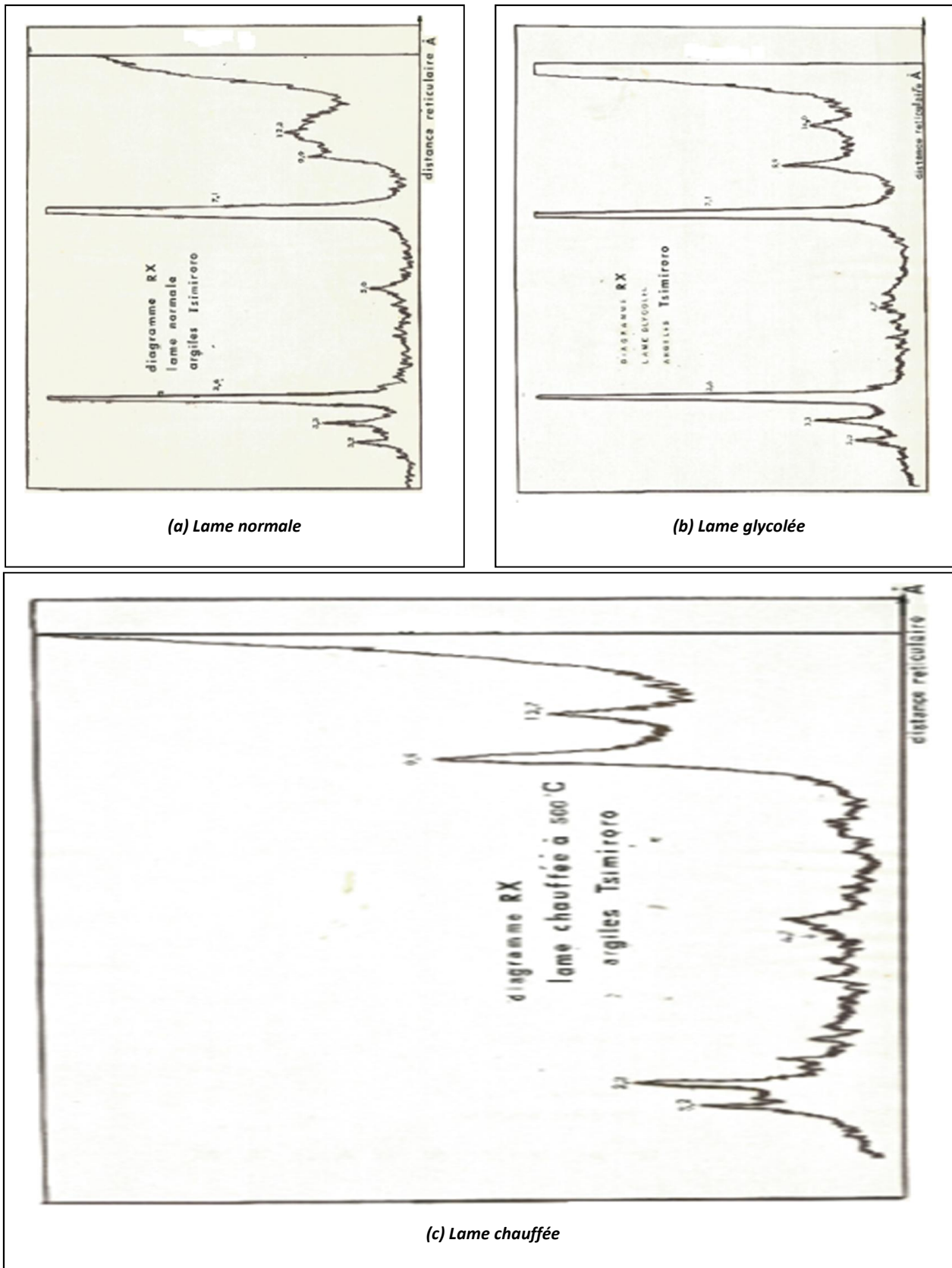


Figure 4. Diffractogrammes des lames normale, glycolées et chauffée d'argiles de Tsimiroro (Madagascar)

Les diagrammes RX de la lame normale, glycolée et chauffée font apparaître l'existence de la kaolinite, du chlorite et de l'illite comme minéraux.

### 3.5 MATIERES ORGANIQUES DANS LES MINERAIS

Le taux de matières organiques est de 1.2%. Cette valeur indique la faible teneur en huile des échantillons étudiés.

### 3.6 ASPHALTÈNES

Le tableau 4 donne la teneur des huiles en Asphaltènes.

**Tableau 4. Teneur des huiles en Asphaltènes**

Resource naturelle	Echantillon	Masse (g)	Asphaltène (g)	Asphaltène (%)	Moyenne (% masse)
Bitume	B1	5.313	0.958	18.03	17.95
	B2	6.015	1.075	17.87	
	B3	5.666	1.016	17.94	
Huile lourde	T1	6.001	0.815	13.58	13.25
	T2	5.102	0.736	12.91	
	T3	5.551	0.775	13.24	

Il ressort de ce tableau que la teneur en asphaltènes du bitume est supérieure à celle de l'huile lourde (17,95% contre 13,25%), ce qui explique que l'huile de Tsimiroro contient beaucoup plus de produits légers.

### 3.7 ACIDES CARBOXYLIQUES, BASES ET ESTERS METHYLIQUES

Le tableau 5 donne le pourcentage en bases, acides, asphaltènes et esters méthyliques.

**Tableau 5. Teneur en acides, bases, asphaltènes et esters méthyliques dans les huiles**

Composés	HL	HL	HL	B	B	B
	Prise d'essai (g)	Masse (g)	% (mase)	Prise d'essai (g)	Masse (g)	% (masse)
Acides totaux	219.00	14.26	6.5	453.76	44.34	9.8
Bases + Neutres		190.9	87.2		363.46	80.1
Esters méthyliques		14.10	6.4		34.6	7.6
Esters purifiés		10.85	4.9		30.28	6.7
Retenus dans la colonne (modifiée par KOH)		13.84	6.3		45.96	10.1
Asphaltènes		28.9	13.2		81.22	17.9
Bases		12.87	5.9		28.10	6.2
Neutres		166.85	76.2		312.84	68.9
Retenus dans colonne (modifiée par HCl)		11.26	5.1		22.52	5.0

(Légende : HL = Huile Lourde, B = Bitume)

Il ressort de ce tableau que l'huile lourde a une teneur en base de 5.9% qui est plus importante que celle de l'ester méthylique purifié (4.9%). Le bitume a sensiblement la même teneur en base et en ester méthylique purifié (environ 6.5%). La teneur en esters méthyliques purifiés de bitume est plus importante que celle de l'huile lourde (6.7% et 4.9% respectivement). La teneur en base de deux huiles est presque la même (6% en masse). La teneur en acide de ces deux huiles est supérieure à celle des bruts lourds immatures à teneur maximum de 3%.

On peut aussi noter qu'une quantité non négligeable d'asphaltènes a traversé la colonne lors de la séparation des acides, c'est pourquoi la rétention en produit dans la silice pendant la séparation des bases reste encore importante (5%). Lors de la

manipulation, il est nécessaire de réchauffer la masse dans la colonne à chromatographier autour de 30 °C pour que l'éluion à l'éther ait lieu. Le pourcentage massique dans le tableau 5 est calculé par rapport à la prise d'essai initiale.

La figure 5 donne le spectre IR des acides et des esters du bitume et d'huile lourde.

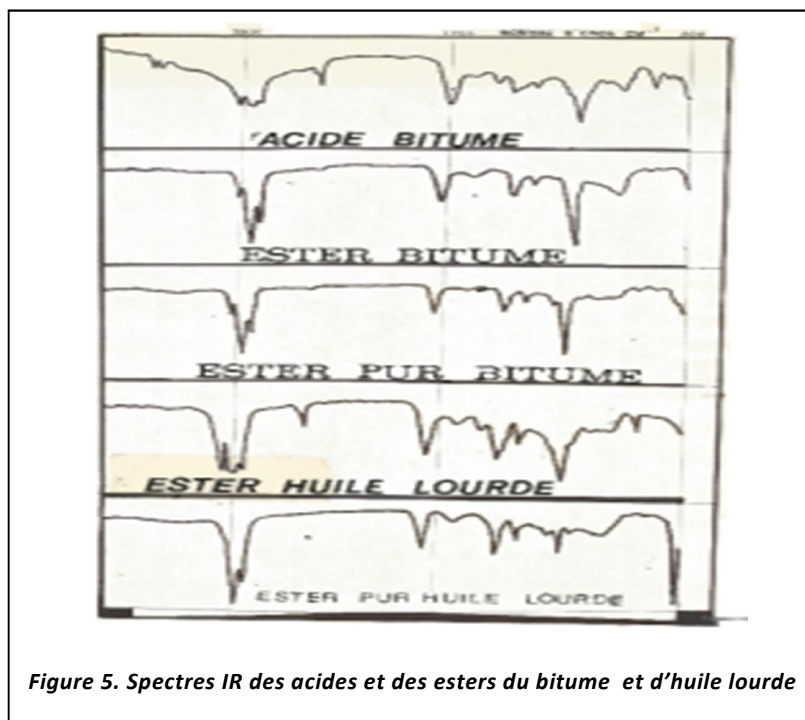


Figure 5. Spectres IR des acides et des esters du bitume et d'huile lourde

Ces spectres IR montrent que la méthylation des acides carboxyliques est bien complète (absorption nette vers 1730  $\text{cm}^{-1}$  correspondant à l'absorption des liaisons C=O des esters et disparition des larges pics à 3400-3600  $\text{cm}^{-1}$  des liaisons OH inter et intramoléculaires des acides). On reconnaît par ailleurs les pics des doubles liaisons des aromatiques à 3020  $\text{cm}^{-1}$  et la vibration dans le plan du cycle aromatique entre 1630  $\text{cm}^{-1}$  et 1600  $\text{cm}^{-1}$ .

### 3.8 ÉTUDES RHÉOLOGIQUES DU BITUME

Les résultats expérimentaux sont résumés dans les tableaux 6 (Tension de cisaillement des huiles) & 7 (Viscosité des huiles) et les courbes rhéologiques sont données dans les figures 6 (a-c).

Tableau 6. Tension de cisaillement des huiles ( $\text{dyne/cm}^2$ )

VITESSE	A	B	A'	B'	C'	A1	B1
2.76						714	3061
3.68						918	3878
4.86						1225	4898
7.00						2347	6327
9.40						3061	8572
12.37		614		950	1020	3918	10817
16.01		918	846	1050	1326	5102	13470
21.78		1265	1225	1600	1837	7125	17144
31.61	8.16	1837	1735	2250	2851	9289	
42.45	1122	2551	2327	3020	3767	12734	
55.85	1531	3306	3021	3900	4986	15307	
74.50	2041	4286	3878	5100	5510	19800	
98.30	2655	5919	5103				

(Légende : A = Bitume à 70 °C, B = (Bitume - Acide) à 70 °C, A' = Huile lourde à 70 °C, B' = (Huile lourde - Acide) à 70 °C, C' = [Huile lourde - (acide+base)], A1 = Bitume à 40 °C, B1 = Huile à 40 °C). N.B. La fraction C' d'huile lourde libérée de ses acides et bases est tellement visqueuse que la manipulation n'a pas pu être effectuée même à 70 °C.

Tableau 7. Viscosité des huiles

T (°C)	Fraction	Viscosité (cP)	Augmentation (%)	Par rapport à
70	A	27400		
70	B	58800	114	A
70	A'	54600		
70	B'	66700	24	A'
70	C'	88900	67	A'
70			33	B'
70	A'	32000	17	A
70	A'1	108800	103	A'

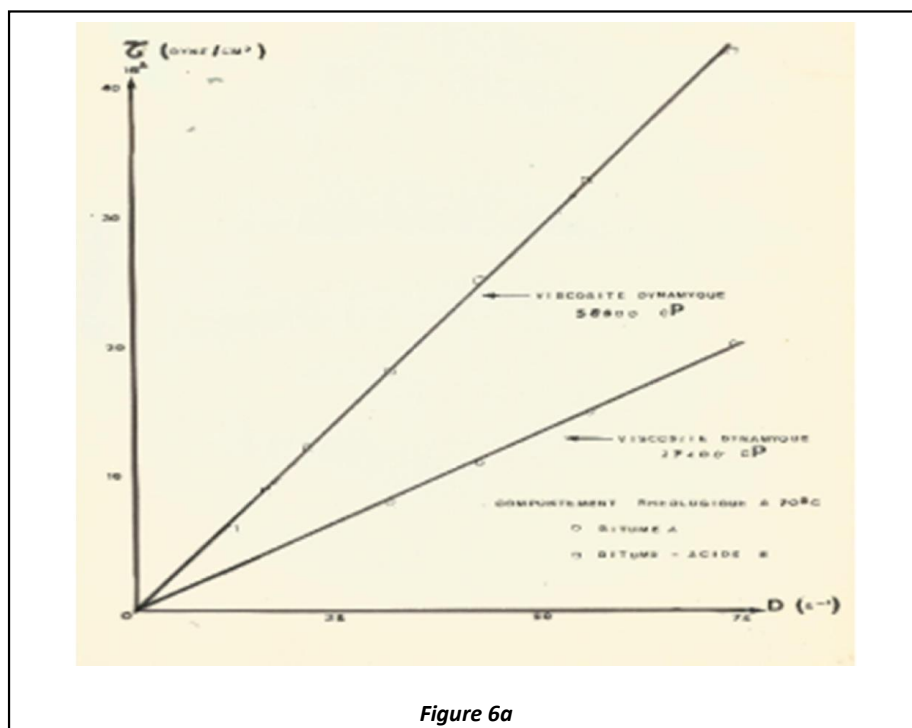
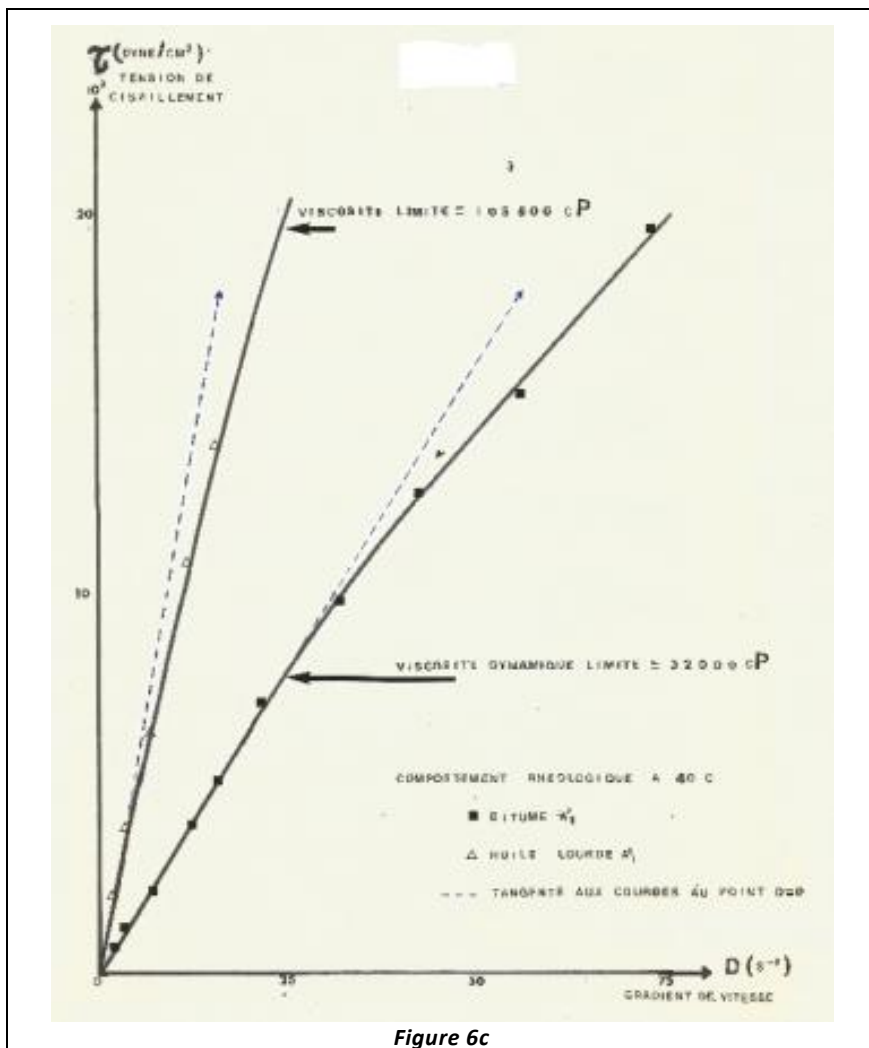
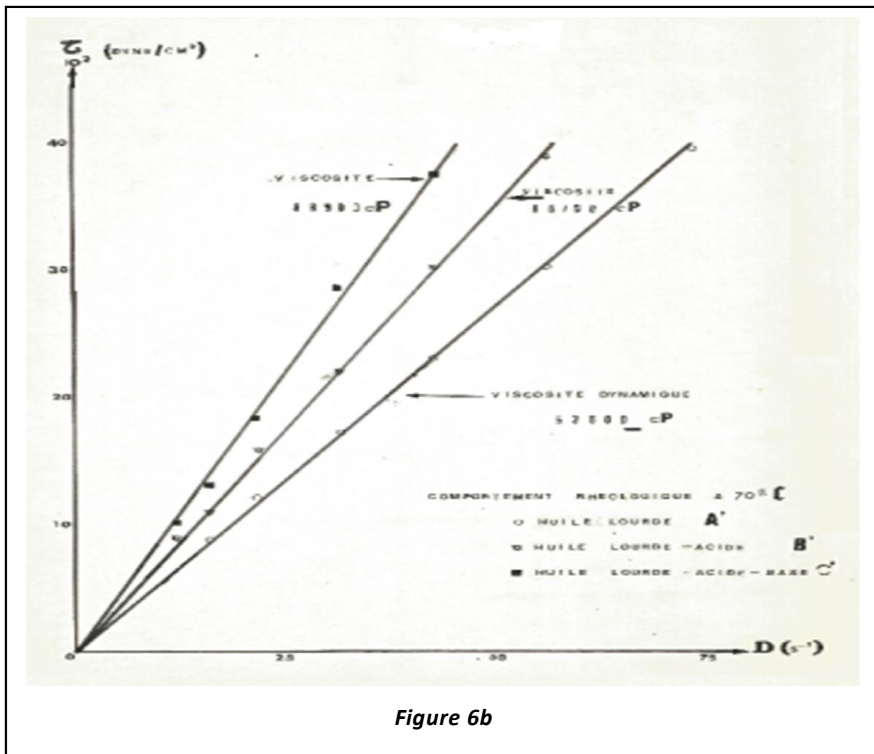


Figure 6a



D'après les courbes rhéologiques obtenues et les tableaux 6 et 7 ci-dessus, on en déduit que :

- Le bitume A1 et l'huile lourde A'1 à 40 °C ont le comportement de liquide pseudo-plastique dont la viscosité dynamique limite est de 32 000 cP et de 108 800 cP respectivement pour le bitume et l'huile lourde [8].
- A 70 °C les comportements des fluides sont plutôt Newtoniens.
- D'une manière générale, les produits d'huile lourde sont plus visqueux que ceux du bitume à une même température.
- Si l'on refroidit de 70 °C à 40 °C, la viscosité augmente de :
  - 17° pour le bitume et de
  - 103° pour l'huile lourde
- A la même température de 70 °C, on constate une augmentation de viscosité des produits libérés de leurs acides aussi bien pour le bitume que pour l'huile lourde. L'augmentation est de :
  - 114% pour B par rapport à A et de
  - 24% pour B' par rapport à A'.
- La viscosité augmente encore plus pour les fractions débarrassées à la fois des acides et des bases. Ainsi la viscosité de l'échantillon C' a augmenté de 66% par rapport à A'.

Ainsi donc, en comparant l'huile lourde et bitume de Madagascar, on peut noter qu'à une même température le bitume est moins visqueux que l'huile lourde. Par contre, l'huile lourde a une teneur en asphaltènes plus faible (13%) que le bitume (18%).

Cependant, en comparant les huiles lourdes et bitume de Madagascar à d'autres huiles, on peut noter que Les huiles non conventionnelles sont différentes des bruts qui ne contiennent que peu d'acides et de bases (inférieur à 1% [9]). Les esters méthyliques purifiés de 6,6% pour le bitume et de 4,9% pour l'huile lourde sont très importants comparés aux esters méthyliques des bruts d'Iran (0,1%) et de Nigéria (0,5%). Néanmoins ils sont comparables aux esters du brut de RFA (5.6%). La viscosité du bitume déjà étudié par John Starr a été vérifiée, elle est supérieure à celle des bitumes de Canada (27 400 cP contre 2 000 cP à 70 °C) [10]. La teneur en asphaltènes du bitume de Bemolanga est semblable à celle du bitume de Canada (18,1%). Le pourcentage d'asphaltène trouvé à l'IPSOI de Marseille est légèrement supérieur (22,8%) [11]. Par contre la teneur en asphaltène de l'huile de Tsimiroro analysée par l'IPSOI (3,4%) est nettement inférieure à celle que nous avons trouvée (13%). Cette différence pourrait s'expliquer par l'hétérogénéité due à l'altération des échantillons en surface dans les différents lieux d'échantillonnage.

#### **4 CONCLUSION ET SUGGESTIONS**

A partir des études analytiques effectuées sur les deux huiles de Madagascar, la teneur en composés basiques est très importante. La recherche d'argiles gonflantes telle que la vermiculite dans les échantillons étudiés a été négative toutefois ceci reste à vérifier pour l'ensemble du gisement, du moins pour le gisement potentiel susceptible d'être exploité. De plus étant donné que la viscosité de ces huiles est assez élevée, des essais de récupération par injection de vapeur ou des essais de combustion « *in situ* » seraient envisageables pour la récupération assistée en profondeur de ces deux huiles.

#### **REMERCIEMENTS**

Les auteurs remercient le Laboratoire de Génie Chimique de l'Ecole Nationale Supérieure de Chimie de l'Université Paul Sabatier de Toulouse-France, dirigé par Le Professeur J. Molinier, où toutes les analyses ont été effectuées.

## REFERENCES

- [1] H. Andrianasolo, M.D. Rakoto-Andriantsilavo, E. Raveloson. The bitumen and heavy oil deposit in Madagascar, Feasibility and prospects of Bemolanga deposit, First International Conference on the future of heavy crude and Tar sands-Edmonton Canada, 1979.
- [2] B. Thenoz. Contribution à l'étude de perméabilité des roches, thèse de Sciences Physiques, Université de Toulouse, 1966.
- [3] P. Gopalakrishnan. Contribution à l'étude de récupération des hydrocarbures en milieu poreux par injection simultanée de vapeur d'eau et d'additifs, Thèse de Docteur-Ingénieur, Université de Toulouse, 1977.
- [4] Ph. Larque, F. Weber. Technique de préparation des minéraux argileux en vue des analyses aux RX Université de Strasbourg, Annales agronomiques, 1978.
- [5] M. Robert, D. Tessier. Méthodes de préparation des argiles des sols pour des études minéralogiques, Anales agronomiques Université de Strasbourg, 1974.
- [6] C. Bernard. Étude des émulsions eau-pétrole brut, rôle des asphaltènes, Thèse de Docteur-Ingénieur Université de Strasbourg, 1980.
- [7] M. Amat. Contribution à l'étude des substances polaires des pétroles bruts, détermination d'un paramètre empirique de polarité et application, Thèse de doctorat d'état ès-sciences, Université de Toulouse, 1981.
- [8] J.M. Schmitter. Acides de pétrole, méthode d'analyse et exemple d'applications, Thèse de Docteur-Ingénieur Université de Strasbourg, 1978.
- [9] J.I. Bulmer. Syncrude analytic method for oil sands and bitumen processing, AOSTRA Edmonton, 1979.
- [10] J. Starr. Analysis of cores from four drilled wells in zone VI of Bemolanga oil sands deposit, OMNIS report, 1979.
- [11] E.F. Rouviere, J.M. Ruiz, L. Léna. Analyse structurale des composés hydrocarbonés fossiles malgaches. Séparation par famille d'hydrocarbures, analyses des composés saturés aromatiques, polaires et des asphaltes, IPSOI Marseille, 1983.

## Insight into Fractal Image Compression: A Multifacet View

*Mekala Ramesh<sup>1</sup>, V. Palanisamy<sup>2</sup>, B. Gopinath<sup>3</sup>, and Thangavel Rukmangadhan*

<sup>1</sup>Computer Science and Engineering,  
Info Institute of Engineering,  
Coimbatore, TamilNadu, India

<sup>2</sup>Info Institute of Engineering,  
Coimbatore, TamilNadu, India

<sup>3</sup>Electronics and Communication Engineering,  
Info Institute of Engineering,  
Coimbatore, TamilNadu, India

<sup>4</sup>Department of Electronics,  
Sri RamaKrishna Mission Vidhyalaya College of Arts and Science,  
Coimbatore, TamilNadu, 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:** This paper presents a survey on practical as well as theoretical advancements in fractal image compression (FIC) practice. It is a lossy compression scheme comprises Affine Contractive Transforms, Iterated Functions represented as fractals. It is with a high compression ratio, but entails more time for encoding. Although many schemes are published to speed up encoding, they do not easily satisfy the encoding time or the reconstructed image quality requirements. FIC method incorporating optimization techniques results in better performance of the practical applications.

**KEYWORDS:** FIC, CMT, IFS, image partitioning, Domain Pool Selection.

### 1 INTRODUCTION

Basically images are classified as natural images (from natural sources) and artificial images (created artificially). In current scenario, it is required to process images from natural sources more than that of artificial one since it occupies more space comparatively. Thus, there is a necessity for a better Image Processing Technique (IPT) to be identified to optimize the performance. The IPT encompasses formation and enhancement of image. Enhancement is categorized into visualization, analysis and management. Image management plays a vital role with inclusion of Compression, Archiving, Retrieval and Communication, in which the compression is much more important. Thus, the Image Compression Technique (ICT) is concentrated by considering the size of compressed file versus quality of decompressed image. ICT is classified into lossless compression (Run Length Encoding (RLE), Huffman Coding (HC), Lempel-Ziv-Welch (LZW)) and lossy compression (Discrete Cosine Transform (DCT), Discrete Wavelet Transform (DWT), Fractal Image Compression (FIC)). FIC scheme is chosen because of its self-similarity, resolution independence and fractal interpolation features. To optimize the performance of FIC each of its features has to be studied from different point of view.

**2 FRACTAL IMAGE COMPRESSION**

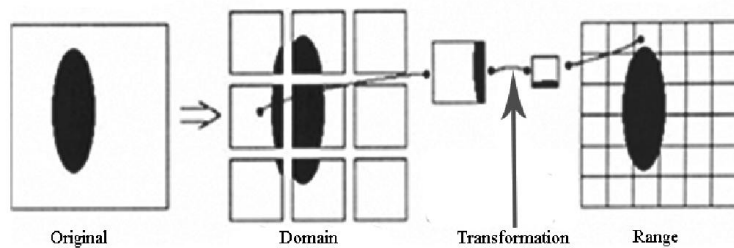
M. F. Barnsley [1][2] proposed the FIC by representing image as a collection of Affine Transformations, Iterated Functions and derived the Contractive Mapping Transform (CMT) applied to IFS's called the Collage Theorem. Y. Fisher [7] employed the Partitioned or Local Iterated Function System (PIFS/LIFS) to describe images utilizing the property of self-similarity. M. F. Barnsley [3] converted PIFS/LIFS fractal image compression to Recurrent Iterated Function System (RIFS). Fractal geometry, [6] denotes partitioned image as a collection of shrunken copies, a structure equivalent to RIFS. First practical FIC approach implemented by A. E. Jacquin [4][5] based on the Baseline Fractal Image Compression (BFIC) principle, partitions an image into Range Blocks (uniform size, non-overlapping) and the Domain Block ( optional size, overlapping) and suggested the square shape of blocks by insisting the domain size as twice that of the range size.

**2.1 THE COLLAGE THEOREM**

Fractal coding represents a signal X as a contractive transform T, chosen such that the fixed point  $X_T$  of T is close to X and  $X_T$  may be recovered from T by the iterative process.

Ever since the distortion  $\|e_T\|$  (where  $e_T = X - X_T$ ) introduced by the fractal approximation can usually not be directly optimized for these reasons, the standard approach is to optimize T to minimize the collage error  $\|e_c\|$  (where  $e_c = x - Tx$ ), which is usually computationally tractable. The collage theorem guarantees the  $\|e_T\|$  made small by finding T such that  $\|e_c\|$  is sufficiently small. The most common form of the collage theorem is  $\|e_T\| \leq (1-\alpha)^{-1} \|e_c\|$ , where T is a contractive transform with Lipschitz factor  $\alpha$  (i.e.  $\|Tx - Ty\| \leq \alpha \|x - y\|$ ). In image coding terms this implies that a transform 'T', for which the fixed point  $X_T$  is close to an original image x, may be found by designing the transform 'T' such that the collage- Tx is close to x, achieved by minimizing the collage error for each range block individually.

A similar bound is possible for eventual contractivity while a tighter collage bound is possible by imposing certain restrictions, consisting primarily of requiring DC subtraction in the block transform and setting the domain increment to be equal to the range block size. In spite of the considerable improvement over the usual collage theorem bound, this bound is still rather loose. The majority of existing fractal coding schemes restricts T to be an affine transform  $Tx = Ax + b$ , where A is a linear transform (encapsulating the combined effects of the spatial contractions, isometry operations, and scalings of the individual domain to range mappings) and b is an offset vector (comprises of the offsets in each of the individual domain to range mappings). In this case  $e_c = (I - A)e_T$ , and bounds  $(1 + \|A\|)^{-1} \|e_c\| \leq \|e_T\| \leq (1 - \|A\|)^{-1} \|e_c\|$  may be derived, in terms of an operator norm  $\|A\|$  consistent with the vector norm, by noting that that  $|\|u\| - \|v\|| \leq \|u - v\| \leq \|u\| + \|v\|$  for arbitrary vectors u and v.



**Fig.1 Fractal Image Compression Process**

**2.2 PERSPECTIVE OF FRACTAL IMAGE COMPRESSION**

To explore FIC [23] four perspectives are identified.

- Iterated Function Systems (IFS): the metric spaces operators have fractal subsets as attractors of IFSs. Each block is approximated by the sum of DC components and a scaled copy of an image block taken from the VQ codebook.
- Self Vector Quantization: fractal encoding is same as mean-removed shape-gain vector quantization (MRSV-VQ) except the explicit code book availability in which an image.

- Self-Quantized Wavelet Subtrees (SQWS): wavelet transform coding organizes the Haar wavelet coefficients in a tree structure as well as subtrees are obtained by scaled copies approximation of other subtrees closer to the root of the wavelet tree.
- Convolution Transform Coding (CTC): operations carried out in searching, a matching image region are equivalent to a convolution operation. Only one of the convolution coefficients is selected for the fractal code. This leads to hybrid codes which hold the strongest prospects for the best rate-distortion techniques.

### 3 FIC APPROACH

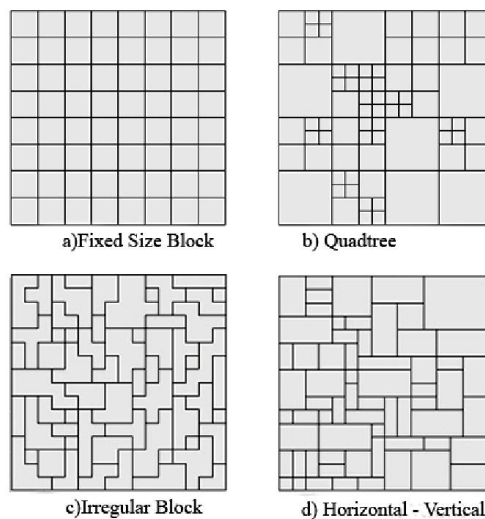
The fundamental principle behind FIC is Formation of range blocks by image partition techniques, Selection of domain pool by improvements, Class of block transforms applied on domain pools, Searching the suitable domain pool for formation of particular range block and Optimizing the search strategies

#### 3.1 IMAGE PARTITIONING TECHNIQUES

Partitioning of an image is employed with either Right-Angled approach or Triangular/Polygonal approach.

##### 1) Right-Angled Partition Approach

- The fixed size square blocks [8] provide simplest possible range partition.
- Adaptive square blocks [9] introduced adaptivity in partitioning images with large blocks in low detail regions and small blocks with significant detail regions.
- Quad tree partition [10] employs a recursive splitting of image quadrants represented by a tree structure with each non-terminal node has four descendents which can be extended to variants.
- Irregular block partition [11] tiled an image by right-angled irregular shapes employing various merging strategies on a fixed square block / quadtree, either by top-down or by bottom-up approach.
- The Horizontal-Vertical (HV) partition [12][13] splits the image block is by horizontal or vertical line boundary approximation of prominent edges with adaptive size.

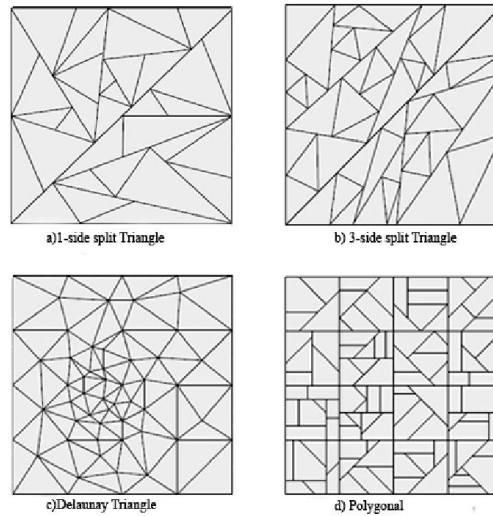


**Fig2. Right-Angled Partition approach**

##### 2) Triangular and Polygonal Partition approach

- Polygonal block partition [14] [15] investigated splitting the image into two main triangles by the insertion of suitable diagonal, progressively smaller triangles where ever necessary by a 1-side and 3-side split from a vertex of the triangle to a point on the opposite side.
- Delaunay triangulation partition [16][17] initiated from set of seed points, and extended to additional seed points in regions of high image variance by the insertion of line segments at various angles employing recursive splitting and finally merging triangles to form quadrilaterals.

- Overlapped block partition [18][19] extended a quadtree fixed block size range partition employing multiple domain transforms by block overlapping with extended wavelet domain fractal coding. These methods require interpolation during the block transformation.

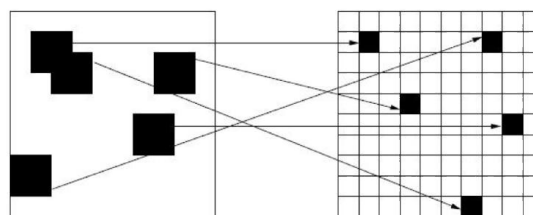


**Fig.3. Triangular and Polygonal Partition approach**

#### 4 DOMAIN POOL SELECTION TECHNIQUES

The selection of domain pool depends on the type of partition technique adopted. A domain block undergoes a symmetry operation before mapping it onto a range block. This increases the size of the domain pool.

- Global Code Book [13] established by fixed square block/quadtree partition for all range blocks or for a particular class of range blocks in the image.
- Local Code Book [20] incurred by masking of range block at centre, for each range block is being restricted to a spiral search path followed outwards from the range block position.
- Synthetic code book [21][22] extracted independently from low resolution image approximation without any iteration.
- Hybrid code book [23] represented by combining mappings from domain blocks with fixed Vector Quantization codebook.



**Fig.4. Mapping from Domain to Range Block**

#### 5 BLOCK TRANSFORM TECHNIQUES

The convergence properties on decoding are determined by the type of block transform selected in Fractal encoding scheme. Quantized parameters of encoding include the most of the information in the compressed representation.

## 5.1 REPRESENTATION OF TRANSFORM

The range partition is represented by Quadtree or Horizontal-Vertical adaptive partitions. Domain partition is represented by Discrete Values and spiral search based on the corresponding Vector Quantization technique [20].

The class of block transform is chosen depending upon the partition approach used and the type of domain pool selected.

- Affine Transformation [16] [24] applied on nonrectangular partitions by matching the vertices of transformed domain blocks with the vertices of the range blocks, compiled of skewing, stretching, rotation, scaling, translations, dilations and shears.
- Wavelet Based Fractal Transform (WBFT) [1] realized by connecting IFS and the theory of Multi Resolution Analysis (MRA).
- Second order Transform [7] extended affine transformation including multiple fixed blocks, quadratic blocks and also cubic blocks.
- Discrete Cosine Transform (DCT) [25] [26] formed basis vector for image blocks through mutual orthogonality.

## 6 SEARCHING TECHNIQUES

Searching is a method match up each range block to a domain block with the minimal difference under an affine transformation.

- Boss, fisher and jacob [27] proposed subdivision of a square domain/range block into four quadrant canonical ordering and a range block is compared only with the domain blocks belongs to the same category.
- D.Saupe [28] adopted a spatial constraint on the domain pool for each range, performed contractive mapping between domain block with a higher variance than the range block called domain pool reduction.
- B. Hurtgen [29] adopted four quadrants technique of Fisher, and calculated average intensities of quadrants of any block and compared with the average intensity of overall block to classify them into 360 classes.
- Nearest neighbour search [30] utilised a preprocessing stage representing hyperplane induced partition to arrange the blocks in tree structure.
- Invariant representation [31] of image block is equivalent to the multidimensional nearest neighbour search method based on feature extraction.
- Efficient distance computation [32] constructed an invariant representation from Hadamard transform coefficients in zig-zag scan order and computed the inner products between domain and range blocks.
- Classifications [21] rely on features of least approximate invariant representation.
- Distance bounds [34] excluded impossible matches calculating distance inequalities within image blocks.
- Clusters [35] for small range blocks are generated for classes of Fisher scheme using KD-tree and nearest neighbour search method.
- Adaptive approximation [36] converted the domain and range matching to nearest neighbour search, approximated it by orthogonal projections.
- Deferring Range/Domain Comparison (DRDC) [37] created domain codebook by comparing with preset block, then classified the blocks according to an approximation error and represented using KD-tree as a search key.
- Pyramid algorithm [38] applied a multiresolution tree search at each level of resolution domains progressing as pyramid.

## 7 OPTIMIZING TECHNIQUES

The FIC suffers from the high computation time dedicated on encoding, considering the quality measures and adopting suitable Nature Inspired Algorithms reduces the encoding time thus increases the performance.

### 7.1 QUALITY MEASURES

A quality measure with good objective calculates the difference between original and distorted image.

**Parameters of objective measurement are [39]:**

- Compression Ratio (CR) is the ratio between the size of uncompressed image and the size of compressed image.

- Encoding Time (ET) is the time taken to obtain the details of all the domain blocks including all rotations and reflections of each domain block to find a suitable PIFS
- Mean square Error (MSE) or signal to noise ratio (SNR) measures the average squared deviation between original and coded image. The large value of MSE means poor image quality.
- Peak-Signal to Noise-Ratio (PSNR) indicates a smaller difference between the original and reconstructed image. An objective image quality/ distortion measure makes the computation easy. large value of PSNR means good image quality.
- Maximum Difference (MD) the maximum difference between the pixels in original and compressed image among all differences.
- Average Difference (AD) lower difference between the pixels in original and compressed image gives a more noise reduced - clean image.
- Mean Absolute Error (MAE) minimum for better image quality.
- Normalized Absolute Error (NAE) measures the deviation of decompressed image from the original image with the value of zero being the perfect fit. Large value of NAE indicates poor image quality.
- Normalized Correlation (NK) assesses the similarity / closeness between two images is quantified in terms of correlation function. Difference measure and correlation measure complement each other. The large value of NK means that image is of good quality

## 7.2 NATURE INSPIRED ALGORITHMS

Mimicking the nature for optimization technology:

- Genetic Algorithm [40] [41] adopted genetic recombination of chromosomes and survival of the fittest by selection, crossover, mutation using fitness function. GA with a hybrid select mechanism classified the image blocks into three classes, i.e. smooth, vertical/horizontal edge, and diagonal/subdiagonal edge. According to their discrete cosine transformation (DCT) coefficients, population of every generation is separated into two clans: a superior clan and an inferior clan and appropriate parents are selected to reduce the number of MSE computations by preserving the retrieved image quality.
- Particle Swarm Optimization [42] [43] the analogy of swarm of birds mimics the behavior of individuals, each individual makes decision using own experience along with other individuals' experiences. Every range block of an image, an initial swarm of random values of domain blocks and its isometry are generated. Domain block is evaluated to calculate MSE and fittest solution is attained.
- Ant Colony Optimization [44] [45] employs ants self organizing principles with highly coordinated behavior in search of food, and return to residence in minimum possible time with the help of pheromone. The shortest route was found by the Double Bridge experiment.
- Biogeography Based Optimization [46] observed the behavioral nature of biological species with a habitat for immigration, emigration, and mutation. The distribution of plants and animals over time and space is chosen by habitat suitability index (HSI).
- Firefly Algorithm [47] exercises the flashing behavior of firefly. The flashing light produced by bioluminescence process is correlated with the objective function that to be optimized.
- Cuckoo Search [48] based on brood parasitism an aggressive reproduction strategy for generation surviving.
- Bat Algorithm [49] depending upon microbats echolocation extensively as sensor to detect obstacles and prey.
- Bacterial Foraging Optimization [50] aspired the Escherichia coli bacteria's social foraging behavior with a control system to search for food and avoid to enter into noxious substances in a salutatory search motion.

## 8 CONCLUSION

In this paper, we performed a survey on FIC compression scheme and its principle, describing main ideas behind each category, and comparing their strength and weakness. Most pure fractal based scheme is not viable with the current scenario, the need for improved performance and wide commercial usage, demand newer and better hybrid schemes to be developed by incorporating fractal compression and speed up techniques.

**ACKNOWLEDGMENT**

We thank those individuals who have contributed and motivated to come up with this literature survey successfully. This study would not be possible if compression researchers did not routinely place their implementation techniques and papers on the Internet for Public Access.

**REFERENCES**

- [1] M. Barnsley, *Fractals Everywhere*. San Diego, CA, USA: Academic Press, 1988.
- [2] M. F. Barnsley and A. E. Jacquin, "Application of recurrent iterated function systems to images," *Proc. SPIE*, vol. 1001, pp. 122–131, Nov. 1988.
- [3] M.F. Barnsley, J.H. Elton, and D.P. Hardin, "Recurrent Iterated Function Systems," *Constructive Approximation*, Vol. 5, 1989, pp.3-31.
- [4] A. E. Jacquin, "Image coding based on a fractal theory of iterated contractive image transformations," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 1, no. 1, pp. 18–30, Jan. 1992.
- [5] A. E. Jacquin, "Fractal image coding: A review," *Proceedings of the IEEE*, vol. 81, pp. 1451–1465, Oct. 1993.
- [6] M.F. Barnsley and L.P. Hurd, *Fractal Image Compression*, AK Peters, Wellesley, Mass., 1993
- [7] Y. Fisher, *Fractal Image Compression: Theory and Application*, Springer-Verlag, New York, 1994.
- [8] G. Lu and T.-L. Yew, "Image compression using partitioned iterated function systems," in *Image and Video Compression* (M. Rabbani and R. J. Safranek, eds.), vol. 2186 of *SPIE Proceedings*, (San Jose, CA, USA), pp. 122–133, Feb. 1994.
- [9] M. Ruhl, H. Hartenstein, and D. Saupe, "Adaptive partitionings for fractal image compression," in *Proceedings ICIP-97 (IEEE International Conference on Image Processing)*, vol. II, (Santa Barbara, CA, USA), pp. 310–313, Oct. 1997.
- [10] D. Saupe and S. Jacob, "Variance-based quadrees in fractal image compression," *Electronics Letters*, vol. 33, pp. 46–48, Jan. 1997.
- [11] M. Tanimoto, H. Ohyama, and T. Kimoto, "A new fractal image coding scheme employing blocks of variable shapes," in *Proceedings ICIP-96 (IEEE International Conference on Image Processing)*, vol. 1, (Lausanne, Switzerland), pp. 137–140, Sept. 1996.
- [12] Y. Fisher, E. W. Jacobs, and R. D. Boss, "Fractal image compression using iterated transforms," in *Image and Text Compression* (J. A. Storer, ed.), ch. 2, pp. 35–61, Norwell, MA, USA: Kluwer Academic Publishers, 1992.
- [13] D. Saupe, M. Ruhl, R. Hamzaoui, L. Grandi, and D. Marini, "Optimal hierarchical partitions for fractal image compression," in *Proceedings ICIP-98 (IEEE International Conference on Image Processing)*, vol. 1, (Chicago, IL, USA), pp. 737–741, October 1998.
- [14] A. E. Jacquin, "Image coding based on a fractal theory of iterated contractive image transformations," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 1, pp. 18–30, Jan. 1992.
- [15] L. Thomas and F. Deravi, "Region-based fractal image compression using heuristic search," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 4, pp. 832–838, June 1995.
- [16] F. Davoine, M. Antonini, J.-M. Chassery, and M. Barlaud, "Fractal image compression based on Delaunay triangulation and vector quantization," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 5, pp. 338–346, Feb. 1996.
- [17] F. Davoine and J.-M. Chassery, "Adaptive Delaunay triangulation for attractor image coding," in *Proceedings of the 12th International Conference on Pattern Recognition*, (Jerusalem, Israel), pp. 801–803, Oct. 1994.
- [18] D. J. Bone, "Orthonormal fractal image encoding using overlapping blocks," *Fractals*, vol. 5 (Supplementary Issue), pp. 187–199, Apr. 1997.
- [19] H.-L. Ho and W.-K. Cham, "Attractor image coding using lapped partitioned iterated function systems," in *Proceedings ICASSP-97 (IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing)*, vol. 4, (Munich, Germany), pp. 2917–2920, Apr. 1997.
- [20] B. Wohlberg and G.D. Jager, "A review of fractal image coding literature", *IEEE Trans. on Image Processing*, **8**(12) 1716-1729 (1999).
- [21] B. Hurtgen and C. Stiller, "Fast hierarchical codebook search for fractal coding of still images", in *Proc. EOS/SPIE Visual Communications PACS Medical Applications' 93*, Berlin, Germany, (1993).
- [22] C.S. Kim, R.C. Kim, and S.-U. Lee, "Fractal vector quantizer for image coding," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 7, pp. 1598–1602, November 1998.
- [23] R. Hamzaoui, M. Muller, and D. Saupe, "VQ-enhanced fractal image compression," in *Proceedings ICIP-96 (IEEE International Conference on Image Processing)*, vol. I, (Lausanne, Switzerland), pp. 153–156, Sept. 1996.
- [24] Tanimoto, H. Ohyama and T. Kimoto, "A new fractal image coding scheme employing blocks of variable shapes", *IEEE Int. Conf. Image Processing*, Lausanne Switzerland, **1**: 137-140(1996).

- [25] T.K. Truong, J.H. Jeng, I.S. Reed, P.C. Lee and A.Q. Li, "A fast encoding algorithm for fractal image compression using the DCT inner product", *IEEE Trans. Image processing*, **9**(4): 529-535(2000).
- [26] B. Wohlberg and G. de Jager, "Fast image domain fractal compression by DCT domain block matching," *Electronics Letters*, vol. 31, pp. 869– 870, May 1995.
- [27] Y. Fisher, E.W. Jacobs, and R.D. Boss, "Fractal image compression using iterated transforms," in *Image and Text Compression*, J.A. Storer, Ed. Boston, MA: Kluwer, pp. 35-61(1992).
- [28] D. Saupe, "Lean domain pools for fractal image compression," in *Still- Image Compression II* (R. L. Stevenson, A. I. Drukarev, and T. R. Gardos, eds.), vol. 2669 of *SPIE Proceedings*, (San Jose, CA, USA), pp. 150–157, Jan. 1996.
- [29] B. Hurtgen and C. Stiller, "Fast hierarchical codebook search for fractal coding of still images", in *Proc. EOS/SPIE Visual Communications PACS Medical Applications' 93*, Berlin, Germany, (1993).
- [30] S. Lepsoy, *Attractor Image Compression - Fast Algorithms and Comparisons to Related Techniques*. PhD thesis, The Norwegian Institute of Technology, Trondheim, Norway, June 1993.
- [31] D. Saupe and U. Freiburg, "Accelerating Fractal Image Compression by Multi-Dimensional Nearest Neighbor Search", *Proceedings DCC'95 Data Compression Conference*, J. A. Storer and M. Colin (eds.) *IEEE Comp. Soc. Press*, March (1995).
- [32] S. Lepsoy, *Attractor Image Compression - Fast Algorithms and Comparisons to Related Techniques*. PhD thesis, The Norwegian Institute of Technology, Trondheim, Norway, June 1993.
- [34] G. Caso, P. Obrador, and C.C. J. Kuo, "Fast methods for fractal image encoding," in *Visual Communications and Image Processing '95* (L. T. Wu, ed.), vol. 2501 of *SPIE Proceedings*, (Taipei, Taiwan), pp. 583– 594, May 1996.
- [35] C.J. Wein and I.F. Blake, "On the performance of fractal compression with clustering", *IEEE Trans. Image Processing*, **5**(3): 522-526(1996).
- [36] C.S. Tong and M. Wong, "Adaptive approximation nearest neighbor search for fractal image compression", *IEEE Trans. Image processing*, **11**(6): 601-615(2002).
- [37] R. Distasi, M. Nappi and D. Riccio, "A range/domain approximation error- based approach for fractal image compression", *IEEE Trans. Image processing*, **15**(1): 89-97(2006).
- [38] H. Lin and A. Venetsanopoulos, "A pyramid algorithm for fast fractal image compression," in *Proceedings ICIP-95 (IEEE International Conference on Image Processing)*, vol. III, (Washington, D.C., USA), pp. 596–599, Oct. 1995.
- [39] Jaspreet.Kaur, Reecha Sharma, " The Performance Of Fractal Image Compression On Different Imaging Modalities Using Objective Quality Measures", *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, Volume: 2 Issue: 8, 2014
- [40] L. Xi, L. Zhang. "A Study of Fractal Image Compression Based on an Improved Genetic Algorithm," *International Journal of Nonlinear Science*, vol.3, no.2, pp. 116-124, 2007.
- [41] Suman K. Mitra, C.A. Murthy and Malay K. Kundu, "Technique for Fractal Image Compression Using Genetic Algorithm", *IEEE Transaction on Image Processing*, Vol. 7, No. 4, pp. 586 - 593, 1998.
- [42] J. Kennedy, R. Eberhart. Particle swarm optimization. *Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks(ICNN'95)*, vol. 4, Perth, Australia, pp. 1942–1948, 1995.
- [43] J. Kennedy, R. Eberhart. *Swarm Intelligence*. Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, CA, 2001.
- [44] Ying Pei, Wenbo Wang, Song Zhang" Basic ant colony optimization" *Computer Science and Electronics Conference (ICCSEE) Vol 1*, pp 665 - 667, 2012.
- [45] Marco Dorigo and Thomas Stutzle, "Ant Colony Optimization" *IEEE Transaction on Evolutionary Computation*, Vol 6, Issue 4, pp -358-365, 2002.
- [46] X. Li, and M. Yin, "Multiobjective binary biogeography based optimization for feature selection using gene expression data," *IEEE Transactions on NanoBioscience*, vol. 12, no. 4, pp. 343-353, 2013.
- [47] I. Fister, I. Fister Jr., X.-S. Yang, and J. Brest," A comprehensive review of firefly algorithms", *Swarm and Evolutionary Computation*, Vol 13,pp 34-46. 2013.
- [48] X. Li, and M. Yin, "Modified cuckoo search algorithm with self adaptive parameter method," *Information Sciences*,vol. 298, pp. 80-97, 2015.
- [49] I. Fister Jr, S. Fong, J. Brest, and I. Fister, "A novel hybrid self-adaptive bat algorithm," *The Scientific World Journal*,vol. 2014, pp. 1-12, 2014.
- [50] K. M. Passino, "Bacterial Foraging Optimization", *International Journal of Swarm Intelligence Research*, 2010.

## Secured Cloud Adoption Architecture for Educational Institutions

*K. Meena<sup>1</sup> and M. Gomathy<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Former Vice-chancellor, Bharathidasan University,  
Tiruchirappalli, Tamilnadu, India

<sup>2</sup>Assistant Professor, Department of MCA,  
Shrimati Indira Gandhi College,  
Tiruchirappalli, Tamilnadu, 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:** Cloud adoption is widely popular in all enterprises and institutions in today's scenario. This paper describes how cloud is adopted in educational institutions. Cloud provides many benefits to users and it also has some security related issues in its adoption. To address the security problem in the cloud adoption in educational institutions, this paper proposes an architecture for secure adoption of cloud in educational institutions. The proposed architecture provides many benefits to users with a secured cloud environment. The architecture uses four security parameters that are Authentication, Authorization, Confidentiality and Integrity. These four parameters are used to secure the cloud environment from the user's side to the cloud environment. Authentication and authorization are used to check the entry of users to identify unauthorized access. Confidentiality and integrity are used to ensure that the content in the cloud environment is only accessed by the authorized users.

**KEYWORDS:** Cloud computing, Security, Storage, Institutions, Data center.

### 1 INTRODUCTION

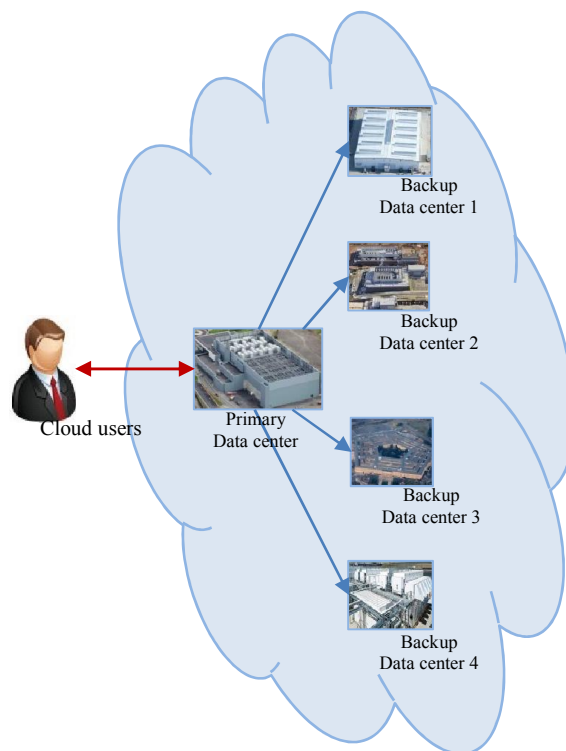
Recent advancement in the field of computing is cloud. Cloud is a technology which evolves from existing technology like grid computing, parallel computing, distributed computing, utility computing and etc. hence, it is not a new invention, but cloud redesigns all the characteristics of existing computing paradigms into a new trendy and heavy capable computing architecture. Cloud is not a single server computer to process the request of the users. According to NIST [1], cloud is a model for enabling convenient on-demand configurable computing resources like network, server, OS, memory and etc. are provisioned to users based on their requirements. Cloud provides the computing resources as a service. Generally, cloud has three services, Software as a Service (SaaS), Platform as a Service (PaaS) and Infrastructure as a Service (IaaS). Cloud services are provisioned to users in an on-demand manner [2].

The main concept running at the bottom of cloud is virtualization. Cloud provides the services to users in a virtualized manner. For example, consider the Google search engine online software, there is only one copy of this Google software running in the Google cloud server but it is virtualized up to any number of users those who request this software in their browser. A virtual copy of this software is taken from the cloud server and forwarded to the user's machines. Hence, virtualization is the backbone of cloud service provisioning system. Simply saying cloud is an unlimited service provisioning system because of scalability. Cloud is scaled up and down enormously up to the demand of the service. Any number of users use cloud at any time and any number of times and anywhere in the world. The philosophy of cloud is Everything (X) as a Service (XaaS); X denotes any services like software, platform and infrastructure [3].

Cloud is most useful to businesses and helps them to grow up without any computing infrastructure. Businesses use the cloud infrastructure for their processing on a subscription basis. The reason for use of cloud is to store huge amounts of data in

the cloud server. Normally a small scale enterprises or an educational institution does not have computing infrastructure to keep all their data in their premises. This hurdle is easily rectified by the cloud computing system. Cloud allows educational institution to keep their data in the cloud data center. Cloud data center is a place which holds thousands of server computer and unimaginable networking and storage and cooling system to cool the entire data center. Hence it is a well-equipped infrastructure to provide unlimited provisioning of computing resources [4].

Educational Institutions (EI) data are kept in the cloud data centers which are situated in different geographical environment in the world. But users do not know the location of their data stored in the cloud data center. General cloud architecture with different data center is represented in the figure 1.



**Fig. 1** Cloud Computing with data center

Each data center is controlled and monitored by the different admins from the Cloud Service Providers (CSP). The huge amount of computing capability in cloud enables data outsourcing. Outsourcing is the process of a task to be done by third party service providers. Cloud allows data outsourcing to users to keep their database in the cloud in low cost. Location of the outsourced data is not known to the users. They also don't know who are all from the cloud side access the data. This nature of cloud computing brings data security related issues. From survey of IDC about cloud computing [5] issues and challenges, it shows that security is top most issue in the cloud environment. Hence, apart from the enormous advantages, it also has data security issues. It is necessary to develop secured cloud architecture for the users like educational institutions.

## 2 BENEFITS OF CLOUD ADOPTION IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS

The cloud provides many benefits to its users when it is adopted by them. The followings are the list benefits derived from the cloud adoption. [6-12]

- The major advantage of the cloud adoption in educational institutions is that it goals at promoting easy access to expensive software running on high performance computing to rural students.
- Cloud delivers opening for using ubiquitous computing.
- Data in the cloud are accessed everywhere so no need to take copy of data from one PC to another.
- Cloud has huge number of supercomputer.
- Protect data from crashes.

- The cloud computing model stores data intensively. Based on the data center, the CSP accomplish the combined data, allocate the resources, balance the load, deploy the web application, and real time monitoring.
- Cloud discovers the processing and data in a huge set of distributed servers. The thousands of computers in cloud data center provide powerful computing power and huge data storage space.
- Cloud provides high availability of data and service at anytime and anywhere. Cloud provides higher quality of service and high-performance computing power. Cloud computing system can automatically detect the failed node and exclude it from operation without loss of data; it does not affect the other process of cloud.
- Virtualization is the most important characteristics of cloud architecture. Application development and hosting environment is different but it is managed by virtualization in cloud. It has fundamental hardware such as servers, OS, memory, storage, networking and virtualization components to form pool of shared resources and distributed on-demand computing.
- Cloud users can work from any places like home, work and library to get their data and modify them through the cloud applications and applications can also be accessed through various devices like mobile, laptop and desktop computers, provided with internet access.
- Cloud applications are mostly in no cost and it is accessible instantly.
- Users feel a wealthier learning experience, even outside of educational institutions.
- Cloud is a cost-effective solution to institutions for their students, researchers and faculty.
- Cloud is more flexibility infrastructure with minimum investments. Cloud computing is elastically scalable and dynamically provides resource in an on-demand.

### 3 CLOUD ADOPTION IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS

Due to the advantage of cloud, it is attracted by the Educational Institutions. Educational Institutions are easily adopted the cloud and outsourced their data in the cloud. Once the cloud is adopted, all the features of cloud are inherited to the Educational Institutions. The general architecture of cloud adoption in Educational Institutions is shown in the figure 2.

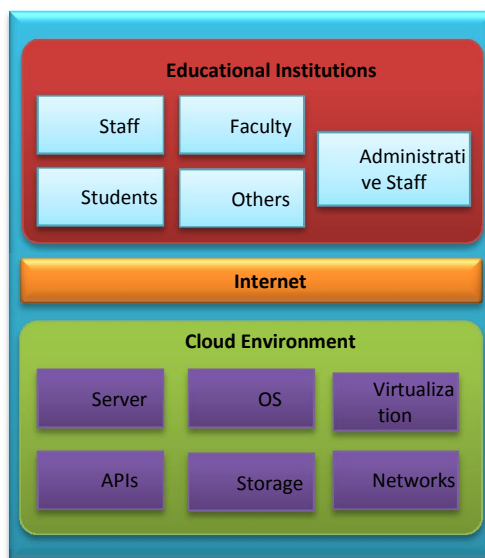


Fig. 2 Cloud adoption in Educational Institutions

Cloud enables the Educational Institutions with current IT infrastructure. Educational Institutions need medium configured computer with internet access; it helps to effectively use the cloud services. Cloud has all recent version of software and also it has all original version of software. It helps the students to work with latest version of software. Followings are benefits of cloud adoption in Educational Institutions [13-14].

➤ *Application collaboration*

The most important advantage of cloud is collaboration of services. According to IDC survey 67 percent of survey respondents believe collaboration applications such as email, chat, conferencing and collaborative file sharing solutions are a great fit for the cloud because they reduce costs in the short term.

➤ *Migrating Web Server*

Migrating from web server to cloud is also at the top of the prioritized list. Because cloud will reduce maintenance costs and reliance on subscription models as well as improve rapidness of deployment.

➤ *Cloud data backup*

Cloud provides 100 percent disaster recovery and back-up of data from physical loss. Data in cloud are not damaged physically because cloud maintain back-up data center for all the data in the cloud. If any data center is fully collapsed by nature disaster, then the back-up data center is helped to recover the data without any loss.

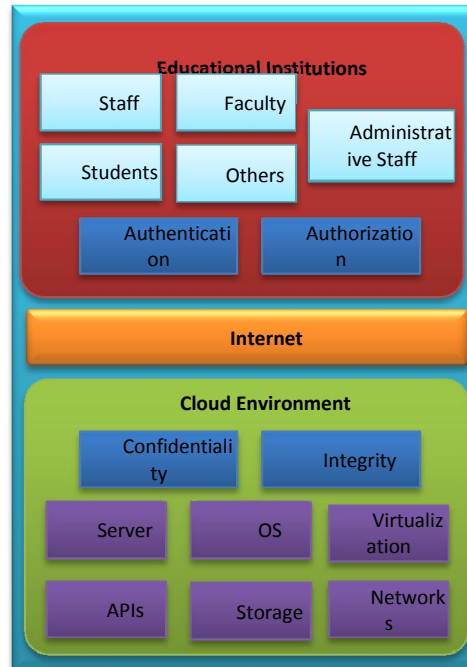
➤ *Applications for Business*

Web Applications deployed in the cloud are possibly the most talented cloud services and the most stimulating topic for computer science education because it can give option to pay for what they use while providing the big-impact of benefit at latest technology advancements.

Apart from all this benefits, it is noted that security is the top most issue in cloud adoption. It is necessary to have a secured architecture for cloud environment to address the security issues.

#### 4 SECURED ARCHITECTURE FOR CLOUD ADOPTION IN EI

Security plays a vital role in cloud adoption; it is addressed by different security parameter like Authentication, Authorization, Confidentiality and Integrity. If any of the parameters are compromised, then security problem issues are raised. Figure 3 shows the secured cloud adoption architecture for educational institutions. The security parameters are included on their place to secure the cloud environment.



**Fig. 3** Secure cloud adoption in Educational Institutions

Authentication is first level of checking to verify the entry of users with their credential. Users' credentials are maintained by the cloud system. Initially the users are registered with the cloud and if they want to access any content form the cloud they must provide their credential at the time of entry.

Authorization is second level of security. Authorized users are assigned with role what they can play in the cloud system. This role is defined by the cloud or users of cloud like Educational Institution based on the level of users. Users authorized by the cloud could access the content based on their authorization can view or edit or upload new content. For example, the student users only have access right to view and read the content. They are not allowed to modify or edit content in the cloud. They also do not have access rights to view the administrative content stored by the higher level of user. The faculty users have rights to view and edit the content in the cloud and also they can upload new e-content in the cloud.

Confidentiality is the next important parameter of security; it is used to secure the data from un-authorized users. Educational institutions not only use the cloud for storing content of student but also they maintain all details of entire institutions in the cloud. Data may be sensitive need more security. There are different cryptography techniques [15-16] are available for securing the sensitive data in the cloud. Institutions may use an efficient cryptography technique to convert the data into unreadable form.

Integrity is the final level of security should identify whether or not any un-authorized access is made. It is used to check the integrity of the content stored in the cloud. Integrity ensures the content in the cloud cannot be modified or altered by unauthorized users. There is a log detail maintained in the cloud which denotes who are all access the content in different time. Based on the information, it is identifying the user access list for a particular file. It can be an easy identification of malicious access to a specific content in the cloud [17].

Computing resources are provisioned in unlimited manner. The Educational Institutions are no need to worry about the service limits of the computing resources. They can use as much they need and pay for what they used in the cloud [18]. Using this framework model, institutions can securely store and share their content with different levels of peoples. This architecture provides the maximum protection to sensitive information stored in the cloud.

## 5 CONCLUSION

This paper is proposed secured cloud adoption architecture for educational institutions. This architecture helps the educational institution to securely store their data in the cloud environment. To ensure the security of the cloud environment, four security parameters are used in the architecture. These four parameters are actively protecting the authorized entry to the cloud environment and also ensure that the data used in the cloud is only access by the authorized users from the educational institutions. The role of different users like students, faculty, administrative staff and etc. in the educational institution is defined in the authorization parameter. Based on the role and privileges the uses access their data in the cloud environment.

## REFERENCES

- [1] Peter Mell and Tim Grance, "The NIST Definition of Cloud Computing", Technical Report-800-145, Version 15, National Institute of Standards & Technology, Gaithersburg, MD, United States, 2011.
- [2] Dr. L. Arockiam, S. Monikandan, G. Parthasarathy "Cloud Computing: A Survey", *International Journal of Internet Computing*, Volume 1, Issue 2, ISSN: 2231 – 6965, October 2011, pp. 26-33.
- [3] Vaquero L M, Luis Rodero-Merino, Juan Caceres and Maik Lindner, "A Break in the Clouds: Towards a Cloud Definition", *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, Volume 39, Issue 1, 2009, pp. 50-55.
- [4] Fatima Trindade Neves, Fernando Cruz Marta, Ana Maria Ramalho Correia and Miguel de Castro Neto, "The Adoption of Cloud Computing by SMEs: Identifying and Coping with External Factors", *Proceedings of International Conference of the Portuguese Association of Information Systems - The Information Management in the age of Cloud Computing*, 2011, pp. 1-11.
- [5] Ramgovind S, Eloff MM and Smith E, The Management of Security in Cloud Computing, *Proceedings of IEEE International Conference Information Security for South Africa*, 2010, pp. 1-7.
- [6] Shimaa Ouf, Mona Nasr, Yehia Helmy, An Enhanced E-Learning Ecosystem Based on an Integration between Cloud Computing and Web2.0, 2011 IEEE, pp.48-55.
- [7] By David Hopkins, <http://www.dontwasteyourtime.co.uk>, Benefits of Collaborative Learning, Jul 2013.
- [8] Pocatilu, P., F. Alecu, et al. "Measuring the Efficiency of Cloud Computing for E-learning Systems", Romania January 2010.
- [9] A1-Zoube, M., S. A. El-Seoud, et al. "Cloud Computing Based ELearning System", *International Journal of Distance Education Technologies (UDET)*, 2010, S(2).
- [10] Cloud computing For Education, <http://www.microsoft.com>. May 2014.

- [11] T. E. "Effective Use Of Cloud Computing In Educational Institutions". January 5, 2010, Turkey, from Elsevier Ltd.
- [12] Md. Anwar Hossain Masud, Xiaodi Huang, An E-learning System Architecture based on Cloud Computing, *World Academy of Science, Engineering and Technology*, volume 62,2012, pp. 74-78.
- [13] Youry Khmelevsky, Volodymyr Voytenko, Cloud Computing Infrastructure Prototype for University Education and Research, *ACM, WCCCE , May 2010, pp. 1-5.*
- [14] Cloud Computing: Top 5 Cloud Applications for 2010. <http://www.channelinsider.com/c/a/Cloud-Computing/Top-5-Cloud-Applications-for-2010-319995/?kc=EWWHNEMNL02262010STR2>
- [15] Dr. L. Arockiam, S. Monikandan," Data Security and Privacy in Cloud Storage using Hybrid Symmetric Encryption Algorithm", *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering (IJARCCCE)*, Volume 2, Issue 8, ISSN : 2278-1021, August 2013, pp. 3064-3070.
- [16] Dr. L. Arockiam , S. Monikandan, "AROCrypt: A Confidentiality Technique for Securing Enterprise's Data in Cloud", *International Journal of Engineering and Technology*, ISSN: 0975-4024, Volume 7, Issue 1, February-March 2015, pp. 245-253.
- [17] John, H., L.M. Kaufman and Bruce, P., "Data Security in the World of Cloud Computing", *IEEE Journal of Security & Privacy*, Volume 7, Issue 4, 2009, pp 61-64.
- [18] S. Monikandan and Dr. L. Arockiam, "Secure Sharing of E-Content in Cloud Environment for Educational Institutions", *International Journal of Computer & Communication Engineering Research*, Volume 3, Issue 1, January 2015, pp. 07-10.

## GROUNDWATER QUALITY ANALYSIS BY USING GIS TECHNIQUES AT ARIYALUR TALUK, TAMILNADU, INDIA

G. VIJAYAKUMAR<sup>1</sup>, G. BASKAR<sup>2</sup>, and M. MARGABANDHU<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Civil Engineering,  
University College of Engineering, Ariyalur,  
Ariyalur, Tamil Nadu, India

<sup>2</sup>Department of Civil Engineering,  
Institute of Road and Transport Technology,  
Erode, Tamil Nadu, India

<sup>3</sup>Department of Physics,  
University College of Engineering, Ariyalur,  
Ariyalur, Tamil Nadu, 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:** Assessment of groundwater quality is important in many groundwater studies. Water never occurs in its pure state in nature. Groundwater composed of chemical ions in the form of solution. The type and concentration of these elements depends upon the surface, sub-surface environment, rate of groundwater movements and the source of groundwater. In addition to the above natural causes, man also contributes his share in changing the quality of water by sending sewage into ground and contaminating the aquifer by discharging industrial waste into it. The use of groundwater for drinking, agricultural and industrial needs is determined by, physical and chemical characteristics. The hydrochemical studies generally involve (i) a description of the occurrence of various constituents in groundwater, (ii) the relation of these constituents to water use, (iii) identification of geochemical patterns and (iv) the development of a hydrogeochemical model of the area. The present experimental work determines the ground water quality parameters by using GIS software at Ariyalur taluk, Tamil Nadu, India.

**KEYWORDS:** Spatial distribution, Physico-chemical parameter, Permissible limit, Drinking water standards, Ground water quality.

### 1 INTRODUCTION

Groundwater is an essential supply of water resource throughout the world. Today the industries and other human activities are creating water quality problems. These activities should affect the ground water quality. The recent trend that is prevailed in all developing countries and one that is also posing a great trouble for them is the enhancement of groundwater sources of water to meet the demands for drinking and irrigation .It is used for agricultural and drinking purposes in most of the countries. Contamination of water is mainly due to the anthropogenic activity by pollutants that include pesticides, unused fertilizers, and effluents that are discharged as waste or sewage from residences and industries, and so on. The serious problems faced by the developing countries are the indiscriminate discharge of effluent from industries and wastes from residences decrease the quality of groundwater. So assessment of quality for groundwater is important aspects in groundwater studies. This hydro chemical study is useful to determine ground water quality of Ariyalur Taluk by using GIS software that is suitable for drinking purposes [1].

## 2 STUDY AREA

The Ariyalur Taluk is a division of Ariyalur District, located in the Eastern region of Tamil Nadu, India. It lies in between the longitude of  $78^{\circ}55'11.60''$ E to  $79^{\circ}15'34.36''$ E and latitude of  $10^{\circ}52'9.59''$ N to  $11^{\circ}14'54.89''$ N. Physiographically, this area is flat with gentle slope towards the eastern direction. Geomorphologically the area has a flat terrain with moderately high drainage density. This area constitutes dendritic, trellis and combination of these two drainage patterns. The average annual rainfall of the study area is 1231.95 mm. More than 70% of the precipitation is received from the northeast monsoon during October to November.

## 3 METHODOLOGY

The groundwater quality studies were carried out in Ariyalur Taluk to determine the suitability of water for drinking and domestic purposes. In this study totally 50 ground water samples were collected. These samples physico-chemical characteristics were analyzed in the water testing laboratory. Then the parameters values are comparing with the World Health Organization drinking water standards (WHO 1996) [2] and the results are given in (Table 1). The Study area ground water test parameter values were plotted in the spatial distribution map by using GIS Software. The Spatial distribution map is useful to measure the areas water quality in square. Kilometers.

**Table 1.** Groundwater samples of the study area more than the permissible limits prescribed by WHO for drinking purposes and the effect of more concentration on human system

Physico-chemical Parameters	WHO international Standard		Total No. of wells more than the permissible limits	Effects of more concentration on human system
	Most desirable limit	Maximum allowable limit		
Ph	6.5-8.5	-	Nil	Taste
TDS	500	1,500	3	Gastro -intestinal irritation
TH	100	500	Nil	Scale Formation
Ca <sup>2+</sup>	75	200	Nil	Scale Formation
Mg <sup>2+</sup>	50	150	Nil	
Cl <sup>-</sup>	200	600	Nil	Salty taste
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	200	400	Nil	Laxative effect

## 4 RESULTS AND DISCUSSIONS

### 4.1 HYDROGEN ION CONCENTRATION (PH)

The percentage of hydrogen ion concentration in water is termed as pH and this is the measure of the power of hydrogen ion concentration. The pH is one of the major quality defined parameter and provides information regarding acidic and basic nature of the groundwater [3] is given in the equation.

$$\text{pH} = -\log (\text{H}^+)$$

Where  $\text{H}^+$  is the concentration of hydrogen ion expressed in moles/liter

The pH value indicates where a solution is acidic and neutral or base (alkaline). Aqueous solutions with a pH below 7 are referred to as acidic; and those with a pH above 7 are called basic or alkaline. It has no effect on human health. However, a low value, below 4.0 will create sour taste and higher values above 8.5 show alkaline taste. The study area pH values were ranged 6.90 to 8.10 with an average of 7.52 indicating the acidic to basic nature of the groundwater. The spatial distribution map of pH (Fig 1) indicates 707.29 sq.km areas were suitable and 0.0006 sq.km areas not suitable for drinking purposes.

### 4.2 ELECTRICAL CONDUCTIVITY (EC)

Electrical conductivity is an important physical character in the water quality assessment. The groundwater samples of Electrical conductivity values vary from 588 to 3158  $\mu\text{s}/\text{cm}$  (average of 1337.88). The EC is expressed in terms of the specific

electrical conductivity, which is defined as the reciprocal of electrical resistance in Ohm (Q), in relation to a water cube of edge length 1 cm at 25°C. In practice, EC is often expressed in terms of mille Siemens (mS) and micro Siemens (µS).

As per the WHO international standard (1996), EC values were found as desirable limit in 17 stations in ariyalur taluk. This was indicated near the downstream region. The impact of industrial effluents can be denoted by the high values of EC [4].

The permissible and desirable limits were given through spatial distribution (Table 2) map preparation. The results of EC values plotted in the spatial distribution map are given in (Fig 2). One of the powerful physical parameters for the evaluation of water is electrical conductivity based on WHO standard. Most of the study area fell in not potable nature with aspect to EC is due to the heavy rock water interaction. The analytical result reveals that most of the samples fell in permissible due to the anthropogenetic activities for the catchment area or rain feed portion

**Table 2. Suitable areas of groundwater based on drinking water standards**

S.No	Parameter	Potable Class	Limiting Value	Area in Km <sup>2</sup>	Percentage of the Area
1	PH	Not Permissible limit		Nil	Nil
		Most Desirable limit	6.5 – 8.5	707.29	100
		Not Permissible limit	> 8.5	Nil	Nil
2	EC	Most Desirable limit	< 1500	550.11	77.78
		Not Permissible	> 1500	157.18	22.22
3	TDS	Most desirable limit	< 500	55.80	7.89
		Maximum allowable Limit	500 – 1500	643.21	90.94
		Not permissible limit	> 1500	8.28	1.17
4	Ca <sup>2+</sup>	Most desirable limit	< 75	396.75	56.09
		Maximum allowable Limit	75 – 200	310.54	43.91
		Not permissible limit	> 200	Nil	Nil
5	Mg <sup>2+</sup>	Most desirable limit	< 50	455.39	64.39
		Maximum allowable Limit	50–150	251.90	35.61
		Not permissible limit	> 150	Nil	Nil
6	Cl <sup>-</sup>	Most desirable limit	< 200	626.94	88.64
		Not permissible limit	> 200	80.35	11.36
7	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Most desirable limit	< 400	All samples	100
		Not permissible limit	> 400	Nil	Nil
8	TH	Most desirable limit	< 100	0.81	0.11
		Maximum allowable limit	100 – 500	706.48	99.89
		Not permissible limit	> 500	Nil	Nil

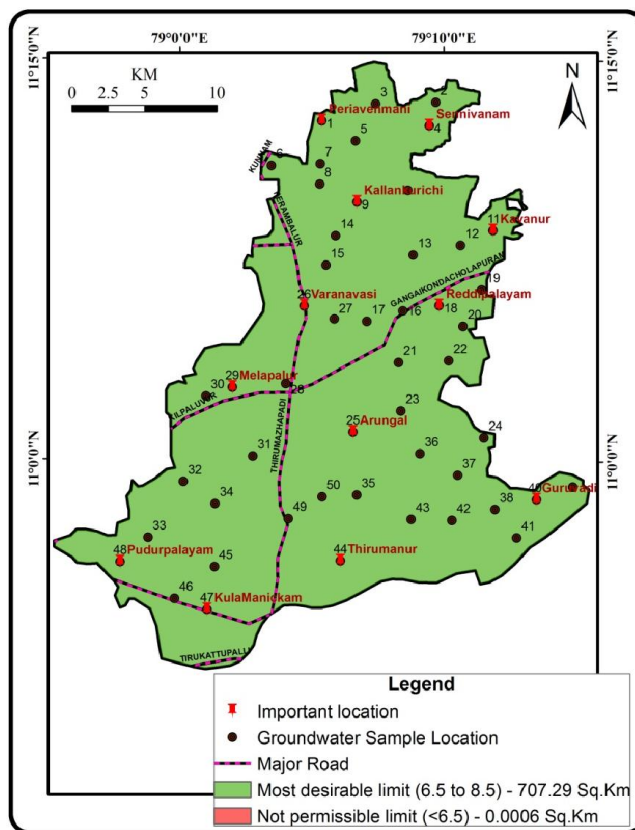


Fig. 1. Spatial distribution of drinking water quality based on pH

#### 4.3 TOTAL DISSOLVED SOLIDS (TDS)

Total Dissolved Solids (TDS) is the total amount of all inorganic and organic substances including cations or anions and other impurities that are dispersed within a volume of water. For the suitability of groundwater for any purpose, its classification mainly depends upon its hydrochemical properties, based on the TDS values [5].

During this study, it is observed that 94 % samples fell under most desirable and maximum allowable category and 6 percent of samples fall under not permissible class of water. When the TDS value of water affects human health, the groundwater is not considered to be most desirable for drinking purposes and also has a negative psychological reaction while bathing. The locations falling under the favorable zone limit are shown in the final result map and the results are given in (Table 2) .TDS values plotted in the spatial distribution map are given in (Fig 3).

#### 4.4 CALCIUM (CA)

One of the alkaline earth metals and the one that is widely scattered over the earth's crust and also is the second dominating ion in the groundwater of the study area. The value of calcium varies from 28 to 52 mg/l, with a mean of 85.58 mg/l. All the samples examined, most had exceeding values, only a few samples fell within the WHO limit . It is because of the rate of decomposition of feldspar group of minerals [3]. The desirable limit of calcium ionic concentration in drinking water is 75 mg/l. If the presence of calcium is more in drinking water, it will cause formation of Kidney stones. The principal source of calcium is the disposal of sewage and industrial effluents; that has no known ill-effects on the health of human beings [6].

The concluded results for calcium level are given in maps (Fig 4). The favorable and unfavorable zone limits were given through spatial distribution (Table 2) map preparation. Most of the study area falls under most desirable and maximum allowable limit based on calcium element with respect to WHO standard for calcium limit.

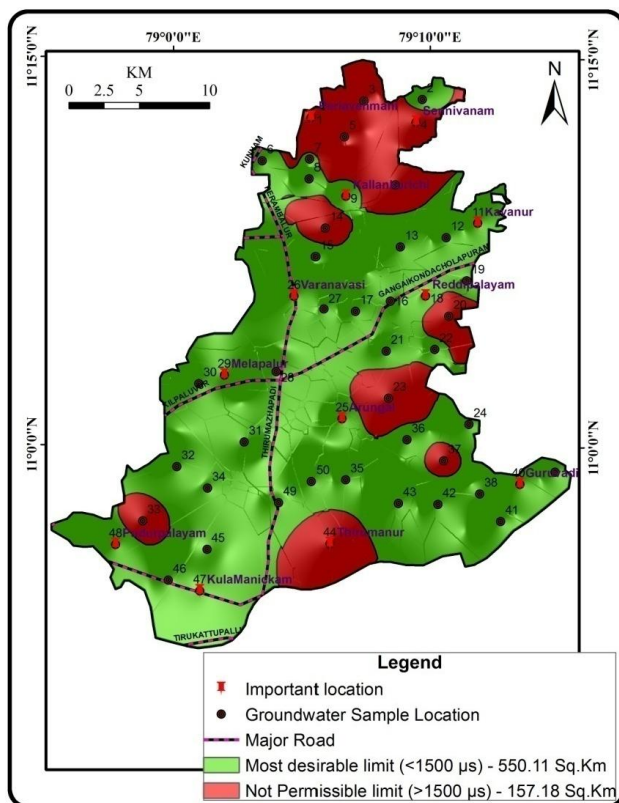


Fig. 2. Spatial distribution of drinking water quality based on EC

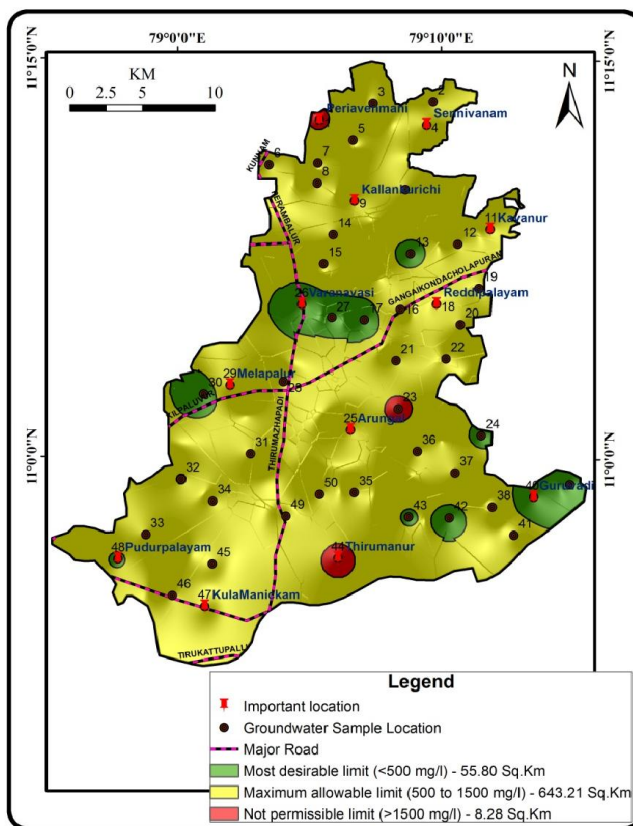


Fig. 3. Spatial distribution of drinking water quality based on TDS

#### 4.5 MAGNESIUM (MG)

The Magnesium concentration ranged from 16 to 94 mg/l in the study area.. Magnesium is the 3<sup>rd</sup> dominating ion in the groundwater of the study area with an average value of 47.56 mg/l. Calcium and Magnesium cause most of the hardness and scale forming properties of water. A higher concentration of Mg has laxative effect on human health [7] in the (Table 2) the limiting values for magnesium is given.

The spatial distribution maps are given in (Fig 5). The concentration of the magnesium was found to be high due to rock water interaction. The higher concentrations were observed in northern portion of the study area and 33, 44 samples locations.

#### 4.6 CHLORIDE (CL)

Chloride is a less constituent of the earth's crust but a major dissolved constituent of most natural waters. The chloride concentration varies between 28 to 488 mg/l respectively. All common chlorides are soluble and contribute to the total salt content of soils. The high chloride concentration was noticed in only a few locations. The chloride ions in drinking water are generally not harmful to human beings. A high concentration of chlorides may be due to improper disposal of wastes [8]. The limiting values for chloride are given in (Table 2). The spatial distribution maps are given in (Fig 6)

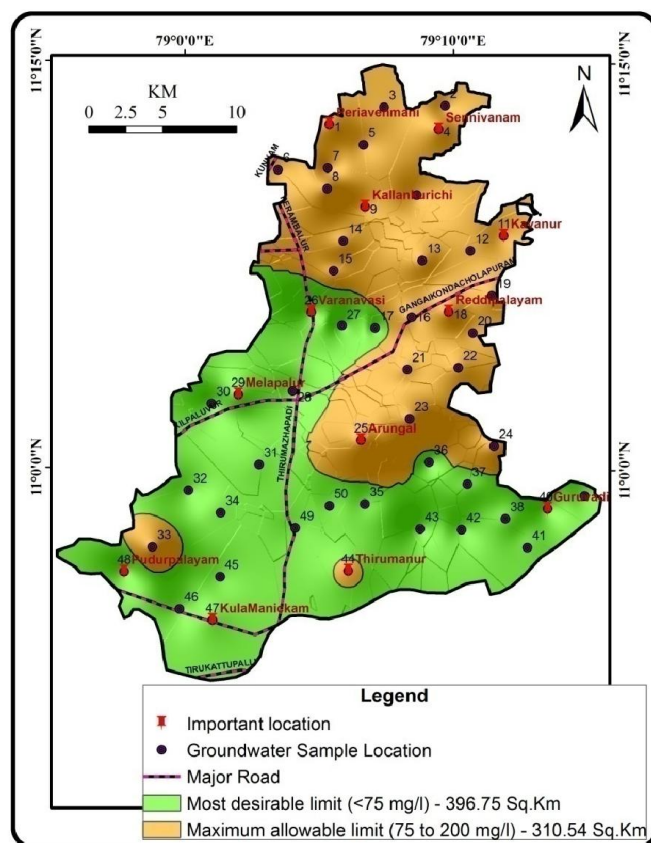


Fig. 4. Spatial distribution of drinking water quality based on Ca

#### 4.7 SULPHATE (SO<sub>4</sub>)

The sulphate content of natural water is important in determining the suitability of water for residential use. Sulphur combines with oxygen to form the sulphate ion (SO<sub>4</sub>). The sulphate concentration in the groundwater ranged from 2 to 112 mg/l, with a mean of 18.06 mg/l. The limiting values for sulphate are given in (Table 2). Sulphate is unstable if it exceeds the most desirable limit of 400mg/l and causes a laxative act on human system with the excess magnesium in groundwater [9]. Excess sulphate may cause cathartic action.

4.8 TOTAL HARDNESS (TH)

In general, surface water is softer than groundwater. Hardness represents the concentration of calcium and magnesium ions. Because, these are the most polyvalent cations and other ions, such as iron, manganese contributes to the hardness of water and they are present in lower concentrations. The hardness of water is classified as hard and soft. The high total hardness value is termed as “hard”, while water of low hardness values is termed as ‘soft’. Total Hardness (CaCO<sub>3</sub>) was calculated using this formula is given in the equation [10].

$$TH \text{ (as CaCO}_3\text{) mg/l} = (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) \text{ mg/l} \times 50$$

The hardness value ranged from 84 mg/l to 460 mg/l with an average value of 215.42 mg/l. The hardness in groundwater is derived largely from contact with the soil and rock formations. The most desirable limit is 100 mg/l of TH for drinking purpose is 500 mg/l as per the WHO Standard. The high concentration of hardness may cause kidney problems. High level of calcium may be the reason for high hardness in water. The results of the groundwater based on Total Hardness are given in (Table 2). The spatial distribution map is shown in (Fig 8).

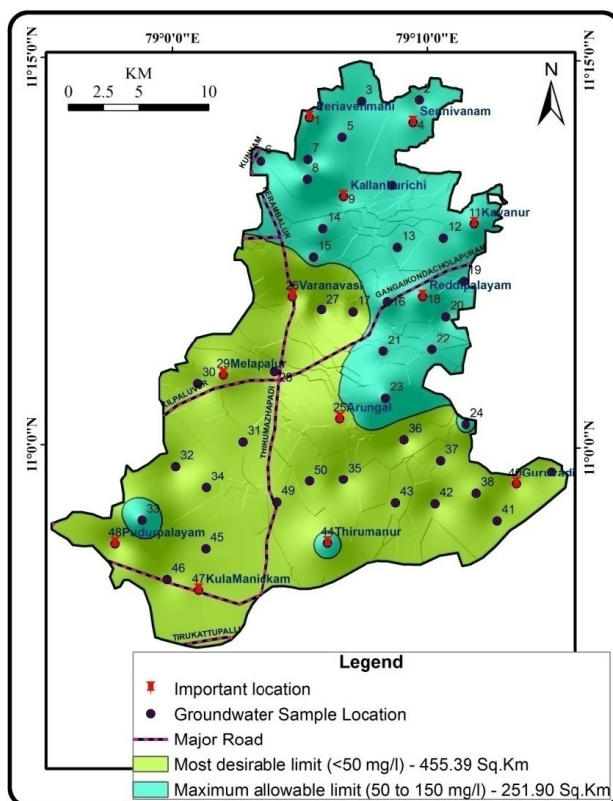


Fig. 5. Spatial distribution of drinking water quality based on Mg

4.9 BICARBONATE (HCO<sub>3</sub>)

The bicarbonate concentration of the groundwater samples in 4.22 to 1099.15 mg/l, with an average value of 554.63 mg/l. The highest value was noticed in upper part of the study area. The hardness of groundwater is determined by the quantity of dissolved cations present in the nature. The anions associated with these cations determine whether the hardness is permanent or temporary.

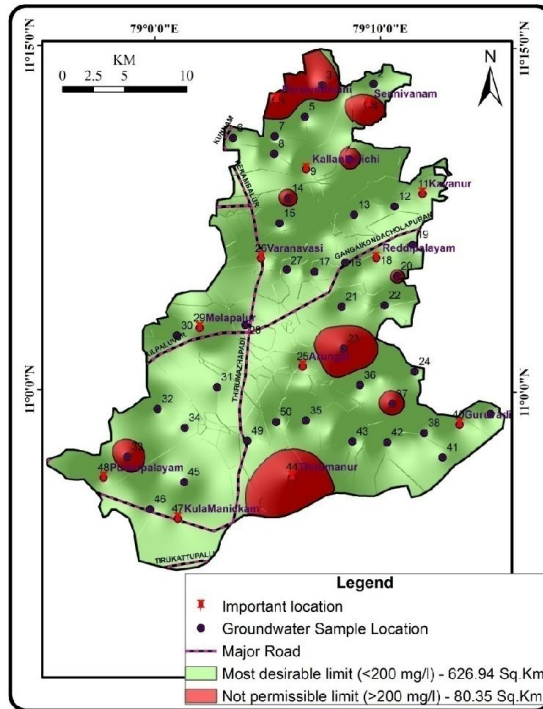


Fig. 6. Spatial distribution of drinking water quality based on Cl

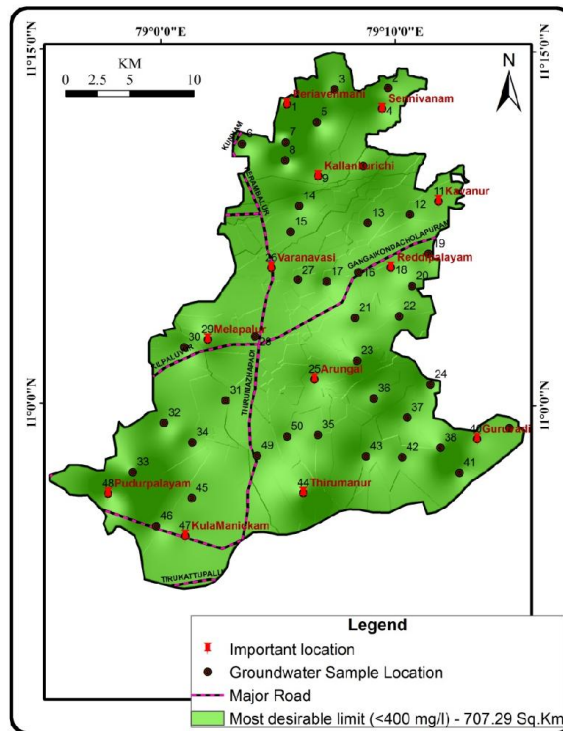


Fig. 7. Spatial distribution of drinking water quality based on SO<sub>4</sub>

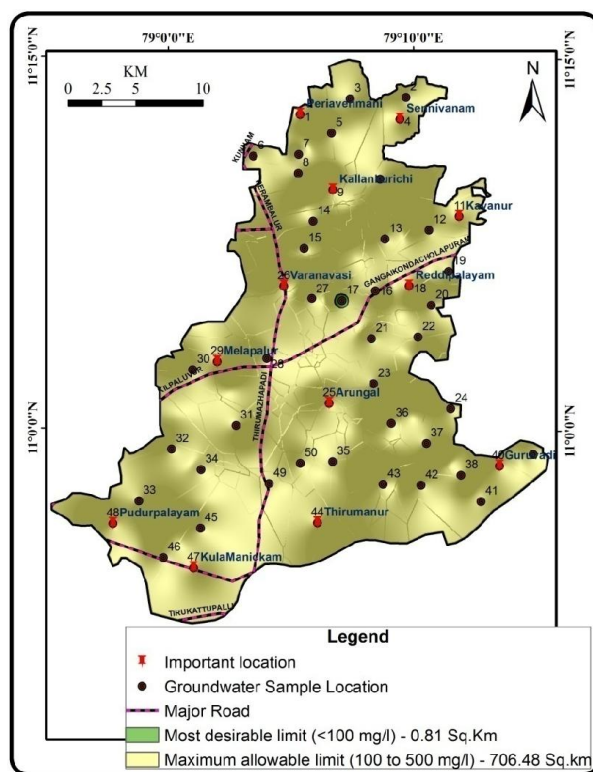


Fig. 8. Spatial distribution of drinking water quality based on TH

## 5 CONCLUSIONS

Analysis report of groundwater Ariyalur region showed that certain parameters like TDS, EC, and Cl high in some water sample locations. In some locations they even exceeded the desirable limits. Spatially, the majority of the study area fell in desirable limit for drinking purposes. Based on the WHO limiting standards, the pH,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , and TH falls within the limitation zone in all the samples.

## REFERENCES

- [1] C. Sadashivaiah, C. R. Ramakrishnaiah and G. Ranganna, "Hydrochemical Analysis and Evaluation of Groundwater Quality in Tumkur Taluk, Karnataka State, India", International Journal of Environmental Research and Public Health, pp.158-163.
- [2] WHO (1996) Guidelines for drinking water quality. Geneva 1:53–73
- [3] Hem. J.D , "Study and interpretations of the chemical characteristics of natural water", U.S. Geological Survey, Alexandria, Virginia, USA, U.S. Geological Survey Water Supply Paper 2254, 263 p,1985
- [4] Subrahmanyam, K. and Yadaiah, P, "Assessment of the impact of industrial effluents on water quality in Patancheru and environs, Medak district, Andhra Pradesh, India". Hydrogeology Journal, 9(3): 297–312,2001
- [5] Freeze, R.A. and Cherry, J.A,"Ground Water", Prentice Hall, Inc,Englewood Cliffs, New Jersey, USA,p604,1979
- [6] Kotaiah and Kumaraswamy, "Environmental Engineering Laboratory Manual", Charotar Publishing House, Gujarat, 1994.
- [7] Dhembare, A.J. Pondhe. G.M, and Sing.C.R," Groundwater characteristics and their significance with special reference to public health in Parvara area", Poll Res.17 (1): 87-90,1998.
- [8] Kesavan KG and Parameswari R, "Evaluation of groundwater quality in Kancheepuram", Indian J. Environ. Prot.25(3), 235-239,2005.
- [9] Bhagavathi Perumal S, Thamarai P," Ground water quality after Tsunami in coastal area of Kanyakumari, South Tamil Nadu, India", Int J Environ Sci;2 (2):99-118,2007.
- [10] Raghunath, I.M, Wiley Eastern Ltd., New Delhi,India,1987.

