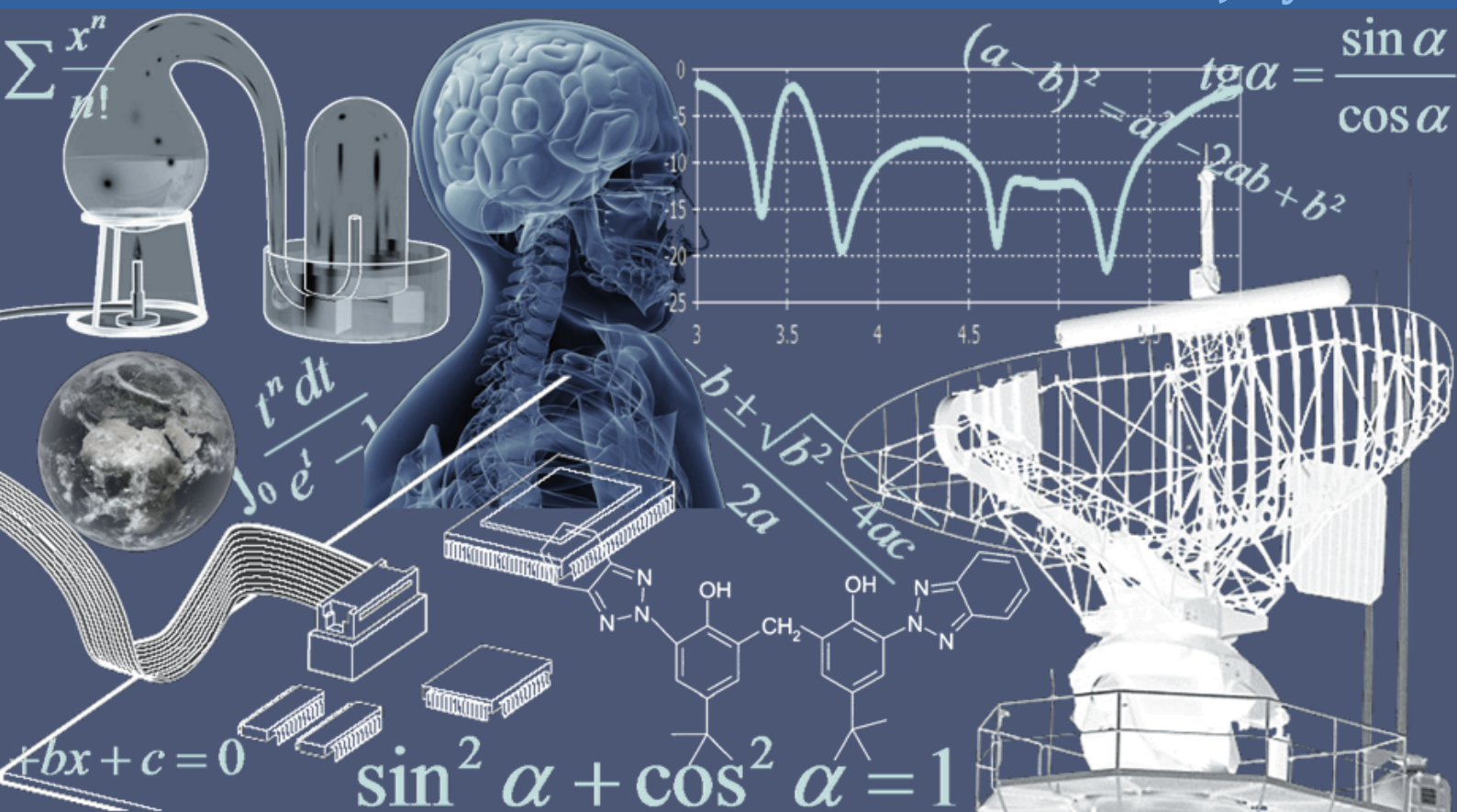


# INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 17 N. 1 July 2016



International Peer Reviewed Monthly Journal



## ***International Journal of Innovation and Applied Studies***

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

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

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

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

## ***Editorial Advisory Board***

**Amir Samimi**, Islamic Azad University, Iran  
**Mahsa Ja'fari**, N.I.O.P.D.C., HSE Department, Aviation Refueling Division, Tehran, Iran  
**Alin Velea**, Paul Scherrer Institute, Switzerland  
**Kamyar Hasanzadeh**, Aalto University, Finland  
**Ogbonnaya N. Chidibere**, University of East Anglia, United Kingdom  
**Oumair Naseer**, University of Warwick, United Kingdom  
**Wei Zheng**, University of Texas Health Science Center at San Antonio, USA  
**Hu Zhao**, University of Southern California, USA  
**Haijian Shi**, Kal Krishnan Consulting Services, Inc, USA  
**Syed Ainul Abideen**, University of Bergen, Norway  
**Fabio De Felice**, University of Cassino and Southern Lazio, Italy  
**Giovanni Leonardi**, Mediterranea University of Reggio Calabria, Italy  
**Siham El Gouzi**, Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, Spain  
**Mohamed KOSSAÏ**, European Business School EBS Paris, France  
**Mustafa Batuhan AYHAN**, Marmara University, Turkey  
**Andrzej Klimczuk**, Warsaw School of Economics, Poland  
**Corinthias P. M. Sianipar**, Tokyo University of Science, Japan  
**Irfan Jamil**, Sinohydro Engineering, China  
**Sukumar Senthilkumar**, Chonbuk National University, South Korea  
**Bratu (Simionescu) Mihaela**, Bucharest University of Economic Studies, Romania  
**Mirela Maria Codescu**, National Institute for R&D in Electrical Engineering ICPE-CA, Romania  
**Milen Zamfirov**, St. Kliment Ohridski Sofia University, Bulgaria  
**Svetoslava Saeva**, Neofit Rilski South-West University, Bulgaria  
**Dimitris Kavroudakis**, University of the Aegean, Greece  
**Vaitsa Giannouli**, Aristotle University of Thessaloniki, Greece  
**Nataša Pomazalová**, Mendel University in Brno, Czech Republic  
**Hazem M. Shaheen**, Damanhour University, Egypt  
**Shalini Jain**, Manipal University Jaipur, India  
**Amin Jula**, National University of Malaysia, Malaysia  
**Mahdi Moharrampour**, Islamic Azad University, Buin zahra Branch, Iran  
**Ricardo Rodriguez**, Technological University of Ciudad Juarez, Mexico  
**Yuniel E. Proenza Arias**, Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba  
**Elizabeth Bissell Miller**, University of Missouri, Columbia  
**Bertin Désiré SOH FOTSING**, University of Dschang, Cameroon  
**Antonella Petrillo**, University of Cassino and Southern Lazio, Italy  
**Hong Zhao**, The Pennsylvania State University, USA  
**Jianjun Chen**, The University of Chicago, USA  
**Shaju George**, Royal University for Women, Kingdom of Bahrain  
**Chandrasekaran Subramaniam**, Kumaraguru College of Technology, India  
**Ilango Velchamy**, New Horizon College of Engineering, India  
**M. Kumaresan**, M.P.N.M.J. Engineering College, India  
**Mohammad Valipour**, University of Tehran, Iran  
**Mohameden Sidi El Vally**, King Khalid University, KSA  
**Mona Hedayat**, Boston Children's Hospital, Harvard Medical School, USA  
**Suresh Kumar Alla**, Advanced Medical Technologies, BD Technologies, USA  
**Ahmed Hashim Mohaisen Al-Yasari**, Babylon University, Iraq  
**Aziz Ibrahim Abdulla**, Tikrit University, Iraq  
**Khalid Mohammed Shaheen**, Technical College of Mosul, Iraq  
**Baskaran Kasi**, Kuala Lumpur Infrastructure University College, Malaysia  
**Nurul Fadly Habidin**, Universiti Pendidikan Sultan Idris, Malaysia  
**Adnan Riaz**, Allama Iqbal Open University, Pakistan  
**Syed Noor Ul Abideen**, KPK Agricultural University, Pakistan  
**Arab Karim**, M'Hammed Bougara University of Boumerdes, Algeria  
**Zoubir Dahmani**, UMAB University of Mostaganem, Algeria  
**Mohsen Brahmi**, Sfax University, Tunisia  
**Mongi Besbes**, University of Carthage, Tunisia  
**Mai S. Mabrouk**, Misr University for Science and Technology, Egypt  
**Olfat A Diab Kandil**, Misr University for Science and Technology, Egypt  
**Munir Ahmed G. Timol**, Veer Narmad South Gujarat University, India  
**Saravanan Vasudevan**, Arunai Engineering College, India



## Table of Contents

Aspects of Regional Development Planning and Financing <i>Nerimane Bajraktari</i>	1-3
HYDROGEOCHIMIE DES SOURCES SALINES DE BISHUSHA / Nord-Kivu-RDC <i>Bosco MUHINDO MUSUBAO and Guy SHUNGU LAMA</i>	4-12
Density functional theory investigation on the conformational analysis, molecular structure and FT-IR spectra of Tryptophan methyl-ester molecule <i>Nabil Omri, Mohammed Yahyaoui, Seifeddine Bennia, Sabri Messaoudi, Fathi Moussa, and Manef Abderrabba</i>	13-32
A study of some Physical and Chemical characteristics of the Al-Hussainya river in Holy Karbala governorate – Iraq <i>Hadeel Mohammed Thabit</i>	33-42
Dégénération des agroécosystèmes d'exploitation familiale : menace et défi des générations au Sud Kivu <i>Mutuga Bienfait BYENDA</i>	43-56
Processus de minéralisation des eaux souterraines et transfert de flux en milieu de socle fissuré: cas du bassin versant transfrontalier de la Comoé (Côte d'Ivoire, Burkina Faso, Ghana, Mali) <i>Ismaila OUATTARA, Bamory KAMAGATE, Amidou DAO, Dabissi NOUFE, and Savané Issiaka</i>	57-69
ROLE OF EDUCATION IN POVERTY ELIMINATION IN PAKISTAN WITH SPECIAL REFERENCE OF SOUTH PUNJAB <i>Sajid Pervez</i>	70-73
Gestion de l'eau de consommation et problèmes de santé des populations dans les communes du département du Mono (République du Bénin) <i>S. Dimitri Miriac AHOUANSE, Parfaite KOTCHARE, Expédit W. VISSIN, Noukpo AGOSSOU, and S. Christophe HOUSSOU</i>	74-81
Mixed convection heat transfer of Cu-water nanofluid in a lid driven square cavity with several heated triangular cylinders <i>Zoubair Boulahia, Abderrahim Wakif, and Rachid Sehaqui</i>	82-93
Evaluation de la qualité nutritionnelle des bouillons «cube» les plus consommés au Sud-Bénin <i>Pierre DOSSOU-YOVO, Laure T. C. TOSSOU, Alphonse SEZAN, and Rodogune A. C. YELOUASSI</i>	94-99
Production du gambari-lifin (farine raffinée de maïs) de bonne qualité par l'amélioration du procédé traditionnel production au Bénin <i>Paul Ayihadji Ferdinand HOUSSOU, Sègla Wilfrid PADONOU, Marlène Corine Dagbedé Nonhami VODOUHE, Hermine DJIVOH, Valère DANSOU, Abel Bodéhousè HOTEgni, and Robert METOHOUÉ</i>	100-111
Les facteurs associés à l'utilisation des résultats probants de la recherche scientifique dans la pratique infirmière <i>Abdelkhalek Housni, Samia Essadki, Abdelfattah Bendedi, and Kamilia Amazian</i>	112-120
Interest redressals and implications: A detailed analysis <i>Khalida Adeeb Mazhar</i>	121-128
Renforcer la supervision des équipes cadres des zones de santé: Cas de la province du Haut-Uélé en République Démocratique du Congo <i>Hermès Karemere</i>	129-135
Analyse du processus de savanisation du nord de la Côte d'Ivoire par télédétection: Cas du département de Ferkessedougou <i>Lereyaha Coulibaly, Kouakou Hervé Kouassi, Gneneyougo Emile SORO, and Savané Issiaka</i>	136-143
Détermination de la concentration en ABVT dans les poissons, crevettes et crabes prélevés dans certaines zones de pêche des lacs Ahémé et Nokoué et de la lagune de Porto-Novo <i>Innocent BOKOSSA YAOU, Pivot Sachi, Juliette S. B. BANON, Nadège Adigun, Célestin C. K. Tchekessi, BA Rafiatou, Anayce DJOGBE, Justin GANDEHO, Isac S. R. SENI, and Yessoufou ALAMON</i>	144-149
MERGERS AND ACQUISITIONS FAILURE RATES AND PERSPECTIVES ON WHY THEY FAIL <i>Godfred Yaw Koi-Akrofi</i>	150-158

Assessing the Fitness of a Measurement Model Using Confirmatory Factor Analysis (CFA)	159-168
<i><u>Sabri Ahmad, Nazleen Nur Ain Zulkurnain, and Fatin Izzati Khairushalimi</u></i>	
Study of a Circular Monopole Antenna with T-shaped Slot in the Patch for Ultra Wideband (UWB) Applications	169-175
<i><u>Nisrin Sabhar, Hassan Asselman, Saida Ahyoud, and ADEL ASSELMAN</u></i>	
Une approche ontologique pour la gestion des connaissances des techniques d'interaction 3D en EV	176-192
<i><u>Hamid Hrimech</u></i>	
Impact de l'érosion sur le transport des éléments traces métalliques (ETM) et la qualité des sédiments le long de la rivière Karavia : Cas du plateau de Penga-Penga, Lubumbashi, Haut-Katanga / RD Congo	193-203
<i><u>Serge Kashimbo Kalala</u></i>	
Diagnostic de la contamination des eaux de la rivière Mulungwishi par les éléments traces métalliques (ETM) : Lubumbashi, Haut-Katanga / RD Congo	204-214
<i><u>Serge Kashimbo Kalala, Kanda Ndaya Glodie, Kiyukeno Kitwanyoka Yannick, Nkulu Masengo Luciens, Kirongozi Swedi, and P. Kazadi Kanyama</u></i>	
Intoxication aigue au paracétamol chez l'enfant: Etude rétrospective de 42 cas dans le service de Pédiatrie Générale de Sfax	215-230
<i><u>Asma Ghorbel, Houada LAZREG AREF, Faiza ESSAFI, Saïf ABID, Ons BEN JEMAA, Feriele Messadi Akrouf, and MAHFOUDH</u></i>	
Analyse organique GC/MS de l'huile essentielle de <i>Melanthera scandens</i> récolté à Azaguié en Côte d'Ivoire	231-235
<i><u>Konan N'dri Séraphin, Kouamé Bosson Antoine, Konan Koffi Marcel, Mamyrbékova-Békro Janat Akhnanovna, and Yves-Alain BEKRO</u></i>	
Induction de calcs friables embryogènes chez cinq génotypes d'agrumes	236-244
<i><u>Ouiam Chetto, Dominique Dambier, Anas Fadli, Majda Sttitou, Rachid Benkirane, and Hamid Benyahia</u></i>	
HPLC determination of organic acids in palm saps throughout tapping process	245-254
<i><u>Detto KARAMOKO, Djegba Marie TOKA, Jean-Luc Aboya MOROH, Kofi Alfred KOUAME, and Koffi Marcellin DJE</u></i>	
DIVERSITE AGROGENETIQUE DES CULTIVARS LOCAUX DE NIEBE ( <i>VIGNA UNGUICULATA</i> ) A L'EXTREME-NORD DU CAMEROUN	255-268
<i><u>Bouba Djilé, Ousmane Boukar, Philippe Kosma, Ange-Patrice Takoudjou Miafo, and Ali Madi</u></i>	
Détermination d'une formulation de carreaux monocouche avec une incorporation de tessons de bouteille de verre	269-274
<i><u>Séraphin Agré Djamo, Honoré Conand Kouakou, Clement Koffi Kouadio, Olivier Moro Boffoué, and Edjikémé Emeruwa</u></i>	
Inadéquation entre valeurs sociales et normes organisationnelles: Une source d'absence de cohésion sociale organisationnelle dans un contexte social traditionnel	275-283
<i><u>Anny Flore Tchouta MBIAH and George FONKENG EPAH</u></i>	
Contrôle Pharmaceutique des marques de comprimés d'ibuprofène vendus dans les secteurs formel et informel au Cameroun	284-290
<i><u>Emmanuel NNANGA NGA, Stéphanie TAMDEM GUETCHUENG, Marie Rosine MANGA, Lazare SIDIJI SIDJUI, and Emmanuel A. MPONDO MPONDO</u></i>	
Analyse économétrique de l'offre du riz local en Côte d'Ivoire	291-305
<i><u>Landry Achy</u></i>	
RELATIONSHIP OF HOPELESSNESS, DEPRESSION AND QUALITY OF LIFE IN MOTHERS OF PERSONS WITH DISABILITIES	306-311
<i><u>Seema Vinayak, Simplejit Kaur Dhanoa, and Rohin Vinayak</u></i>	
Representación del conocimiento mediante mapas cognitivos difusos y conjuntos de términos lingüísticos difusos dudosos en la biomedicina	312-319
<i><u>Salah Hasan Saleh, Sol David Lopezdomínguez Rivas, Andrea Mariel Malave Gomez, Fawaz Saleem Mohsen, and Maikel Leyva Vázquez</u></i>	
Répartition écologique des Ptéridophytes dans le Sud-Est de la Côte d'Ivoire	320-330
<i><u>Lydie Marie Dominique ADOU, Joseph IPOU IPOU, and Constant Yves ADOU YAO</u></i>	
Commercialisation périodique des poulets de chairs dans la ville de Lubumbashi : Acteurs, Provenances, Rentabilité et Contraintes	331-340
<i><u>Kesonga Nsele Maurice, Kirongozi Swedi, Kilemba Mukangala Benjamin, Nkulu Masengo Luciens, MWAMBA KALENDA FRANCO, Gaillard MAYAMBA MAKANDA, Nsenga Nkulu, and Nkulu Mwine Fyama Jules</u></i>	

## Aspects of Regional Development Planning and Financing

*Nerimane Bajraktari*

University of Prizren "Ukshin Hoti", Republic of Kosova

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:** To be able to realize the planned regional investment politics, as the main booster of their real economy, not taking into account their economic politics, it must be admitted that the financing of investments presents the findings of financial means to realize the planned and programmed investments.

**KEYWORDS:** financial investments, regional planning, economic development, regional development.

Before, the investment aspect of regional development has been review because relevant investments are a main precondition for realizing regional plans. However, to be able to realize investment politics of the regional plans, as a main instigator of their real economy, not taking into account the political and economic system, it should be agreed that "investment financing presents the state of financial tools to realize the planned and programmed investments".<sup>1</sup> So, one of the main question (especially if we take into account all the complicated problems of investments) that raises willing or unwillingly, is this: how to secure appropriate financial means (according to the source quality, structure, volume, and dynamics), aiming to invest as quickly as possible in particular investment objects, putting them into economic activities as well as giving the planned financial effects.

Due to the fact that financing manifests in the form of permanent investment of certain financial means in the regional range of the economic processes, two main questions arise: 1) have the regional investors secured in time enough financial means for financing all the investments, and 2) would these investors be able, from the coming financial results of the activated investment objects, to expiate their obligations following their payments dynamics in time and with a disciplined manner.

All the above explored arguments show that the essence and contents of the process of investment financing in the region is summarized as the definition of required financial means, security of these means source, efficient and rational investment, and the return in time of the foreign means used. So, these are the main determinants of the financial aspect of regional and programed investment politics. In practice, these are solved depending on the investment financing system and methodology, where different regions have a great impact.

To shortly illustrate the solution to this problem in some places (especially in the eastern places where it was born), we shall do a little appropriate review. Actually, in all those places, it comes to the volume and modalities of financing the development of undeveloped (regional) parts. Due to the complexity of the problem, the public bodies dealt with it (local and central) which tried that with relatively little means to achieve bigger development effects. Western countries have paid special caution into finding appropriate ways to attract the private capital and initiative to solve this issue.

1) The USA have worked on this issue by fixing the Tennessee valley. However, in this case the private capital attraction was not taken into account so much because during that time, the US was going through an economic crisis so the citizens could

---

<sup>1</sup> Boris Zver, *Teorija I Praska odlu. Ivanja, 1959*

not risk with enough private capital investments. Due to this, the function of financing that regions development was taken by Tennessee valley Administration. The annual budget of this Administration was generated from three sources: the main funds were secured from the sales of electricity and artificial fertilizers in Alabama; the second source was the loans from the American capital market; and the third source was the direct contribution from the federal treasury. Industry wise, the Tennessee valley Administration did not create new production units, but initiated the industrial development by exploiting natural and human resources.

2) In France, the system of financing undeveloped regions has varied due to the country's economic varying structure. It had some undeveloped regions distributed asymmetrically throughout the country. For this region, regional development in France is completely integrated in the "national plan" with a tendency for a better distribution of work regions. However, even though the concentration is done at the Center of Planning and Development, the financing was still decentralized. From this, the given development financing was done in two levels: a) financing from the Center, and b) financing at the regional level through the so-called the Mixed-Economy Association. In any case, this development financing was conducted by different financial institutions, including some half-public institutions. Within the regions, the main bodies are associations; the government appoints one or more commissioners, whereas the whole society is in control of the economic and financial situation of the country. Most of these associations have competences of a territorial character. There are only a few associations that have a main objective to develop the overall regional economy. It can be said that in France's system of regional development financing, the main situation lies with the government because it has not attracted capital investment with a significant pace.

3) Italy is very important in the study of regional development financing because it is characterized by compact, undeveloped areas in the south of Italy (the so-called Mezzogiorno), which covers 41% of the whole country's territory. The development politics of the undeveloped area had started with the "Fund for Mezzogiorno" in 1950. This fund had a "public institutions" character which had the responsibility to deliver the fund collected for the destined places in the South. The "Institute for Economic Development of South Italy" was also developed. In 1952, the fund started the first loan from the international bank for development and reconstruction, which was utilized from regional institutions to finance the industry in Sicily.<sup>2</sup> However, the fund for Mezzogiorno was not the only source of financing for the regional development of South Italy. In 1953, it was allowed for the special institutions to be created for the clearance of social capital, so the special institutions were created to finance the development of the south including "Institute for Sicily's Industry Financing", and "Industrial Loan of Sardinia". These institutions have secured loans by means of loans, subventions, precocious return of state debt, etc. All these institutions that were under the umbrella of the Fund for Mezzogiorno played a key role as a modality of the regional financing of the undeveloped south part of Italy.

At the end of treating this financial aspect of regional development in the western countries, it must be added that in this complicated yet important aspect, a key role has been played by their fiscal policy. A clear attitude was towards giving priority to development of undeveloped regions through fiscal policies, as are the necessary fiscal stimuli for making fund concentration available who has to be limited in time and space. The usage of these fiscal measures, as a tool to help implement the development politics of undeveloped regions is evident throughout major western countries.<sup>3</sup>

However, when it is about less developed countries, this process, as a determinant of economic development, brings many problems because the accumulation of capital on one hand and the usage of innovation in the other hand are on a dependent reciprocity. This way, Hirschman points the logical dilemma: "it is nice to say that less developed countries can copy developed countries, but it must be made sure that important processes were not skipped."<sup>4</sup> There are always pessimistic and optimistic opinions, but some authors argue that insisting in using innovations does not always use capital, but can actually save the capital.

---

<sup>2</sup> Myrdal G., "Ekonomiska Teorija in razvijemih regijah". London, 1957.

<sup>3</sup> Draguljub Jankovic, "Savremeni menagement", referat u organizaciji I FON-a u Beogradu. 19-21 September 1994

<sup>4</sup> Hirschman A.O., *The strategy of Economic Development*. Yale University Press. New York, 1998.

## REFERENCES

- [1] A.E.G. Robinson, "Teorija lokacije, regionalne Ekonomije". New York 1969.
- [2] Boris Zver, Teorija I Praska odlu. Ivanja, 1959
- [3] Draguljub Jankovic, "Savremeni menagment", referat u organizaciji I FON-a u Beogradu. 19-21 September 1994
- [4] Geogic Janko, "Razvoj teorijske misti o regionalnom za razvoj". Podgorica, 1989.
- [5] Hirschman A.O., The strategy of Economic Development. Yale University Press. New York, 1998.
- [6] Myrdal G., "Ekonomska Teorija inerazvijemi regioni". London, 1957.
- [7] Marsenie Dragutin, "Nase ekonomske kontraverze u novim uslovima" Belgrade Ekonomist. Br. 1-2/1991
- [8] Jovanovic Petar, "Uprovljanje investicijama" FON. Belgrade, 1991.

## HYDROGEOCHIMIE DES SOURCES SALINES DE BISHUSHA / Nord-Kivu-RDC

### [ HYDROGEOCHEMISTRY OF SALT SOURCES OF Bishusha / North Kivu, DRC ]

*Bosco MUHINDO MUSUBAO and Guy SHUNGU LAMA*

Département de Géologie, Université de Goma, Goma, Nord Kivu, RD Congo

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

**ABSTRACT:** The Bishusha salt sources are numerous. But as part of our research, we looked at four: Mariba 1, Mariba 2, Kazihiro and Makera. They contain various salts belonging either facies "chlorinated and sulfated calcium and magnesium" or to the "chlorinated sodium and potassium and magnesium." Their origin is deep and is related to leaching and dissolution of the banking evaporite formations buried under quartzite, shale, clay, lava and pyroclastic. Their waters are drinkables and consumables without danger except those Mariba 1.

**KEYWORDS:** Hydrogeochemistry, saline, Bishusha, evaporite, dissolution, hardness.

**RESUME:** Les sources salines de Bishusha sont nombreuses. Mais, dans le cadre de nos recherches, nous nous sommes intéressés à quatre : Mariba 1, Mariba 2, Kazihiro et Makera. Elles renferment différents sels appartenant soit au faciès « chloruré et sulfaté calcique et magnésien » soit à celui « chloruré sodique et potassique et magnésien ». Leur origine est profonde et est liée au lessivage et à la dissolution de l'encaissant évaporitique enfoui sous les formations quartzitiques, schisteuses, argileuses, laviques et pyroclastiques. Leurs eaux sont potables et consommables sans dangers excepté celles de Mariba 1.

**MOTS-CLEFS:** Hydrogéochimie, salin, Bishusha, évaporite, dissolution, dureté.

#### 1 INTRODUCTION GENERALE

Au vu de ses multiples richesses du sous-sol, la RDC est qualifiée de « scandale géologique ». Entendant cela, beaucoup ne pensent qu'aux multiples minéraux que regorge ce pays oubliant d'autres ressources tels que les hydrocarbures et les eaux et leurs richesses.

Voulant lever cette équivoque et sachant que les eaux salées accompagnent souvent les gisements pétroliers, nous avons mené les études sur la chimie des sources salines de Bishusha. Outre l'intérêt scientifique consistant à éclairer l'opinion publique et constituer une base de données sur ledit sujet, ce travail revint aussi un intérêt économique dans la mesure où ces sources salines peuvent être exploitées de façon rentable si la réserve, la teneur et la qualité le justifient.

Cependant, la présence de ces sources dans ce milieu fait naître plusieurs interrogations, entre autres :

- ✓ Quelle serait l'origine de cette salinité ?
- ✓ Quels principaux sels, en quantité et types, y seraient présents ?

Ces questions ont principalement guidé nos recherches.

Comme pour la plupart des sources salines, cette salinité trouverait sa justification dans la nature de l'encaissant soit des formations traversées. Quant à la quantité et la teneur, elles ne peuvent être déduites que des analyses hydrogéochimiques.

C'est ainsi que, pour répondre à ces questions de façon satisfaisante, plusieurs descentes sur terrain ont été effectuées pour s'enquérir de la géologie locale. Cela a été suivi et complété par des analyses de laboratoire, à l'Office Congolais de Contrôle, OCC. A l'issue de ces analyses, les résultats ont été soumis à un traitement informatique par le logiciel « Diagrammes ». Ce traitement a été parachevé par une interprétation approfondie tenant compte des normes et principes géochimiques. Pour commencer, parlons d'abord de Bishusha.

## 2 APERCU SUR BISHUSHA

Bishusha, situé aux coordonnées géographiques (en UTM) 736186, 9860524 et 1899m de longitude, latitude et altitude respectivement, est une localité et groupement du territoire de Rutshuru. Il est juste à la limite ouest de la branche occidentale du rift est-africain. Son relief, variant entre 1805m et 2200m d'altitude, à nombreuses collines et peu accidenté, est dominé par un climat tropical humide de haute altitude avec presque 10 mois de pluies par an.

Son hydrographie, appartenant au bassin du fleuve Congo, est représentée par plusieurs marais et deux principales rivières : Nyagatotera et Bigogo. Neuf cours d'eau déversent leurs eaux dans Bigogo alors que Nyagatotera en compte au moins seize. Ces deux rivières alimentent la rivière Kihira qui se rencontre avec Muhongozi pour former la rivière Mweso. Les eaux de surface de notre secteur d'étude sont permanentes pendant les deux saisons (sèche et de pluies) qui caractérisent cette zone et sont utilisées indifféremment par la population pour la boisson, la baignade, la lessive et l'abreuvement.

Comme déjà dit, certaines sources sont salines. Pour comprendre cela, il faut bien cerner la géologie locale.

## 3 CADRE GEOLOGIQUE

Situé au bord de la branche occidentale du rift est-africain, Bishusha a, dans son socle, des formations précambriennes d'âge kibaroburundien (1400-900 millions d'années) [1]. Ce socle est couvert par des formations sédimentaires, volcano-sédimentaires et volcaniques récentes dont l'âge est concomitant à l'ouverture et à l'évolution du rift est-africain avec ses corollaires comme la sédimentation dans la plaine de Rutshuru et le volcanisme des Virunga[2].

Pétrographiquement, on y note la présence des quartzites, schistes, grès, poudingues à ciment argileux, coulées de lave et pyroclastes venant du volcan Nyamulagira, argile, avec à certains endroits, vers les escaliers du rift, des calcaires. La région compte aussi quelques cônes volcaniques pyroclastiques[8].

Vu leur nature, ces formations sont imperméables : voilà pourquoi le drainage dans la région est dense. Au vu de cette lithologie affleurante, aucune formation ne saurait justifier la présence des sources salines dans la contrée ni même l'existence des nappes aquifères ainsi que leur alimentation. Pourquoi cela? Parce qu'aucune de ces dernières n'est saline ; pire encore, le quartzite qui occupe une grande partie en constituant le socle dans lequel sortent ces sources n'est ni lui-même salin moins encore perméable, donc incapable de porter une nappe, si ce n'est qu'à grand à la faveur des cassures[9]. Cela laisse, alors, présager leur genèse ailleurs.

Pour rappel, la RDC et plus particulièrement sa partie est, a été victime de plusieurs événements géologiques s'échelonnant dans le temps. Par exemple, au crétacé, il y a eu formations des évaporites dans la série de Loeme du cote du littoral Atlantique, des hydrocarbures dans la série de Pinda au niveau de la cuvette centrale ; au tertiaire, le décapage amorcé au permocarbonifère, atteint son paroxysme, le volcanisme frappe la chaîne des Virunga...[2] Ces événements et formations géologiques bien que localisés à certains endroits spécifiques sur base de leur importance quantitative, ne sont pas à exclure sur le reste du territoire national de la RDC. Voilà pourquoi nous pensons donc que les sources salines seraient l'héritage du lessivage et de la dissolution des anciennes évaporites enfouies, suite aux mouvements épirogéniques suivi de la sédimentation et du volcanisme, sous les formations quartzitiques antérieures[7].

Bref, elles résulteraient du lessivage et de la dissolution, par les eaux météoriques infiltrées à travers les cassures liées au rifting, des formations évaporitiques enfouies profondément. Quels sont ces sels ? Les résultats de laboratoire nous en parlent plus.

## 4 PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS

Avant de présenter les résultats, il convient de signaler que, pour caractériser l'hydrogéochimie des eaux salines de Bishusha, quatre sources ont été échantillonnées. Il s'agit de :

- ✓ **Mariba1** : elle sort, avec pression, au point de coordonnées géographiques 0735033, 9860554 et 1805m de longitude, latitude et altitude respectivement, d'un quartzite oxydé fracturé. Ses eaux tendent à avoir une couleur blanchâtre avec

une température constante quelle que soit la saison. Cependant, quand la pression augmente, le débit augmente et vice versa ; cela serait consécutif à la pression de la nappe profonde se trouvant entre les couches imperméables. Les eaux de cette source sont généralement utilisées pour l'abreuvement des gros et petits bétails.

- ✓ **Mariba 2** : tout comme Mariba 1, elle est située à Ruboga, près de la station sismologique de l'OVG, au point de coordonnées géographiques 0734938, 9860416 et 1804m (longitude, latitude et altitude). Ses eaux, sortant d'un quartzite, sont claires et sont utilisées comme boisson par les agents de cette station. Sa température et son débit ne change pas en fonction des conditions météorologiques et climatiques : cela laisse penser à son origine profonde.
- ✓ **Kazihiro** : ses eaux jaillissent dans une formation sablo-argileuse au point de coordonnées géographiques 0736545, 9860366 et 1942m (longitude, latitude et altitude). Sa température et son débit sont fonctions des conditions météorologiques, ce qui plaide pour son origine à faible profondeur.
- ✓ **Makera** : située près de la rivière Nyagatotera, au point de coordonnées géographiques 0737415, 9860926 et 1839m (longitude, latitude et altitude), Makera a presque les mêmes caractéristiques que Mariba1 mais avec une salinité un peu moindre que celle-ci.

A l'issu des analyses des eaux de ces sources, au laboratoire de l'Office Congolais de Contrôle (OCC), les résultats suivants ont été obtenus.

*Tableau des résultats d'analyses hydrogéochimiques des eaux salines de Bishusha*

Éléments analysés	Source N°1(MARIBA 1)	Source N°2 (MARIBA 2)	Source N°3 (KAZIHIRO)	Source N°4 (MAKERA)
pH	6,803	5,865	5,527	6,042
CE (µs/l)	7345	2020	3304	2211
NO <sub>3</sub> (mg/l)	28	19	36	21
HCO <sub>3</sub> (mg/l)	414	327,8	442,7	357
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	163	101	208	147
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	2397	347	323	297
Na <sup>+</sup> (mg/l)	1025	89	442	127
K <sup>+</sup> (mg/l)	47	56	16	111
Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	96,7	133	116,4	102,8
Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	152	105,34	157	141,8
Sr <sup>2+</sup> (mg/l)	0,637	1,421	3,042	2,411
F (mg/l)	2,3	1,7	04	03
Fe <sub>Tot</sub> (mg/l)	337	219	234	404
O <sub>2</sub> (mg/l)	11	08	14	8,7
PO <sub>4</sub> (mg/l)	33	17	28,9	31,2

De la lecture de ce tableau, il se dégage que[3] :

- ✓ Les pH des eaux que nous avons analysées sont acides et varient entre 5 et 7. D'ailleurs, les sources Mariba 1 et Makera, ont des pH (6,042 ; 6,803) proches de celui recommandé par les normes de potabilité des eaux de l'OMS (6,5-9,5). Cette acidité résulterait de la nature, acide, de la roche quartzitique traversée.
- ✓ Les eaux de nos quatre sources ont des conductivités électriques (CE) supérieures à 2000µm/l avec une valeur maximale de 7345 µm/l pour Mariba1. Cela prouve que cette source présente beaucoup d'ions dissous en solution.
- ✓ Les phosphates, les sulfates et les nitrates ont, dans la plupart des cas, des teneurs faibles se situant dans les normes de potabilité de l'eau définies par l'OMS (500mg/l pour les sulfates ; 50-3mg/l en cas d'exposition à court terme, 0,2mg/l en cas d'exposition à long terme). Par contre, les bicarbonates ont des valeurs élevées. Les faibles teneurs en phosphates conjuguées à celles des nitrates excluent toute possibilité d'eutrophisation de ces sources.
- ✓ Les teneurs en calcium et en magnésium des eaux échantillonnées ne se situent pas dans les normes de potabilité définies par l'OMS (100mg/l pour le calcium et 30mg/l pour le magnésium).
- ✓ Les chlorures et les sodiums présentent des valeurs anormalement élevées dans les eaux de la source Mariba1 tout en étant faibles dans les autres sources.

- ✓ Le fer présente de fortes valeurs variant entre 219 et 404mg/l qui sont liées à la traversée des quartzites oxydés et des formations argileuses. Notons que le fer n'est pas généralement dangereux dans l'eau mais il peut communiquer à l'eau un goût désagréable et une coloration brune. Quant au fluor, les sources Mariba 1, Makera et Kazihiro sont au-delà de la valeur guide des normes de potabilité fixées par l'OMS (1,5mg/l). Pour rappel, la teneur en fluor est généralement élevée dans les nappes captives mais pour notre secteur, elle serait due à l'activité volcanique.

Au regard de ce qui précède et voulant approfondir la démarche interprétative, des diagrammes ci-après ont été établis grâce au logiciel « Diagrammes » (logiciel d'hydrochimie mis au point en 2013 par Roland Simler du laboratoire d'hydrogéologie d'Avignon).

- ✓ **Diagramme de Piper** : il permet d'étudier l'évolution du faciès des eaux ou bien de distinguer les groupes d'échantillons.

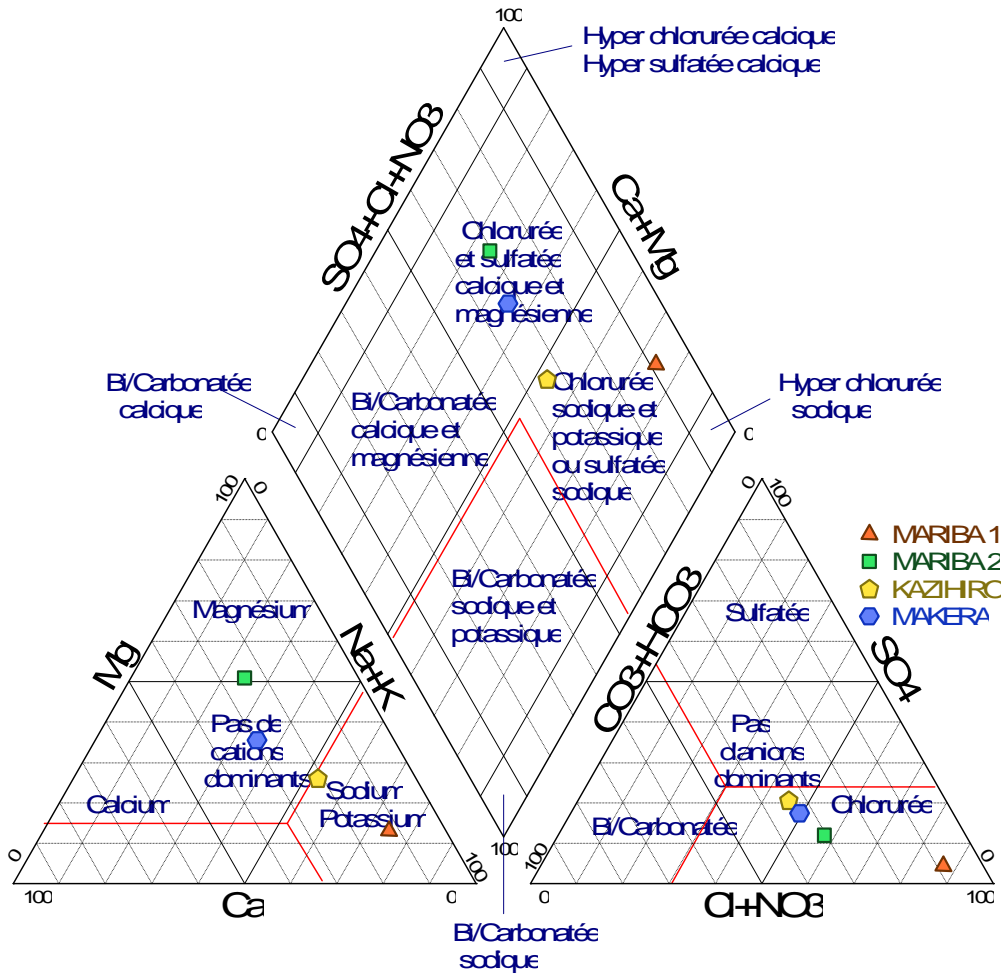


Fig. N°1 : Diagramme de Piper des eaux analysées

De ce diagramme, il se dégage deux types de faciès dominants :

- ✓ Le chloruré et sulfaté calcique et magnésien,
- ✓ Le chloruré sodique et potassique ou sulfaté sodique.

Ces derniers, indiquant un état de salinité, sont confirmés par le **diagramme de Schöeller-Berkaloff** ci-dessous :

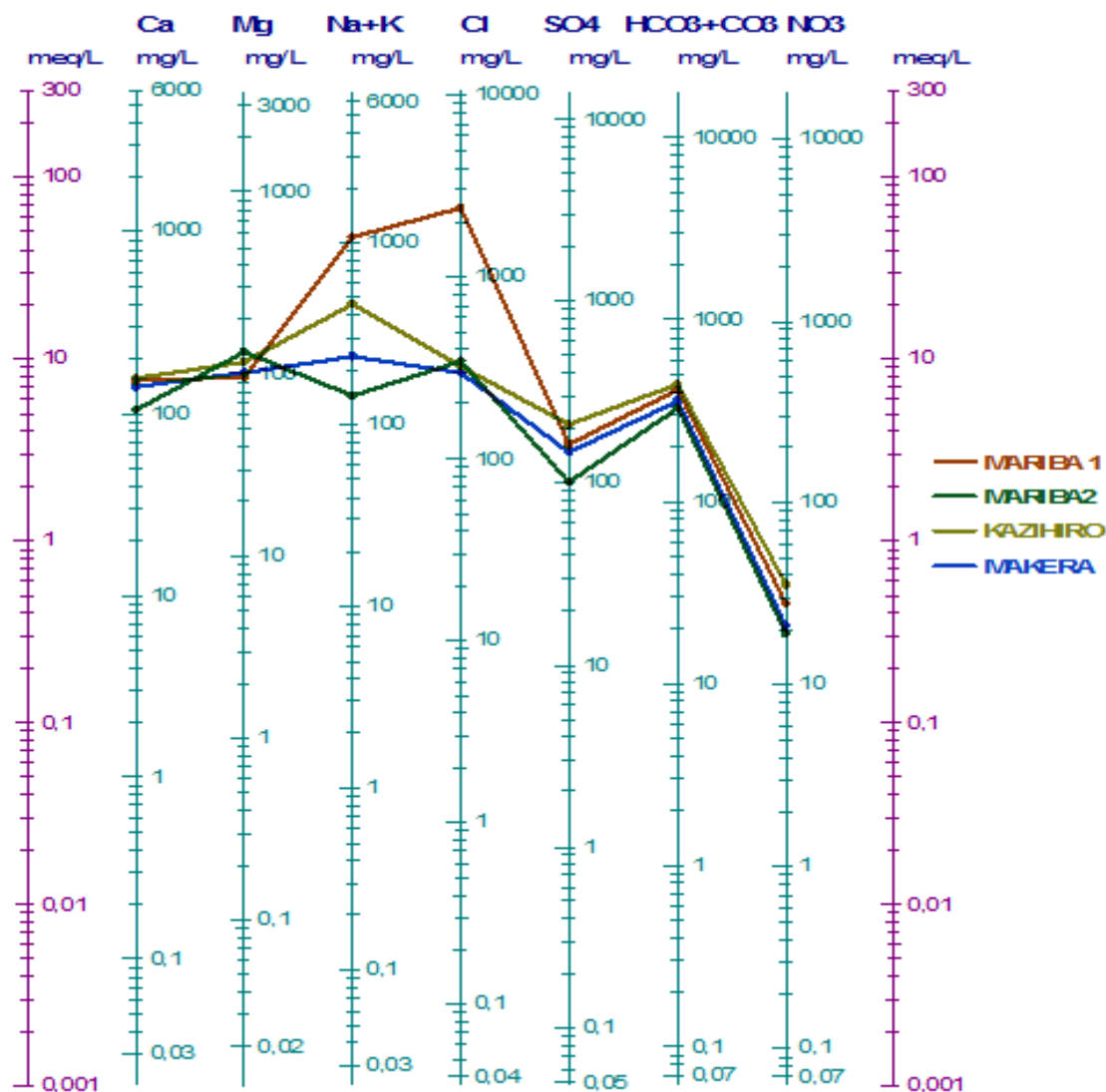


Fig. N°2 : Diagramme de Schöeller-Berkaloff

✓ **Diagramme de Stabler-Collins** : il est utilisé pour déterminer rapidement les différents titres d'une eau (titre d'alcalinité, titre en sels d'acides forts et titre d'hydrotimétrie).

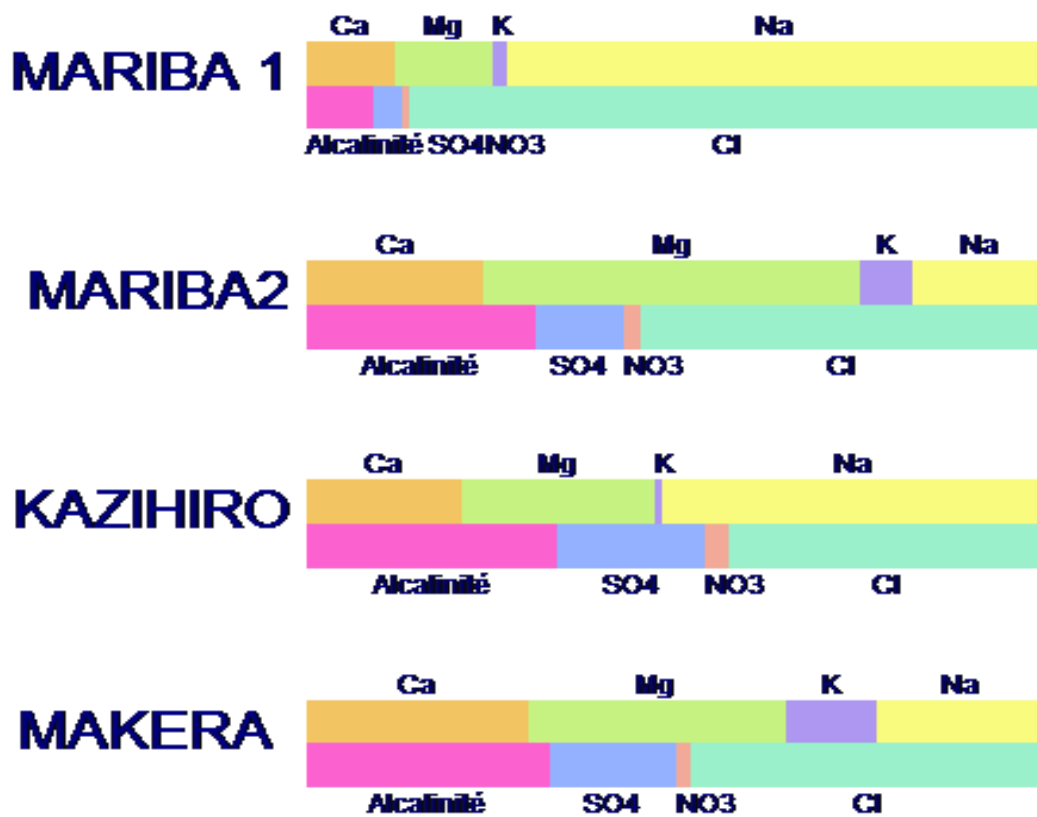


Fig. N°3 : Diagramme de Stabler

La lecture de ce diagramme montre que la source Kazihiro présente une alcalinimétrie élevée par rapport aux autres. Toutefois, cette alcalinimétrie reste faible pour toutes les sources et est essentiellement due aux ions chlorures, sodiums et magnésiums.

- ✓ **Diagrammes de Wilcox et Riverside** : ils sont utilisés pour évaluer le risque de salinisation des sols. Il utilise pour cela la conductivité électrique ou la charge totale dissoute, toutes deux relatives à la salinité de l'eau, et l'indice d'absorption du sodium aussi appelée « pouvoir salinisant ».

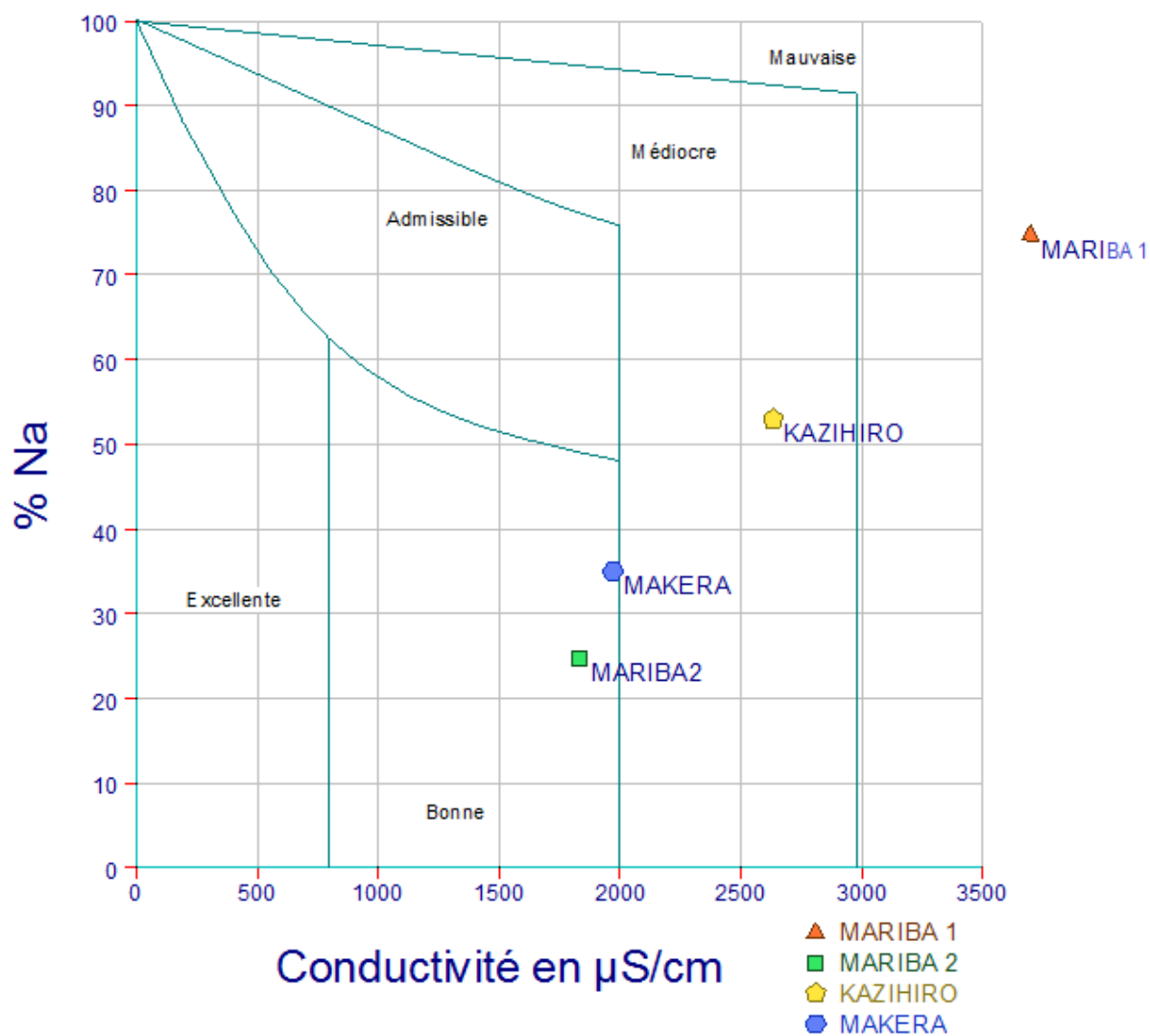


Fig. N°4 : Digramme de Wilcox

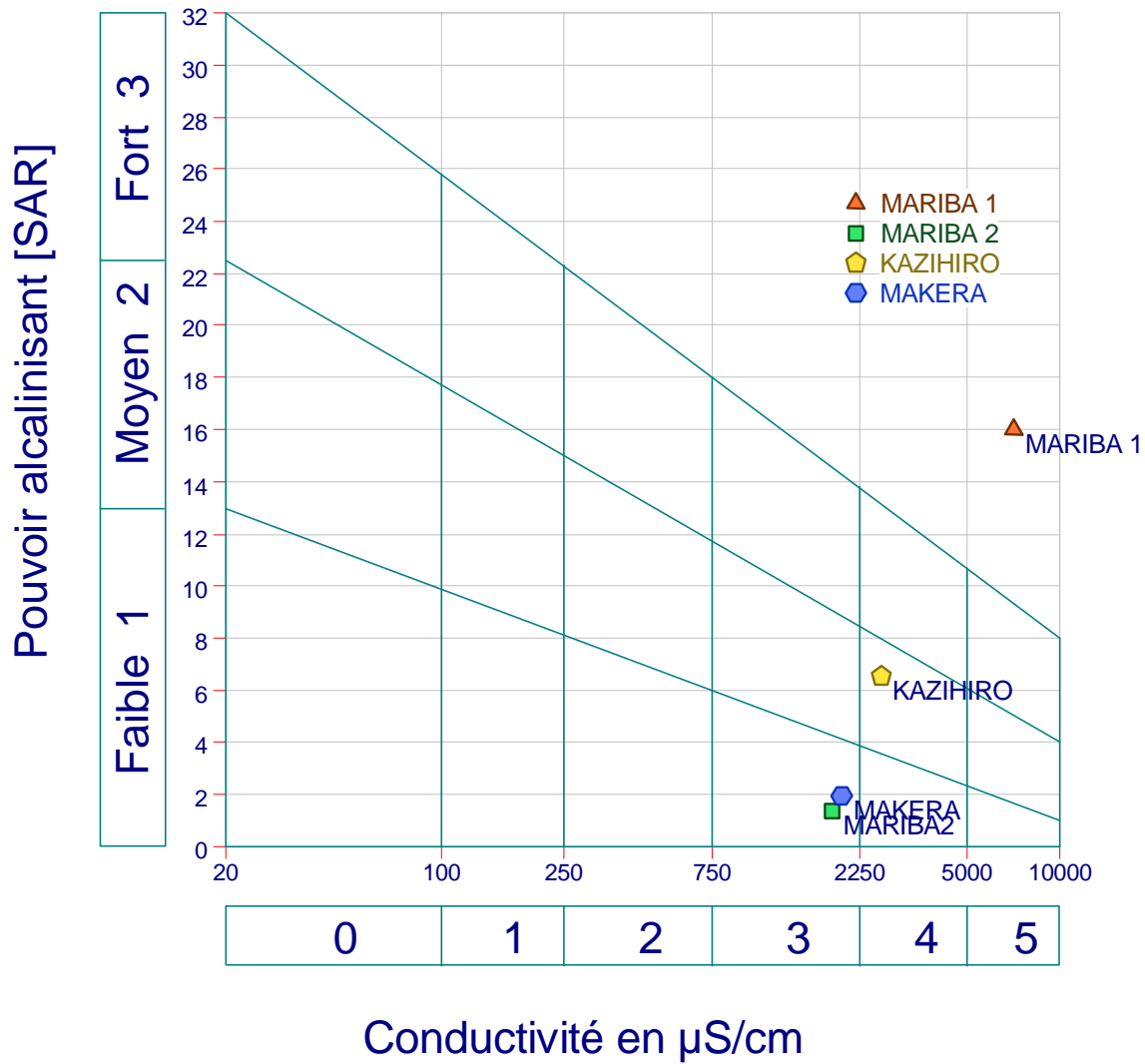


Fig. N°5 : Digramme de Riverside

Ces diagrammes montrent que les sources Mariba 1 et Kazihiro sont respectivement mauvaise et médiocre pour l'irrigation. Par contre Mariba 2 et Makera sont bonnes tout en tendant vers la médiocrité[4].

Les duretés, mesurées par les titres d'hydrotimétrie exprimés en °F avec 1°F correspondant à 10mg de CaCO<sub>3</sub> dans un litre d'eau, pour ces sources, sont respectivement de 78, 81, 87 et 78mg/l pour Mariba 1, Mariba 2, Kazihiro et Makera. Ces valeurs, inférieures à 200mg/l, prouvent que l'encaissant n'est pas calcaire[5].

## 5 CONCLUSION

Il est prouvé, par l'OMS, que la consommation d'une eau modérément minéralisée permet d'avoir une bonne forme physique et intellectuelle, de lutter contre le surpoids, d'assurer le bon fonctionnement des muscles et des reins,...

Pour ce qui est de nos quatre sources, leurs eaux sont jugées moyennement dures car contenant des teneurs inférieures à celles exigées par les normes de l'OMS. Aussi, en dépit des teneurs de certains éléments dépassant les valeurs guides de l'OMS [6], les sources Mariba 2, Kazihiro et Makera ne présentent pas de danger pour la consommation. Par contre, les eaux de Mariba 1, fortement minéralisées, sont dangereuses. En effet, elles contiennent des teneurs élevées en sodiums et en chlorures. Vu cela, la consommation de ces eaux améliore la digestion ; voilà pourquoi elles sont préférées par tous les éleveurs de la région pour l'abreuvement de leurs bêtes mais aussi par certaines personnes ayant de problème de digestion. Néanmoins, cette richesse en sodium augmente l'hypertension et les œdèmes[10].

**REFERENCES**

- [1] CAHEN, L., Géologie du Congo belge, Ed. Casterman, Liège, 1954.
- [2] DEPARTEMENT DES MINES, 1974, Notice explicative de la carte des gîtes minéraux du Zaïre, Ed. Serv. –géol.-Zaïre.
- [3] Drever, J. F., The geochemistry of natural waters, 3rd ed., New York- printice-hall INC, 1997, 379p.
- [4] Fehdi, Ch., et al., Caractérisation hydrogéochimique des eaux souterraines du complexe aquifère Morsoft-Louinet (région Nord de Tébessa, Sud-est Algérien), Afrique SCIENCE, 2009, 231p.
- [5] Fidelibus, M. D. et Tulipano L., Regional flow of intruding sea water in the carbonate aquifers of Apulia (Southern Italy), proceedings 14th salt water intrusion meeting Rapportier ochmedlenden nr 87, 1996,1996, pp230-241.
- [6] <http://www.lenntech.fr/applications/potable/normes/normes-oms-eau-potable.htm#ixzz3DcZsR4sH>
- [7] MASHASHI, A. et ARANYOSSY, J. F. et al., Mise en évidence de l'origine de la salinité des eaux de l'aquifère de Sarafand (Sud-Liban), IAHS publ., 1995.
- [8] THONNARD, R.L.G. et DENAEYER, M.-E : Carte volcanologique des Virunga (Afrique centrale). Feuille no1 : groupe occidental. Introduction générale et notice explicative de la feuille no1, Centre National de Volcanologie, Bruxelles, 1965, 14p.
- [9] VILLENEUVE, M., La structure du rift africain dans la région du lac Kivu, bulletin volcanologique, 43, Bruxelles, 1980, 541-551p.
- [10] [www.pharmacie-ruller.fr](http://www.pharmacie-ruller.fr)

## Density functional theory investigation on the conformational analysis, molecular structure and FT-IR spectra of Tryptophan methyl-ester molecule

*Nabil Omri<sup>1</sup>, Mohammed Yahyaoui<sup>1</sup>, Seifeddine Bennia<sup>1</sup>, Sabri Messaoudi<sup>1</sup>, Fathi Moussa<sup>2</sup>, and Manef Abderrabba<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Laboratoire Matériaux, molécules et Applications,  
IPEST, Université de Carthage,  
BP51, 2070 La Marsa, Tunisia

<sup>2</sup>LETIAM, Groupe de Chimie Analytique de Paris Sud, EA 4041,  
IUT d'Orsay, Université Paris Sud 11, Plateau de Moulon,  
91400 Orsay, France

---

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

**ABSTRACT:** Tryptophan methyl-ester (TrpME) is derived from a natural amino acid, which contains an indole heterocycle. This gives tryptophan its absorption and fluorescence spectroscopic properties. TrpME has become a commonly tool used in many fields namely medicine which is considered as the most important one. In front of his major importance, we found interesting to make a theoretical study on the conformational analysis by DFT/B3LYP method with 6-31G(d,p) basis set to find the most stable form of TrpME. Seven staggered stable conformers were observed on the torsional potential energy surfaces, it is shown that TrpME\_1 conformer (D1= 178.62°, D2= -69.77°, D3= -67.33° and D4= -140°). is the most stable form. The optimized geometrical parameters and vibrational frequencies of the most stable conformation of this molecule were calculated by HF and DFT methods with 6-31G(d,p) standard basis. The electronic and orbital properties like HOMO and LUMO energies of this molecule were also calculated by DFT/B3LYP with 6-31G(d,p), 6-31+G(d,p) and 6-311+G(d,p) basis sets. This study is expanded to determine the gap energy, polarizability, Mulliken charges and thermodynamic properties of the TrpME. The correlation of certain thermodynamic functions with temperature has been determined in the form of quadratic equations. The UV spectrum is also recorded by TDDFT. It shows good conformity with the experimentally found spectrum and confirms that TDDFT is a powerful tool to study the electronic properties of molecules.

**KEYWORDS:** Tryptophan methyl ester; DFT; absorption spectra; molecular structure.

### 1 INTRODUCTION

Despite the fact that amino acids have different origins [1], they form one of the most important classes of molecules with several biological applications the most important of which is to form proteins by their incorporation into polypeptides [2].

In aquatic environment [3,4], the amino acid has two ionisable groups; the carboxyl group that gives its proton to the amine group forming than a zwitterion structure.

The amino acids participate in the regulation of numerous intracellular biochemical pathways. Their signal role has been studied at the muscular level, where some amino acids like leucine have been found to perform a signaling role in the promotion of protein synthesis of muscle [5].

Tryptophan is an aromatic, apolar and hydrophobic amino acid, containing an indole heterocycle that confers absorption and fluorescence properties. Widely used to describe the structural deformation of proteins [6], tryptophan is considered among the most studied of the amino acids in the literature [7-11].

Here we set out to study the optimized molecular structure of TrpME and its electronic and orbital properties using the density functional theory (DFT). To describe the molecular electronegativity process we need determined the Mulliken charges of the most stable structure of this molecule by DFT/B3LYP with 6-31G(d,p), 6-31+G(d,p) and 6-311+G(d,p) basis sets, the study of the molecular polarizability and dipole moment allows us to understand the intramolecular charge transfer of this molecule. On the bases of the vibrational analysis the evolution of certain thermodynamic functions likes entropy, heat capacity and enthalpy, calculated by HF and DFT with 6-31G(d,p) standard basis at different temperatures, has a great effect on the behaviour and the movement of this molecule.

## 2 COMPUTATIONAL APPROACH

The optimized geometric parameters, UV spectra wavelengths, electronic polarizabilities, atomic charges, dipole moments and other parameters investigated in the present work, were calculated by two methods of calculations, at the level of the Hartree-Fock (HF), and the density functional theory (DFT) [12], that is included in the Gaussian 09W program [13], with 6-31G(d,p), 6-31+G(d,p) and 6-311+G(d,p) basis sets, and three functional, the first is B3LYP [12,14], the other is the GGA like BPW91 [15], and the LDA like SVWN5 [16], these results are combined by the GAUSSVIEW program [17,18].

The geometric structures of the labeled TrpME, and both cationic and zwitterionic forms, are shown in Fig. 4 (a, b and c). The values of these two forms which are found with X-ray [11] are compared with the optimization geometry of the TrpME molecule that is theoretically found in the gaseous state.

## 3 RESULTS AND DISCUSSION

### 3.1 CONFORMATIONAL STABILITY

The TrpME molecule has same groups of side chains which may influence its geometric structure and its different properties. Whose purpose for determining the most stable conformation and optimized geometry of this molecule, we have chosen to work on four dihedral angles **D1**(C27-O26-C6-C3), **D2**(O26-C6-C3-C5), **D3**(N1-C3-C5-C9) and **D4**(C3-C5-C9-C12).

For this conformational study we have chosen to take the D1, D2, D3 and D4 dihedral angles, to forecast the influence of their variations (from 0 to 360°) on the chains of groups linked O26-C6 to D1, C6-C3 to D2, C3-C5 to D3 and C5-C9 to D4.

The conformations of the TrpME molecule essentially depend on the orientation of the -OCH<sub>3</sub> group attached to the O26-C6 bond to D1, the -COOCH<sub>3</sub> group linked to C6-C3 bond to D2, the -NH<sub>2</sub>CHCOOCH<sub>3</sub> group to the C3-C5 to D3 and -CNH<sub>2</sub>CHCOOCH<sub>3</sub> group linked to the C5-C9 bond to D4.

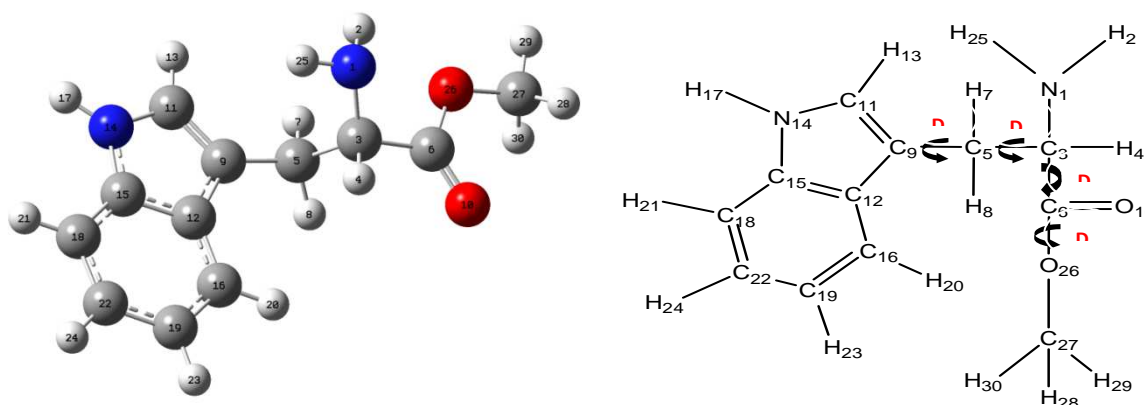


Fig. 1. The B3LYP/6-311+G(d,p) optimized structure, rotational bond names and atomic numbering scheme of TrpME molecule

The energy profiles of potential internal rotations of O26-C6, C6-C3, C3-C5 and C5-C9 bonds calculated at B3LYP/6-31G(d,p), by varying torsion coordinates D1, D2, D3 and D4 from 0° to 360°, are grouped in Fig. 1.

All recovered conformations are obtained after scanning procedure of the dihedral angles at each fixed values of D1-4.

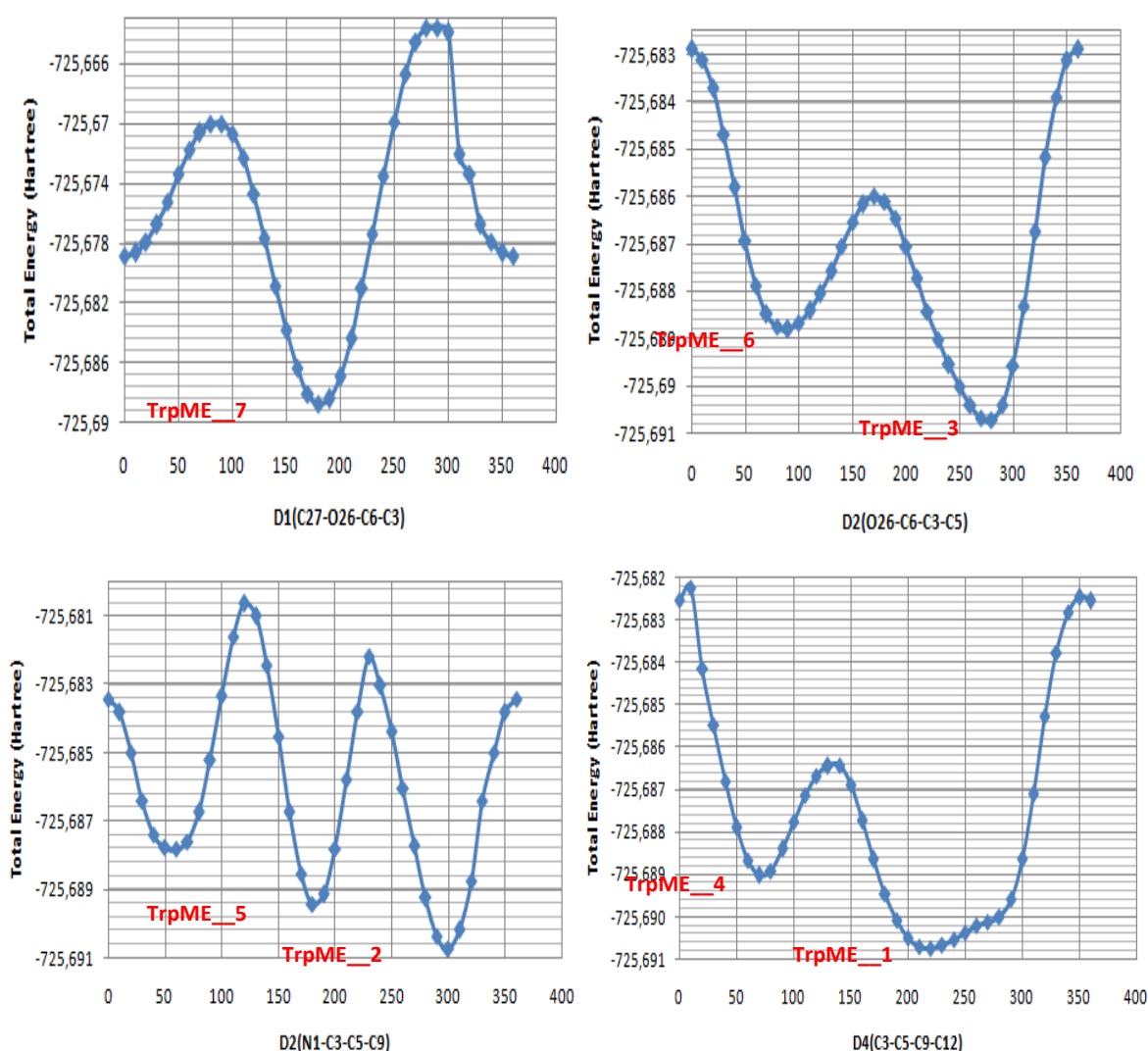
If we carefully study the results obtained at B3LYP/6-31G(d,p) level and presented in Fig. 2, we can mention that the internal rotation of the O26-C6 bond gives three energy minimums, the lowest energy was recorded for a 180° (-725.688801

Hartree) while the two others angles which are respectively  $170^\circ$  and  $190^\circ$  have relatively higher setting values (725.688443 Hartree).

The variation of the dihedral angle (O26-C6-C3-C5) and through definition by D2 also gives four values with a relatively higher energy, for the three angles  $80^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $270^\circ$  and  $280^\circ$ , while the lowest energy ( $-725.690725$  Hartree) was recorded for a  $280^\circ$ .

Integrally for the dihedral angle D3, the internal rotation of C3-C5 bond gives two minimums, the first was recorded for a  $170^\circ$  ( $-725.689422$  Hartree), while the lowest energy value was stored for a  $300^\circ$  ( $-725.690744$  Hartree).

The potential profile of internal rotation of the C5-C9 bond for D4 gives two minimums; the first was recorded for two dihedral angles  $70^\circ$  ( $-725.689523$  Hartree) and  $80^\circ$  ( $-725.689427$  Hartree), while the second was recorded for a  $350^\circ$  ( $-725.891241$  Hartree).



**Fig. 2.** Rotational energy curves computed at B3LYP/6-31G(d,p) level of TrpME molecule along D1, D2, D3 and D4 dihedral angles

Thus the comparison of minimums energy values given by internal rotation of the four trihedral angles D1, D2, D3 and D4 of the TrpME molecule after a conformational analysis leads us to point out that the TrpME molecule has seven conformations (Fig. 3) where TrpME\_1 presents the most stable form.

Based on collected data we studied carefully the most stable form of TrpME for determining its various properties using HF and DFT/B3LYP methods with 6-31G(d,p), 6-31+G(d,p) and 6-311+G(d,p) basis sets.

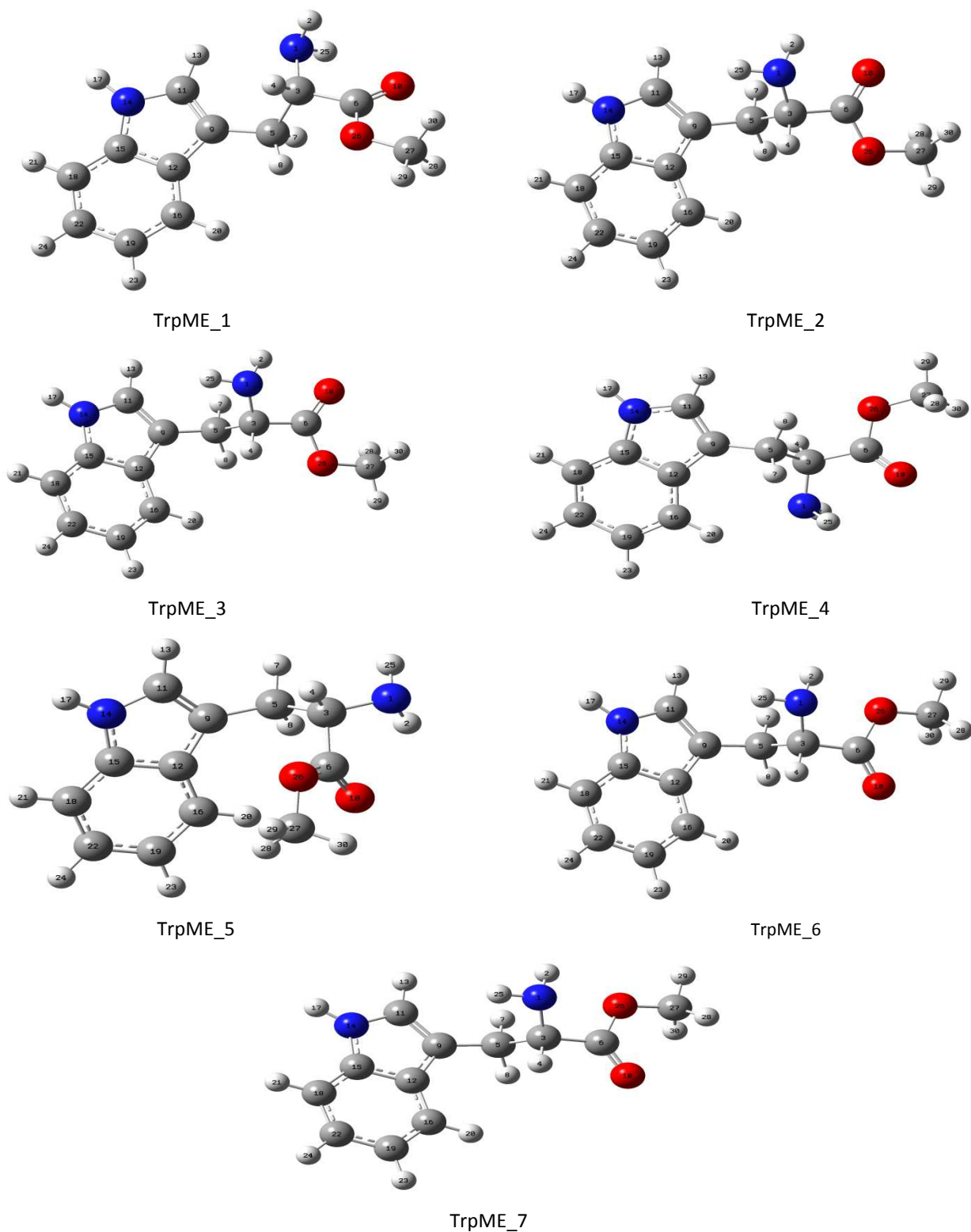


Fig. 3. The B3LYP/6-31G(d,p) optimized geometric structures for the 7 conformers of TrpME molecule

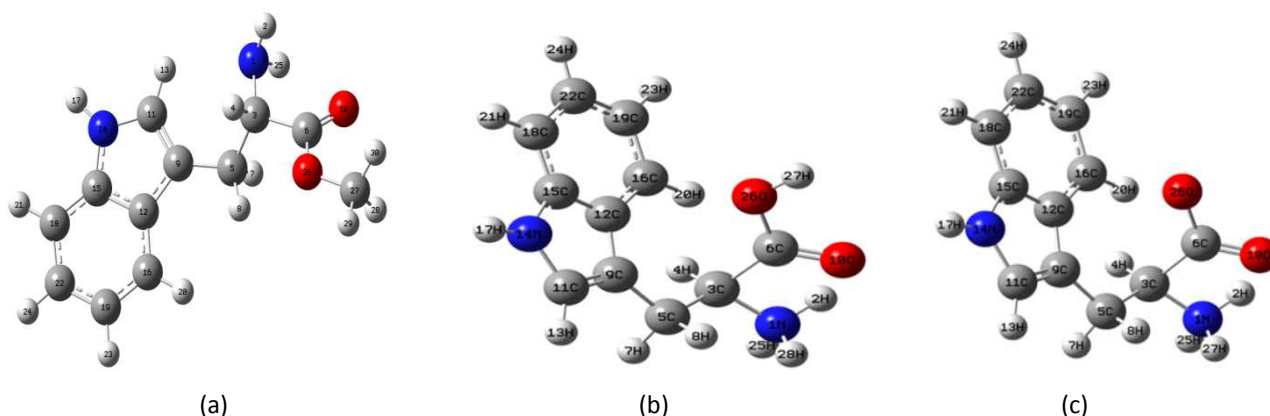
### 3.2 MOLECULAR GEOMETRY

The purpose of molecular geometry is to study the molecule of the TrpME and determine its different optimized parameters. We started by calculating the energies using both methods of calculations HF and DFT, using the functional B3LYP, BPW91 and SVWN5 and the same basis standard 6-31G(d,p), the energies are summarized in Table 1.

**Table 1.** Energies of the TrpME calculated in the gaseous state, by HF/6-31G(d,p), B3LYP/6-31G(d,p), BPW91/6-31G(d,p) and SVWN5/6-31G(d,p).

	Energies (Hartree)	Energies (Kcal/mol)
HF/6-31G(d,p)	-720.953	-437981.394
B3LYP/6-31G(d,p)	<b>-725.428</b>	<b>-455208.586</b>
BPW91/6-31G(d,p)	-725.349	-455159.105
SVWN5/6-31G(d,p)	-719.242	-451326.673

The analysis of the results shows that with the B3LYP functional, we could obtain the lowest energy, and consequently, the most stable thermodynamically geometric structure. For the rest of this study, we used the functional DFT/B3LYP with three different basis to find the best basis to be adequate to describe and predict the experimental studies.



**Fig. 4.** The molecular structure and atomic numbering: (a) TrpME, (b) the cationic form and (c) the zwitterionic form

The optimized bond lengths and angles of the TrpME molecule, found by DFT/B3LYP with 6-31G(d,p), 6-31+G(d,p) and 6-311+G(d,p) basis sets, are listed in the Table 2. These values are well correlated to the atomic number given in the Fig. 4 (a, b and c).

Table 2. The geometric parameters of the optimized TrpME (a) calculated by B3LYP/6-31G(d,p), B3LYP/6-31+G(d,p) and B3LYP/6-311+G(d,p), in addition to the experimental values found in X-ray of the two forms (b) and (c), bond lengths (Å), tertiary angles (°)

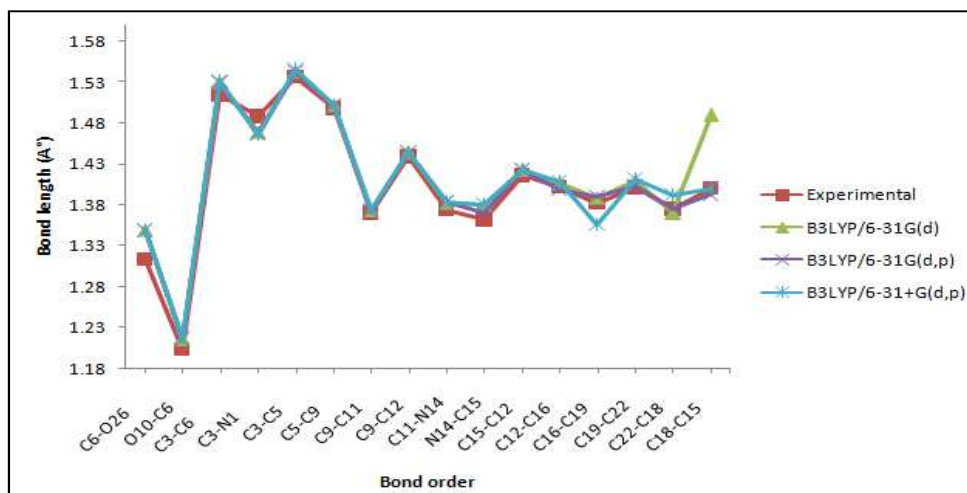
Bond length(Å) and Bond angle (°)	Value (b)	Value (c)	Value (a)		
			B3LYP/6-31G(d,p)	B3LYP/6-31+G(d,p)	B3LYP/6-311+G(d,p)
C <sub>6</sub> -O <sub>26</sub>	1.31	1.24	1.34	1.34	1.34
O <sub>10</sub> -C <sub>6</sub>	1.20	1.24	1.21	1.21	1.21
C <sub>3</sub> -C <sub>6</sub>	1.51	1.52	1.53	1.52	1.53
C <sub>3</sub> -N <sub>1</sub>	1.48	1.48	1.46	1.46	1.46
C <sub>3</sub> -C <sub>5</sub>	1.53	1.52	1.54	1.54	1.54
C <sub>5</sub> -C <sub>9</sub>	1.49	1.48	1.50	1.50	1.50
C <sub>9</sub> -C <sub>11</sub>	1.37	1.36	1.37	1.37	1.37
C <sub>9</sub> -C <sub>12</sub>	1.43	1.43	1.44	1.44	1.44
C <sub>11</sub> -N <sub>14</sub>	1.37	1.36	1.38	1.38	1.38
N <sub>14</sub> -C <sub>15</sub>	1.36	1.36	1.38	1.36	1.38
C <sub>15</sub> -C <sub>12</sub>	1.41	1.41	1.42	1.42	1.42
C <sub>12</sub> -C <sub>16</sub>	1.40	1.40	1.40	1.39	1.40
C <sub>16</sub> -C <sub>19</sub>	1.38	1.37	1.38	1.39	1.35
C <sub>19</sub> -C <sub>22</sub>	1.40	1.40	1.41	1.40	1.41
C <sub>22</sub> -C <sub>18</sub>	1.37	1.37	1.36	1.37	1.39
C <sub>18</sub> -C <sub>15</sub>	1.40	1.39	1.49	1.39	1.39
O <sub>10</sub> -C <sub>6</sub> -O <sub>26</sub>	124.74	126.28	123.52	123.51	123.40
O <sub>26</sub> -C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub>	111.90	117.25	112.39	112.42	112.35
O <sub>10</sub> -C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub>	123.34	116.45	124.02	124.01	124.21
C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub> -N <sub>1</sub>	107.76	109.87	111.33	111.34	111.79
C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub> -C <sub>5</sub>	113.70	107.22	109.50	109.39	109.77
C <sub>5</sub> -C <sub>9</sub> -C <sub>11</sub>	127.28	126.16	126.55	126.56	126.71
C <sub>9</sub> -C <sub>11</sub> -N <sub>14</sub>	110.03	110.51	110.08	110.08	110.06
C <sub>5</sub> -C <sub>9</sub> -C <sub>12</sub>	126.60	127.78	127.14	127.12	127.01
C <sub>12</sub> -C <sub>9</sub> -C <sub>11</sub>	106.08	105.84	106.28	106.28	106.27
C <sub>11</sub> -N <sub>14</sub> -C <sub>15</sub>	109.39	109.29	107.75	109.20	109.19
N <sub>14</sub> -C <sub>15</sub> -C <sub>12</sub>	107.47	107.28	110.13	107.12	107.13
N <sub>14</sub> -C <sub>15</sub> -C <sub>18</sub>	130.43	130.69	129.10	130.54	130.49
C <sub>15</sub> -C <sub>18</sub> -C <sub>22</sub>	117.54	117.92	115.81	117.49	117.50
C <sub>18</sub> -C <sub>22</sub> -C <sub>19</sub>	121.25	121.15	122.88	121.20	121.16
C <sub>22</sub> -C <sub>19</sub> -C <sub>16</sub>	121.54	121.07	121.07	121.08	121.06
C <sub>19</sub> -C <sub>16</sub> -C <sub>12</sub>	118.72	119.20	119.15	119.13	119.13
C <sub>16</sub> -C <sub>12</sub> -C <sub>15</sub>	118.85	118.61	120.31	118.75	118.75
C <sub>16</sub> -C <sub>12</sub> -C <sub>9</sub>	134.13	134.33	133.95	133.95	133.91
C <sub>9</sub> -C <sub>15</sub> -C <sub>12</sub>	107.02	107.06	105.73	107.29	107.32
C <sub>18</sub> -C <sub>15</sub> -C <sub>12</sub>	122.10	122.03	120.75	122.32	122.37
C <sub>9</sub> -C <sub>5</sub> -C <sub>3</sub>	115.32	117.43	113.96	114.02	114.50
N <sub>1</sub> -C <sub>3</sub> -C <sub>5</sub>	111.35	111.37	109.27	109.29	109.24

The geometric parameters of the optimized compound were compared with the values given by the X-ray [11] of both similar structures (b) and (c).

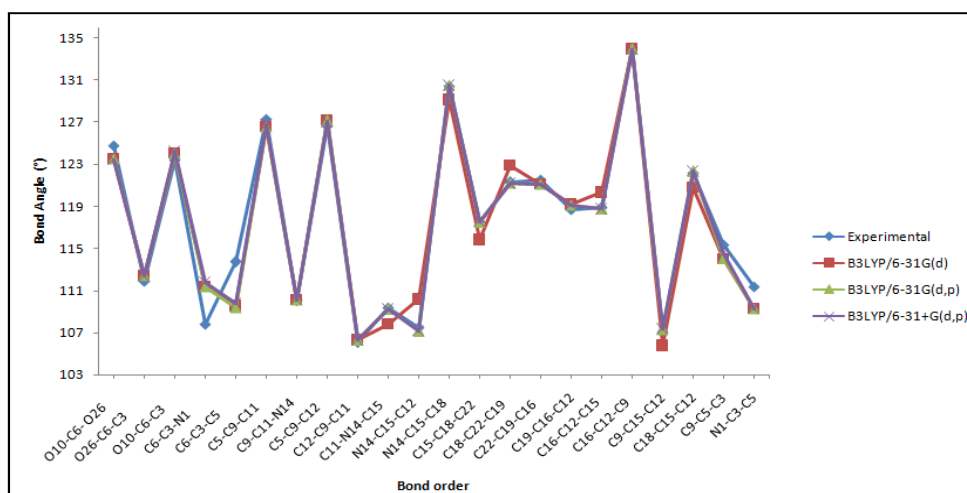
Based on these results, we could conclude that the values of the bond lengths and angles are well correlated with the experimental values, and being located within the margin of the measurement error.

The graphical comparisons of the bond lengths and bond angles in this molecule (Fig. 5 and Fig. 6) confirm that the variation of angles depends primarily on the electronegativity of the central atom, and the conjugation of double bonds, in

other words, when the electronegativity of the atom decreases the value of the bond angle decreases. We also note that, the values of the optimized lengths, as well as the angles of the TrpME, found by the functional B3LYP/6-31G(d,p), are similar to the experimental values of the cationic form than the zwitterionic form.



**Fig. 5.** The difference between the bond length of the molecule of TrpME obtained by B3LYP functional and 6-31G(d,p), 6-31+G(d,p) and 6-311+G(d,p) basis sets.



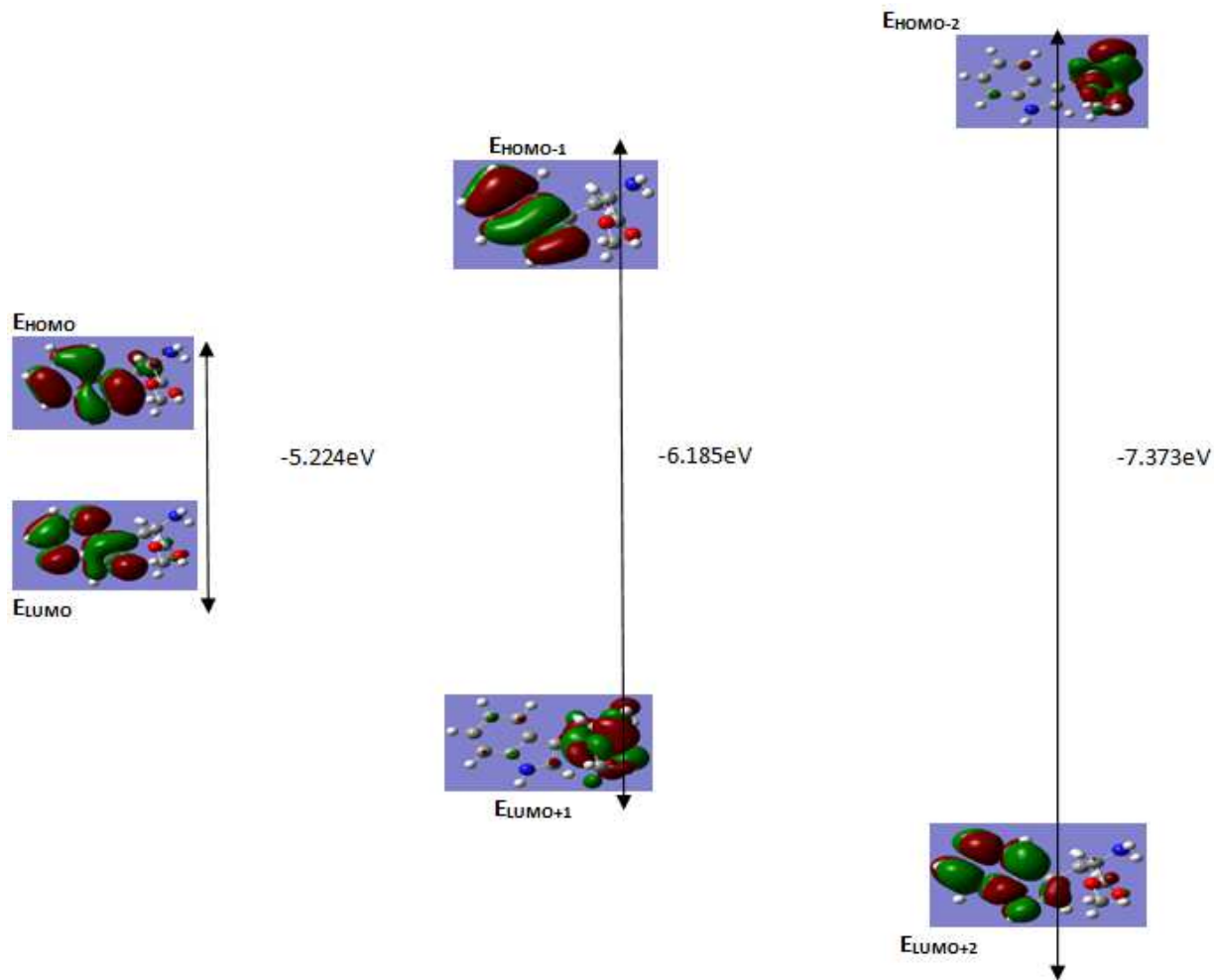
**Fig. 6.** The difference between the bond angle of the molecule of TrpME obtained by B3LYP functional and 6-31G(d,p), 6-31+G(d,p) and 6-311+G(d,p) basis sets.

### 3.3 MOLECULAR PROPERTIES AND THE ENERGY GAP

The spatial distribution of the lowest unoccupied molecular orbital (LUMO) and the highest occupied molecular orbital (HOMO) is considered as one of the indicators of electrons transport inside the molecular system.

The energy gap between the HOMO and LUMO, the chemical hardness, electrophilicity and the chemical potential of this molecule can be determined.

LUMO and HOMO energies of the TrpME (Fig. 7) were calculated as well as the energy gap (HOMO-LUMO) which is shown in Table 3. The energy gap generally reflects the nature of the chemical activity of the molecule, in other words, the atom that has the most important density of the HOMO should have the possibility to easily release an electron, whereas the atom which has the occupation of the higher LUMO owns a strong probability to earn an electron [19].



**Fig. 7. The energies of the frontier orbital of TrpME calculated by B3LYP/6-31G(d,p).**

The TrpME molecule is characterized by a small variation of the energy gap (5.224159 eV), which is the result of a significant change between the two donating and electron acceptors of intramolecular groups.

We also determined, with the same function, the electron affinity and the ionization potential of this molecule that have been expressed in terms of HOMO and LUMO orbital energies, according to the following equations  $A = -E_{LUMO}$  and  $I = -E_{HOMO}$ . The global electrophilicity of this molecule is given by the following equation:  $\omega = \mu^2 / (2\eta)$ , to calculate this value we need to determine the values of the chemical potential  $\mu = (E_{HOMO} + E_{LUMO}) / 2$ , and chemical hardness  $\eta = (E_{LUMO} - E_{HOMO})$ . All these values are summarized in the Table 3.

Table 3. The HOMO and LUMO energy, the energy gap, and the molecular properties of the TrpME molecule.

	B3LYP/6-31G(d,p)	B3LYP/6-31+G(d,p)	B3LYP/6-311+G(d,p)
$E_{\text{HOMO}}$ (u.a)	-0.196	-0.196	-0.208
$E_{\text{LUMO}}$ (u.a)	-0.003	-0.004	-0.022
$E_{\text{HOMO}} - E_{\text{LUMO}}$ (u.a)	-0.192	-0.191	-0.185
$E_{\text{HOMO}-1}$ (u.a)	-0.215	-0.216	-0.228
$E_{\text{LUMO}+1}$ (u.a)	0.011	0.011	-0.008
$E_{\text{HOMO}-1} - E_{\text{LUMO}+1}$ (u.a)	-0.226	-0.227	-0.219
$E_{\text{HOMO}-2}$ (u.a)	-0.238	-0.238	-0.251
$E_{\text{LUMO}+2}$ (u.a)	0.032	0.032	-0.005
$E_{\text{HOMO}-2} - E_{\text{LUMO}+2}$ (u.a)	-0.271	-0.270	-0.245
Ionisation potential (I)	0.196	0.196	0.208
Electron affinity (A)	0.003	0.004	0.022
Chemical hardness ( $\eta$ )	0.192	0.191	0.185
Chemical potential ( $\mu$ )	-0.100	-0.100	-0.115
Global electrophilicity ( $\omega$ )	0.026	0.026	0.036

### 3.4 MULLIKEN CHARGES

The methods of quantum chemistry allow us to estimate the partial atomic charges of the studied molecule. Mulliken charges have a great effect on the dipole moment, the electronic structure and molecular polarizability [20]. The atomic charges can also be used to describe the molecular electronegativity process.

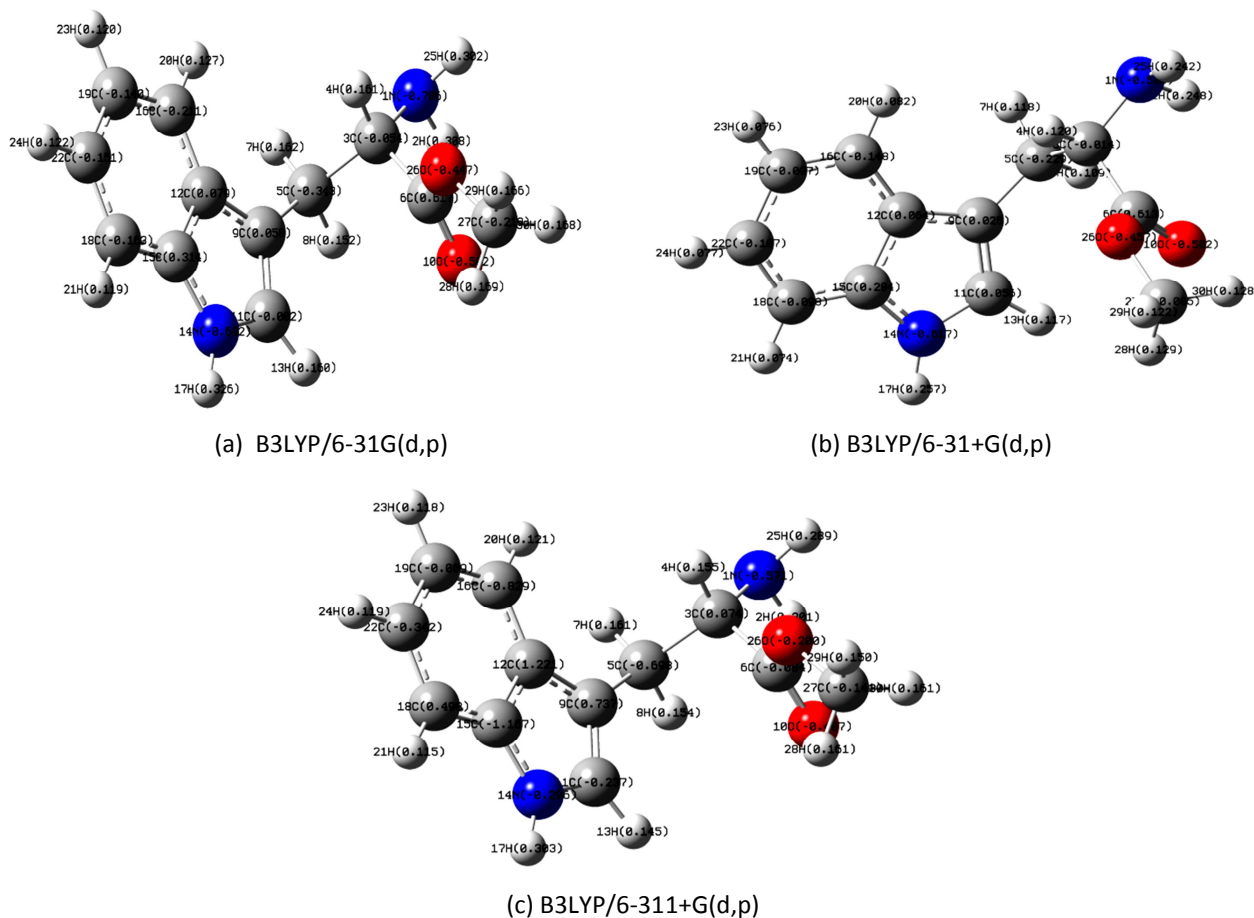


Fig. 8. The Mulliken atomic charges of TrpME

The Mulliken charges values of the TrpME molecule, calculated by the functional DFT/B3LYP with 6-31G(d,p), 6-31+G(d,p) and 6-311+G(d,p) basis sets, are displayed on the molecular structures presented in the Fig. 8(a, b and c), and summarized in Table 4. These results could be illustrated in graphical forms, shown in Fig. 9.

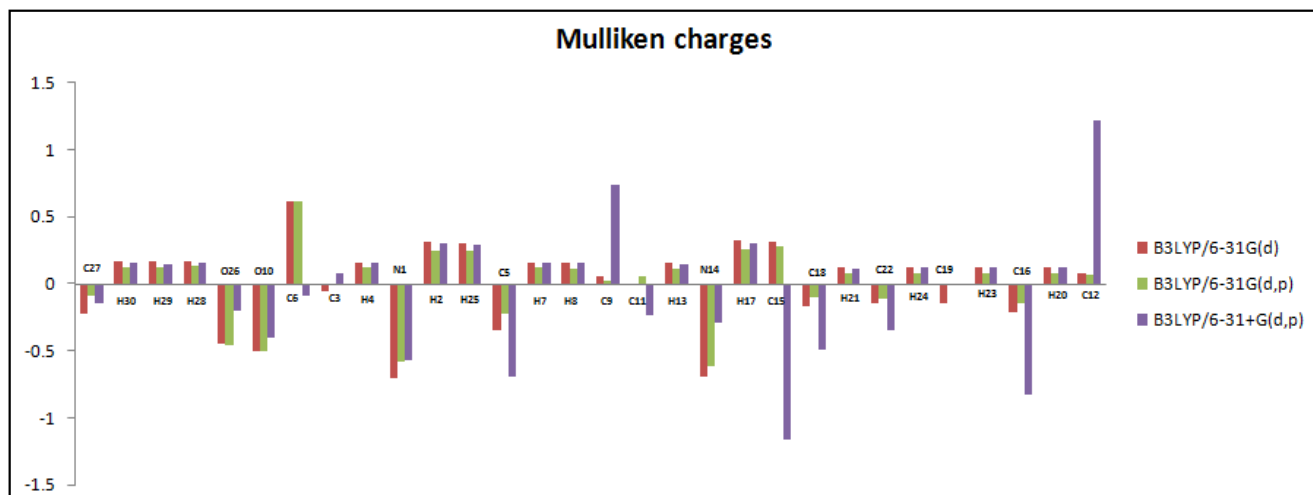


Fig. 9. Comparison of the atomic charges calculated by B3LYP/6-31G(d,p), B3LYP/6-31+G(d,p) and B3LYP/6-311+G(d,p) of the TrpME

Table 4. Mulliken charges of the optimized geometry of TrpME obtained by B3LYP/6-31G(d,p), B3LYP/6-31+G(d,p) and B3LYP/6-311+G(d,p)

Atomic num	Mulliken charges		
	B3LYP/6-31G(d,p)	B3LYP/6-31+G(d,p)	B3LYP/6-311+G(d,p)
C <sub>27</sub>	-0.219	-0.085	-0.141
H <sub>30</sub>	0.168	0.128	0.161
H <sub>29</sub>	0.166	0.122	0.150
H <sub>28</sub>	0.169	0.129	0.161
O <sub>26</sub>	-0.447	-0.457	-0.2
O <sub>10</sub>	-0.502	-0.502	-0.407
C <sub>6</sub>	0.617	0.613	-0.084
C <sub>3</sub>	-0.054	-0.014	0.074
H <sub>4</sub>	0.161	0.120	0.155
N <sub>1</sub>	-0.706	-0.586	-0.571
H <sub>2</sub>	0.308	0.248	0.301
H <sub>25</sub>	0.302	0.242	0.289
C <sub>5</sub>	-0.343	-0.343	-0.698
H <sub>7</sub>	0.162	0.162	0.161
H <sub>8</sub>	0.152	0.152	0.154
C <sub>9</sub>	0.058	0.058	0.737
C <sub>11</sub>	-0.002	-0.002	-0.237
H <sub>13</sub>	0.160	0.160	0.145
N <sub>14</sub>	-0.692	-0.692	-0.296
H <sub>17</sub>	0.326	0.326	0.303
C <sub>15</sub>	0.314	0.314	-1.167
C <sub>18</sub>	-0.163	-0.163	-0.498
H <sub>21</sub>	0.119	0.119	0.115
C <sub>22</sub>	-0.151	-0.151	-0.342
H <sub>24</sub>	0.122	0.122	0.119
C <sub>19</sub>	-0.140	-0.140	-0.009
H <sub>23</sub>	0.120	0.120	0.118
C <sub>16</sub>	-0.211	-0.211	-0.829
H <sub>20</sub>	0.127	0.127	0.121
C <sub>12</sub>	0.079	0.079	1.221

It is important to point out that all the hydrogen atoms of the TrpME have positive charges, and the charge carried by the H<sub>17</sub> atom, has the maximum value, since it is linked to the N<sub>14</sub> nitrogen atom. It is interesting to note also that the C<sub>6</sub> atom has the highest positive charge, which is obviously due to the presence of two oxygen atoms which are more electronegative than the carbon atom.

However both O<sub>10</sub> and O<sub>26</sub> oxygen atoms, have a negative charges, and whether we compare its values, we will find that the O<sub>10</sub> atom has a maximum value of the negative charge, which explains its position in the molecular structure (carbonyl group), while the O<sub>26</sub> atom has a smaller value, since it is linked between two carbon atoms C<sub>6</sub> and C<sub>27</sub> that are less electronegative. Both O and N atoms present the lowest negative charge values, while the hydrogen atom have the most important positive charge value, these results give us an idea about the intramolecular interaction in TrpME molecule.

### 3.5 THE MOLECULAR POLARIZABILITY

In order to understand the electronic distribution and the intramolecular transfer charges of TrpME, we tried to determine the molecular polarizability and the dipole moment, by the functional B3LYP and 6-31G(d), 6-31G(d,p) and 6-31+G(d,p) basis sets. This dipole moment reflects the distribution of the molecular charges and the three-dimensional vector that represents the movement of atomic charges of the TrpME molecule.

The dipole moment  $\mu$  (Debye), static polarizability  $\alpha$ (a.u), the average or linear polarizability  $\alpha_0$ ( $0.1482 \times 10^{-24}$  esu) and the anisotropy of polarizability  $\Delta\alpha$ ( $0.1482 \times 10^{-24}$  esu) of this molecule, are given in Table 5, and calculated by the following equations [21].

$$\mu_0 = (\mu_x^2 + \mu_y^2 + \mu_z^2)^{1/2}$$

$$\alpha_0 = (\alpha_{xx} + \alpha_{yy} + \alpha_{zz})/3$$

$$\Delta\alpha = 1/\sqrt{2} [(\alpha_{xx} - \alpha_{yy})^2 + (\alpha_{yy} - \alpha_{zz})^2 + (\alpha_{zz} - \alpha_{xx})^2 + 6\alpha_{xx}^2]^{1/2}$$

**Table 5.** The dipole moment  $\mu$  (Debye), the average polarizability  $\alpha_0$  ( $0.1482 \times 10^{-24}$  esu) and the anisotropy of the polarizability  $\Delta\alpha$  ( $0.1482 \times 10^{-24}$  esu) of TrpME calculated by B3LYP/6-31G(d,p), B3LYP/6-31+G(d,p) and B3LYP/6-311+G(d,p).

	B3LYP/6-31G(d,p)		B3LYP/6-31+G(d,p)		B3LYP/6-311+G(d,p)	
	a.u.	e.s.a* $10^{-23}$	a.u.	e.s.a* $10^{-23}$	a.u.	e.s.a* $10^{-23}$
$\alpha_{xx}$	164.099	2.431	165.380	2.450	185.787	2.753
$\alpha_{xy}$	6.624	0.098	6.663	0.098	4.363	0.064
$\alpha_{yy}$	139.561	2.072	140.697	2.085	160.544	2.379
$\alpha_{xz}$	-30.972	-0.459	-30.944	-0.458	-27.637	-0.409
$\alpha_{yz}$	17.506	0.259	17.543	0.259	14.228	0.210
$\alpha_{zz}$	109.293	1.619	110.146	1.632	138.532	2.053
$\alpha_0$	137.651	2.039	138.741	2.056	161.621	2.395
$\Delta\alpha$	286.361	4.243	288.599	4.277	323.038	4.787
$\mu_x$	0.284		0.2589		-0.0268	
$\mu_y$	-2.700		-2.6640		-2.641	
$\mu_z$	0.687		-2.6640		0.726	
$\mu_0$	2.801		2.7590		2.739	

The highest value of the dipole moment  $\mu$  (2.8010 Debye) is calculated by B3LYP/6-31G(d). We note that the functional B3LYP/6-31+G(d,p) gives the highest value of the dipole moment for the compound  $\mu_z$  (0.7266), while the lowest value was noted for  $\mu_y$  (-2.7006) and given by B3LYP/6-31G(d).

The linear polarizability and the anisotropy of the polarizability data by functional B3LYP/6-31+G(d,p) are respectively  $2.395223 \times 10^{-23}$  and  $4.787423 \times 10^{-23}$  esu.

### 3.6 THERMODYNAMIC PROPERTIES

The different movements of the TrpME molecule are associated with different energies, and if we provide enough energy via temperature, this molecule will be agitated increasingly by rotation and vibration.

To describe these vibratory movements and the reactions of the molecule, we have to determine its various thermodynamic properties.

We calculated these thermodynamic properties by DFT/B3LYP with 6-31G(d,p), 6-31+G(d,p) and 6-311+G(d,p) basis sets, such as the vibration energy (ZPVE), entropy, heat capacity and rotational constants which are summarized in Table 6.

Table 6. The vibration energy (ZPVE), the rotational constants, entropy and heat capacity of the TrpME molecule determined by DFT/B3LYP

Parameters	B3LYP/ 6-31G(d,p)	B3LYP/ 6-31+G(d,p)	B3LYP/ 6-311+G(d,p)
Zero-point vibrational energy (kcal mol <sup>-1</sup> )	155.439	155.125	154.725
Rotational constant (GHz)	0.909 0.325 0.300	0.909 0.326 0.300	0.893 0.327 0.304
Rotational temperature (K)	0.043 0.015 0.014	0.043 0.015 0.014	0.042 0.015 0.014
Energy (kcal mol <sup>-1</sup> )			
Total	164.809	164.508	164.142
Translational	0.889	0.889	0.889
Rotational	0.889	0.889	0.889
Vibrational	163.031	162.730	162.364
Molecular capacity at constant volume (cal mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )			
Total	56.269	56.368	56.637
Translational	2.981	2.981	2.981
Rotational	2.981	2.981	2.981
Vibrational	50.308	50.406	50.675
Entropy (cal mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )			
Total	127.005	127.434	126.588
Translational	42.043	42.043	42.043
Rotational	32.558	32.554	32.557
Vibrational	52.405	52.838	51.988

The most important value of ZPVE (155.439 kcal mol<sup>-1</sup>) is obtained by B3LYP/6-31G(d,p), whereas B3LYP/6-311+G(d,p) gives the lowest value (154.725 kcal mol<sup>-1</sup>). On the bases of the vibrational analysis, we followed the evolution of certain thermodynamic functions for instance the entropy (S), the thermal capacity (C) and the enthalpy (H) of the TrpME molecule, that depend on the temperature (Table 7). The results obtained show that these thermodynamic functions increase with the increasing of the temperature from 100 to 500K, since the vibrational intensity of the molecule is proportional to the temperature [22].

Table 7. The thermodynamic properties of TrpME measured at different temperatures by HF and DFT/B3LYP

	HF/6-31G(d,p)			DFT/B3LYP/6-31G(d,p)		
	S (cal/mol K)	C (cal/mol K)	H (kcal/mol)	S (cal/mol K)	C (cal/mol K)	H (kcal/mol)
100	80.301	22.089	168.042	85.118	23.528	156.847
200	101.657	37.120	171.209	107.732	39.608	160.202
300	120.408	52.615	175.886	127.796	56.688	165.208
400	138.283	68.294	182.136	146.999	73.370	171.923
500	155.524	82.450	189.889	165.414	87.804	180.203

The correlation equations of the heat capacity, enthalpy and entropy with temperature are given in the form of quadratic equations. These equations as well as its adjustment factors calculated by HF/6-31G(d,p) and DFT/B3LYP/6-31G(d,p), are the following:

For HF/6-31G(d,p)

$$C = 6.161 + 15.86T - 0.111T^2 \quad R^2 = 0.999$$

$$H = 166.4 + 0.857T + 0.767T^2 \quad R^2 = 1.000$$

$$S = 58.56 + 22.61T - 0.650T^2 \quad R^2 = 0.999$$

For DFT/B3LYP/6-31G(d,p)

$$C = 5.660 + 17.81 T - 0.263 T^2 \quad R^2 = 0.999$$

$$H = 155.1 + 0.889 T + 0.825 T^2 \quad R^2 = 1.000$$

$$S = 62.02 + 23.95 T - 0.661 T^2 \quad R^2 = 0.999$$

The graphic correlations of these parameters with temperature have been given in Fig. 10 (a and b).

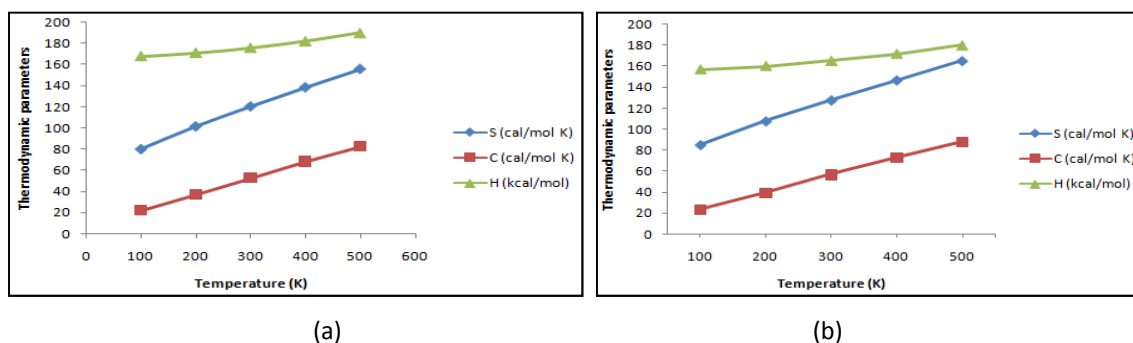


Fig. 10. The graphic correlation of the thermodynamic properties of TrpME at different temperatures calculated by (a): HF/6-31G(d,p) and (b): DFT/B3LYP/6-31G(d,p).

### 3.7 ANALYSIS OF UV SPECTRA

The analysis of Ultraviolet spectra was studied by theoretical and experimental calculation in addition the functional theory of density independent of time TD-DFT [23] is widely used as a powerful tool to determine the static and dynamic properties of molecules.

Through using this method, we studied the excited states of the TrpME in its optimized geometry, and we compared the values of the wavelengths, as well as the shape of the spectrum found in its gas state with the results obtained in methanol solution. These spectra are shown in Fig. 11.

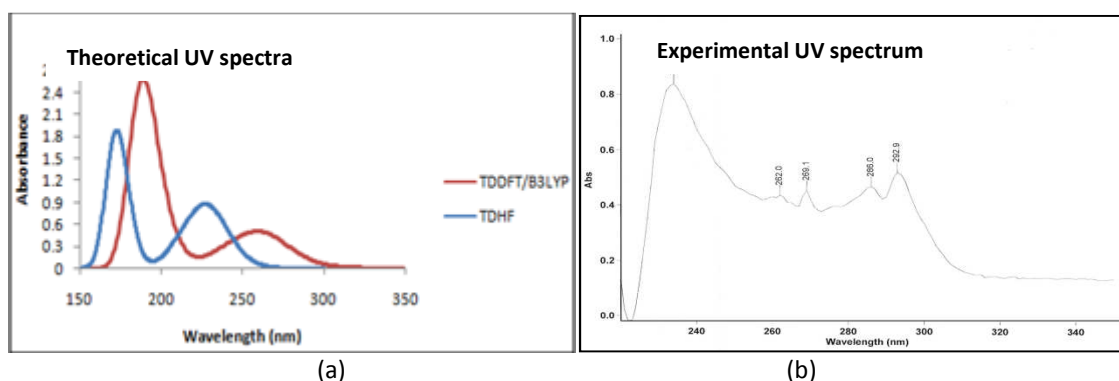


Fig. 11. (a) Experimental and (b) theoretical UV spectra of TrpME

The results for the excitation energy, absorption wavelengths and the oscillation strengths (f) of this molecule are summarized in Table 8.

Table 8. The wavelengths  $\lambda$ (nm), the excitation energy and the vibration strengths ( $f$ ) of TrpME calculated by TD-HF and TD-DFT.

Experimental		Theoretical							
Methanol		TDHF				TDDFT			
$\lambda$ (nm)	Abs	Gaz phase							
$\lambda$ (nm)	Abs	$\lambda$ (nm)	E(ev)	f	contribution	$\lambda$ (nm)	E(ev)	f	contribution
292.9	0.5	229.31	5.406	0.1930	H -> L+1	390.03	3.178	0.0016	H-1 -> L
286	0.45	215.46	5.754	0.0005	H-4 -> L H-5 -> L	383.09	3.236	0.0014	H -> L
269.1	0.43	211.93	5.850	0.0683	H-1 -> L+1 H -> L+2	303.97	4.078	0.0013	H-2 -> L
262	0.42	184.93	6.704	0.0007	H-2 -> L	266.31	4.655	0.0005	H-4 -> L H-3 -> L
234	0.82	180.80	6.857	0.0127	H -> L	262.93	4.715	0.1092	H -> L+1
		172.58	7.018	0.4577	H -> L+2 H-3 -> L+1	254.56	4.870	0.0004	H-1 -> L+1
						242.35	5.116	0.0018	H-3 -> L H-4 -> L
						238.57	5.197	0.0488	H-2 -> L+1 H -> L+2

HOMO (H) ; LUMO (L)

The UV spectrum of this compound has two interesting experimentally absorption bands, one at a wavelength  $\lambda = 234$  nm and the other at a wavelength  $\lambda = 292$  nm. Theoretically with TDDFT method and with 6-31G(d,p) basis set, we found the following absorption bands;  $\lambda = 238.57$ nm,  $\lambda = 262.93$ nm,  $\lambda = 266.31$ nm and  $\lambda = 303.97$ nm, this difference in values is due to the state of TrpME. In fact, we studied this molecule in two completely different states and we found the following interesting results: The energies of the HOMO and LUMO frontier orbitals, calculated in Table 3, have a great importance that enable to explain the electrical and optical properties of the molecules and to explain the UV spectra [24].

The absorption band at 238nm (theoretical value) due to the  $\pi$ - $\pi^*$  transition (from the ground state to the first excited state), is mainly attributed to the HOMO-2 -> LUMO+1 (56%) or HOMO -> LUMO+2 (36%) transitions. Whereas the 266nm band corresponds to the HOMO-4 -> LUMO (65%) transition.

### 3.8 INFRARED SPECTROSCOPY

The observed vibrational assignments [11] and analysis of TrpME are discussed in terms of fundamental bands and combination IR bands. The harmonic vibrational frequencies calculated for this molecule using ab-initio HF/6-31G(d,p), and DFT B3LYP/6-31G(d,p), BPW91/6-31G(d,p) and SVWN5/6-31G(d,p) methods along with their absolute and relative intensities have been summarized in table 9. The observed and calculated FT-IR spectrum of TrpME molecule is shown in Fig. 12.

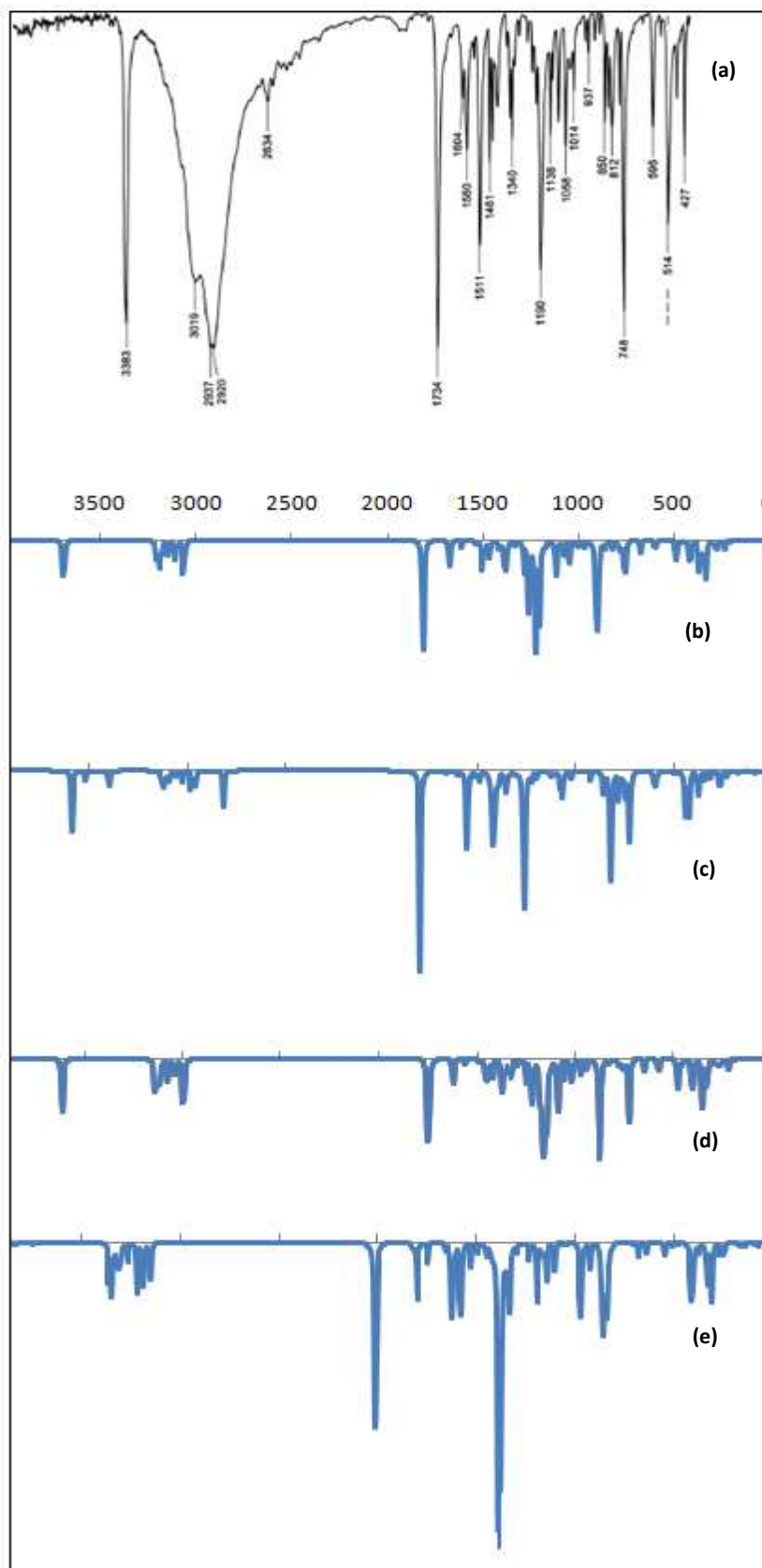


Fig. 12. Observed and theoretical FT-IR spectrum of TrpME (a) observed, (b) B3LYP/6-31G(d,p), (c) SVWN5/6-31G(d,p), (d) BPW91/6-31G(d,p) et (e) HF/6-31G(d,p).

The heteroaromatic structure shows the presence of C-H stretching vibrations in the region 3100-2900  $\text{cm}^{-1}$ , which is characteristic region for the ready identification of C-H stretching vibrations and particularly the regions 3200-3100  $\text{cm}^{-1}$  for asymmetric stretching and 3100-2950  $\text{cm}^{-1}$  for symmetric stretching modes of vibration [25]. In the FT-IR spectrum of TrpME, two medium bands at 3076 and 3055  $\text{cm}^{-1}$  are assigned to C-H stretching vibrations. The first band belongs to symmetric and the other asymmetric C-H stretching bands. The most discrepancy between the calculated and experimental C-H stretching mode for the first band is about 26  $\text{cm}^{-1}$  at B3LYP/6-31G(d,p), while it is about 45  $\text{cm}^{-1}$  at HF/6-31G(d,p) for the second band.

The C-H methyl group stretching vibrations are highly localized and generally observed in the range 3000–2800  $\text{cm}^{-1}$  [26,27]. In the present investigation, the bands found at 2980  $\text{cm}^{-1}$  in BPW91/6-31G(d,p) and 2990  $\text{cm}^{-1}$  in SVWN5/6-31G(d,p) are assigned  $\text{CH}_3$  stretching vibrations.

In the present study for the TrpME was found the experimental C=O stretching vibration at 1734  $\text{cm}^{-1}$  which is closer than the calculated frequencies obtained for HF/6-31G(d,p) method, presenting the value of 1750  $\text{cm}^{-1}$

The C-N stretching vibrations occur in the region 1382–1266  $\text{cm}^{-1}$  [28] for aromatic amines. In benzamide, the band observed at 1368  $\text{cm}^{-1}$  is assigned to the C-N stretching vibration [29]. In the present study, the C-N stretching vibration is assigned at 1100  $\text{cm}^{-1}$  of the title molecule at B3LYP/6-31G(d,p) level.

**Table 9. Comparison of the calculated and experimental FT-IR vibrational spectra of TrpME by B3LYP/6-31G(d,p), BPW91/6-31G(d,p), SVWN5/6-31G(d,p) and HF/6-31G(d,p) methods.**

Modes	FT-IR	HF	B3LYP	SVWN5	BPW91	Assignments
v 1	3380	3400	3700	3500	3600	v(NH) Indole
v 2	3159	3250	3180	3150	3140	v(NH), $\text{NH}_2$
v 3	3117	3150	3110	3120	3100	v(CH) pyrrole
v 4	3076;3055	3100	3050	3030	3050	v(CH) benzene
v 5	3014;2965;2935	-	-	2980	2990	v(CH), $\text{CH}_2$
v 6	2882	-	-	2830	-	v(NH), $\text{NH}_2$
v 7	1734	1750	1800	1800	1750	v(C=O)
v 9	1606	1610	1620	1610	1615	BR str
v 10	1567	1580	1530	1570	1550	$\delta_{\text{as}}(\text{NH}_2)$ , BR str
v 11	1496	1480	1500	1460	1450	$\delta_{\text{s}}(\text{NH}_2)$
v 12	1422	1430	1450	1420	1420	$\delta(\text{CH}_2)$
v 13	1411	1400	1420	1400	1410	vs(COO <sup>-</sup> )
v 14	1306	1320	1350	1360	1320	$\delta(\text{CH})$
v 15	1146;1130;1115;1095	1150	1170	1090	1150	$\rho(\text{NH}_2)$ , $\delta(\text{NH})$ , Indole
v 16	1072;1058;1050	1090	1100	1030	1040	v(C-N)
v 17	1016	-	1030	990	1010	$\beta(\text{CH})$ , Indole
v 18	877	850	900	840	890	$\rho(\text{CH}_2)$
v 19	748	720	750	720	740	$\gamma(\text{CH})$ , Indole
v 20	521	540	550	590	570	$\gamma(\text{NH})$ , Indole

*s* – symmetric, *as* – asymmetric, *v* – stretching,  $\delta$  – deformation,  $\beta$  – in-plane,  $\gamma$  – out of plane,  $\rho$  – rocking, BR – benzene ring.

### 3.9 MOLECULAR ELECTROSTATIC POTENTIAL

To determine the sites and the reactivity for electrophilic attack, we calculated the molecular electrostatic potential (MEP) of TrpME with the method DFT/B3LYP and 6-31G(d,p) and 6-311+G(d,p) basis sets.

The values of the electrostatic potential of the molecule are represented by different colors, in which the negative region is marked by red color, and the positive region is identified by the blue color. These two regions are respectively linked to nucleophilic and electrophilic reactivities, and presented in Fig. 13.

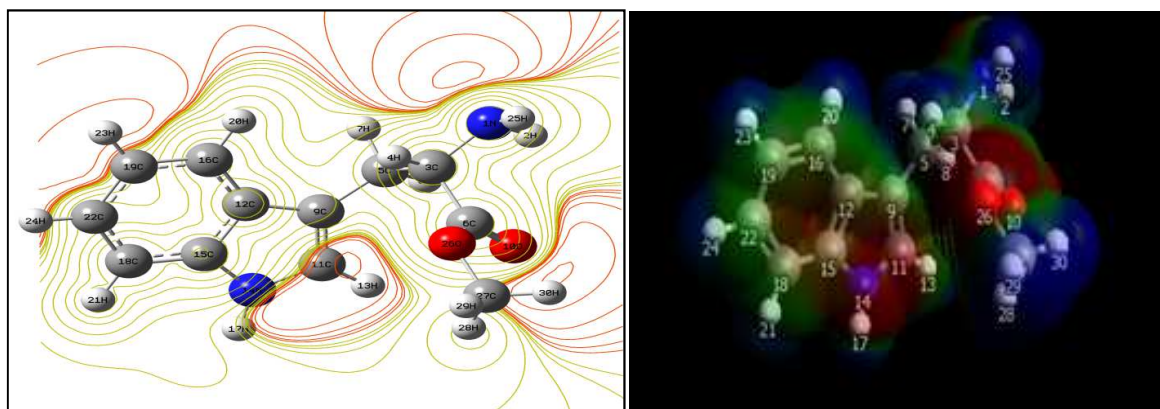


Fig. 13. The surface mapped with electrostatic potential of TrpME

We can readily observe, the region shown by the red color that is concentrated on the two oxygen atoms, while the blue region surrounds the hydrogen atoms. The most negative region is given by the functional B3LYP/6-311+G(d,p), and mainly localized on the nitrogen atom N<sub>1</sub> (-1.558 u.a) of the amino group, and on the carbonyl oxygen atom (Table 10).

Table 10. The electrostatic potential and the charge atomic of TrpME calculated by DFT/B3LYP with 6-31G(d,p) and 6-311+G(d,p) basis sets

Atom	DFT/B3LYP/6-31G(d,p)		DFT/B3LYP/6-311+G(d,p)	
	Charge	Electrostaticpotential (a.u.)	Charge	Electrostaticpotential (a.u.)
N <sub>1</sub>	-1.379	-18.412	-1.558	-18.396
H <sub>2</sub>	0.574	-1.056	0.639	-1.052
C <sub>3</sub>	0.589	-14.681	0.746	-14.670
H <sub>4</sub>	0.006	-1.101	-0.016	-1.092
C <sub>5</sub>	-0.247	-14.730	-0.235	-14.721
C <sub>6</sub>	0.546	-14.586	0.533	-14.577
H <sub>7</sub>	0.107	-1.111	0.104	-1.104
H <sub>8</sub>	0.085	-1.117	0.079	-1.111
C <sub>9</sub>	-0.083	-14.763	-0.146	-14.751
O <sub>10</sub>	-0.497	-22.309	-0.533	-22.294
C <sub>11</sub>	-0.131	-14.720	-0.097	-14.711
C <sub>12</sub>	-0.078	-14.781	-0.059	-14.770
H <sub>13</sub>	0.159	-1.084	0.166	-1.078
N <sub>14</sub>	-0.477	-18.312	-0.599	-18.301
C <sub>15</sub>	0.376	-14.739	0.522	-14.728
C <sub>16</sub>	-0.049	-14.761	-0.110	-14.750
H <sub>17</sub>	0.364	-1.004	0.393	-1.003
C <sub>18</sub>	-0.379	-14.758	-0.463	-14.748
C <sub>19</sub>	-0.227	-14.774	-0.233	-14.764
H <sub>20</sub>	-0.009	-1.121	0.001	-1.114
H <sub>21</sub>	0.150	-1.115	0.169	-1.109
C <sub>22</sub>	-0.059	-14.763	-0.049	-14.753
H <sub>23</sub>	0.109	-1.135	0.113	-1.129
H <sub>24</sub>	0.110	-1.128	0.115	-1.122
H <sub>25</sub>	0.410	-1.092	0.443	-1.087
O <sub>26</sub>	-0.026	-22.266	-0.030	-22.253
C <sub>27</sub>	-0.236	-14.710	-0.225	-14.705
H <sub>28</sub>	0.104	-1.119	0.101	-1.115
H <sub>29</sub>	0.096	-1.118	0.082	-1.114
H <sub>30</sub>	0.092	-1.123	0.083	-1.118

The maximum values of the positive region are at the level of the carbonyl carbon atom C<sub>6</sub> 0.533 u.a (calculated by the same basis), and on the C<sub>3</sub> atom attached to the nitrogen atom of the amino group that indicate a possible site for nucleophilic attack.

The MEP map presented in Fig. 13, clearly shows that the sites of the negative potential are located on the most electronegative atoms, while the positive potential sites are located around the carbon of the carbonyl carbon atom.

#### 4 CONCLUSION

Through this survey, we tried to study the molecule of TrpME in its gaseous state by the calculation of its thermodynamic, electronic and orbitals properties, using B3LYP with 6-31G(d,p), 6-31+G(d,p) and 6-311+G(d,p) basis sets.

The complete vibrational assignments and analysis of this molecule have been carried out from the FT-IR spectrum. The equilibrium geometries of the most stable conformers were found and analyzed at DFT/B3LYP/6-31G(d,p) level of theory. The electronic distribution and the intramolecular transfer charge of this molecule are also audited by the calculation of the polarizability and dipole moment.

The study of the molecular electrostatic potential shows that both amino and carbonyl groups of TrpME, which present the negative region, are the most favorable for nucleophilic attack, and that the negative potential sites are located on the most electronegative atoms.

The results of the excitation energy and the absorption wavelengths, obtained by the analysis of UV spectra, show that the electronic absorption corresponding to  $\pi$ - $\pi^*$  transition is attributed mainly to the transition HOMO-2 to LUMO+1, and confirm that the TDDFT method is a powerful tool to study the static and dynamic properties of molecules.

#### REFERENCES

- [1] A. Brack and F. Raulin, L'évolution chimique et les origines de la vie, Masson, Paris, 1991.
- [2] M. A. Scotto, S. Antonczac, J. H. Bredehöft, S. V. Hoffmann and U. J. "Meierhenrich, Chiroptical Properties of Amino Acids: A Density Functional Theory Study," *Symmetry* 2, vol. 2, pp. 935-949, 2010.
- [3] M. J. Friedman, "Chemistry nutrition and microbiology of D-amino acids," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 47, pp. 3457-3479, 1999.
- [4] R. Rosset, M. Caude, A. Jardy, Chromatographies en Phases liquide et Supercritique, Masson, Paris, 1991.
- [5] S. Walrand, C. Guillet, J. Salles, N. Tardif, A. C. Maurin, P. Fafournoux, N. Cano and Y. Boirie, "Acides aminés et signalisation cellulaire," *Nutrition Clinique et Métabolisme*, vol. 22, pp. 161-167, 2008.
- [6] J. R. Lakowicz, Principales of Fluorescence Spectroscopy, Kluwer Academic/ Plenum Publishers, New York, 1999.
- [7] E. Gindensperger, A. Haegy, C. Daniel and R. J. Marquardt, "Ab initio Study of the Electronic Singlet Excited-State Properties of Tryptophan in the Gas Phase: The Role of Alanyl Side-Chain Conformations," *The Journal of Chemical Physics*, vol. 374, pp. 104-110, 2010.
- [8] A. Ajdarzadeh, C. Consani, O. Bram, A. Tortschanoff, A. Cannizzo and M. Chergui, "Ultraviolet transient absorption, transient grating and photon echo studies of aqueous tryptophan," *The Journal of Chemical Physics*, vol. 422, pp. 47-52, 2013.
- [9] P. Leyton, J. Brunet, V. Silva, C. Paipa, M. V. Castillo and S. A. Brandan, "An experimental and theoretical study of l-tryptophan in an aqueous solution, combining two-layered ONIOM and SCRF calculations," *Spectrochimica Acta part A*, 2012, vol 88, pp. 162-170, 2012.
- [10] C. J. Duarte, R. A. Cormanich, "H-1 NMR and theoretical studies on the conformational equilibrium of tryptophan methyl ester," *Journal of Molecular Structure*, vol. 1050, pp. 174-179, 2013.
- [11] V. V. Ghazaryan, M. Fleck and A. M. Petrosyan, "L-Tryptophan L-tryptophanium chloride," *Spectrochimica Acta A.*, 2015, 136, 743-750.
- [12] A. D. Becke, "Density functional thermochemistry. III. The role of exact exchange," *The Journal of Chemical Physics*, vol. 98, pp. 5648-5652, 1993.
- [13] M. J. Frisch, G. W. Trucks, H. B. Schlegel, G. E. Scuseria, M. A. Robb, J. R. Cheeseman, G. Scalmani, V. Barone, B. Mennucci, G. A. Petersson, H. Nakatsuji, M. Caricato, X. Li, H. P. Hratchian, A. F. Izmaylov, J. Bloino, G. Zheng, J. L. Sonnenberg, M. Hada, M. Ehara, K. Toyota, R. Fukuda, J. Hasegawa, M. Ishida, T. Nakajima, Y. Honda, O. Kitao, H. Nakai, T. Vreven, J. A. Montgomery, Jr., J. E. Peralta, F. Ogliaro, M. Bearpark, J. J. Heyd, E. Brothers, K. N. Kudin, V. N. Staroverov, R. Kobayashi, J. Normand, K. Raghavachari, A. Rendell, J. C. Burant, S. S. Iyengar, J. Tomasi, M. Cossi, N. Rega, J. M. Millam, M. Klene, J. E. Knox, J. B. Cross, V. Bakken, C. Adamo, J. Jaramillo, R. Gomperts, R. E. Stratmann, O. Yazyev, A. J. Austin, R. Cammi, C. Pomelli, J. W. Ochterski, R. L. Martin, K. Morokuma, V. G. Zakrzewski, G. A. Voth, P.

- Salvador, J. J. Dannenberg, S. Dapprich, A. D. Daniels, Ö. Farkas, J. B. Foresman, J. V. Ortiz, J. Cioslowski, and D. J. Fox, Gaussian 2009, Revision A. 02 Gaussian Inc, Wallingford CT, 2009.
- [14] C. Lee, W. Yang and R. G Parr, "Development of the Colle-Salvetti correlation energy formula into a functional of the electron density," *Physical Review B*, vol. 37, pp. 785-789, 1988.
- [15] J. P. Perdew, K. Burke and Y. Wang, "Generalized gradient approximation for the exchange-correlation hole of a many-electron system," *Physical Review B*, vol. 54, pp. 16533-16539, 1996.
- [16] S. H. Vosko, L. Wilk and M. Nusair, "Accurate spin-dependent electron liquid correlation energies for local spin density calculations: a critical analysis," *The Canadian Journal of Physics*, vol. 58, pp. 1200-1211, 1980.
- [17] A. Frisch, A. B. Nielson and A. J. Holder, GAUSSVIEW User Manual, Gaussian Inc, Pittsburgh PA, 2000.
- [18] A. Frisch, A. B. Nielson and A. J. Holder, GAUSSVIEW User Manual, Gaussian Inc, Pittsburgh PA, 2009.
- [19] P. Senthil Kumar, K. Vasudevan, A. Prakasam, M. Geetha and P. M. Anbarasan, "Quantum chemistry calculations of 3-Phenoxyphthalonitrile dye sensitizer for solar cells, *Spectrochimica Acta part A*, vol. 77, pp. 45-50, 2010.
- [20] I. Sidir, Y. G. Sidir, M. Kumalar and E. Tasal, "Ab initio Hartree-Fock and density functional theory investigations on the conformational stability, molecular structure and vibrational spectra of 7-acetoxy-6-(2,3-dibromopropyl)-4,8-dimethylcoumarin molecule," *Journal of Molecular Structure*, vol. 964, pp. 134-151, 2010.
- [21] D. Sajan, J. Hubert, V. S. Jayakumar and J. Zaleski, "Structural and electronic contributions to hyperpolarizability in methyl p-hydroxy benzoate," *Journal of Molecular Structure*, vol. 785, pp. 43-53, 2006.
- [22] J. Bevan Ott and J. Boerio-goates, Calculations from Statistical Thermodynamics, Academic Press, 2000.
- [23] A. Dreuw and M. Head-Gordon, "Single-reference ab initio methods for the calculation of excited states of large molecules," *Chemical Reviews*, vol. 105, pp. 4009-4037, 2005.
- [24] I. Fleming, Frontier Orbitals and Organic Chemical Reactions, John Wiley, London, 1976.
- [25] G. Varsanyi, Assignments for Vibrational spectra of Seven Hundred Benzene derivatives, vol 1 and 2, Academic Kiado, Budapest, 1973.
- [26] F. R. Dollish, W. G. Fateley and F. F. Bentley, Characteristic Raman Frequencies on Organic Compounds, John Wiley, New York, 1997.
- [27] R. M. Silverstein, R. M. Clayton Bassler and T. C. Morrill, Spectroscopic Identification of Organic Compounds, John Wiley, New York, 1991.
- [28] N. Sundaraganesan, J. Karpagam, S. Sebastian and J. P. Cornard, "The spectroscopic (FTIR, FT-IR gas phase and FT-Raman), first order hyperpolarizabilities, NMR analysis of 2,4-dichloroaniline by ab initio HF and density functional methods," *Spectrochimica Acta part A*, vol. 73, pp. 11-19, 2009.
- [29] R. Shunmugam and D. N. Sathyanarayana, "Raman and polarized infrared spectra of pyridine-2-thione," *Spectrochimica Acta part A*, vol. 40, pp. 757-761, 1984.

دراسة بعض الصفات الفيزيائية والكيميائية لنهر الحسينية / محافظة كربلاء المقدسة - العراق

[ A study of some Physical and Chemical characteristics of the Al-Hussainya river in Holy Karbala governorate – Iraq ]

Hadeel Mohammed Thabit

Biology Department,  
University of Karbala, College of Education for Pure Science,  
Karbala, Iraq

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

**ABSTRACT:** A study conducted on Al- Hossainiya river in holy Karbala governorate. Three sites located on this river were selected for this study to measure the Physical and Chemical properties to maintain the river's water specifications and evaluate water quality for the period between January and December of 2014. The study recorded some results: The temperature of air and water which is directly proportional ranged 14-33 C° and 5-34 C° respectively. The lowest value of pH (6.6) was in June and the highest value (7.7) was in December. The total soluble solids materials ranged (929-619) mg/L, Electrical conductivity recorded the highest value (1354 µs/cm) in September and the lowest value (674 µs/cm) during February. Dissolved oxygen ranged (5.6 to 4.11 mg/L) and the river was considered a good ventilated. Furthermore, the results showed that the river water tend to be light alkaline with values of (147-100 mg/l) and also it was classified as hard water by recording the highest value (512 mg CaCO<sub>3</sub>/L) in January and the lowest value (325 mg CaCO<sub>3</sub>/L) in October. (122-64.06), (33.8-55.2) mg CaCO<sub>3</sub>/L for calcium and magnesium were recorded respectively. (from 3.1 to 7.4) µg/l for nitrate values. While the phosphates values were not felt in most of the sites.(134-349) mg/l for sulphates recorded the highest values during May and the lowest value during the first of December. The calculated standards have been within the permissible limit values universally for potable water specifications.

**KEYWORDS:** River, running water, the aquatic environment, pollution, community health.

**ملخص:** اجريت الدراسة على نهر الحسينية في محافظة كربلاء أختيرت ثلاث مواقع على نهر الحسينية لغرض تحليل بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للنهر للمحافظة على مواصفات مياه النهر وتقييم نوعية المياه للفترة بين ( كانون الثاني 2014 ولغاية كانون الأول 2014 ) شملت الدراسة بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية كقياس درجة الحرارة (للجو والماء) والتي تناسبت طرديا إذ تراوحت بين ( 5 - 34 ) م° للجو , ( 14 - 33 ) م° للماء ، سجلت أدنى قيمة للأس الهيدروجيني 6.6 خلال حزيران وأعلى قيمة خلال كانون الأول 7.7 ، أما المواد الصلبة الذائبة الكلية فتراوحت قيمها بين ( 619 - 929 ) ملغم/ لتر سجلت التوصيلية الكهربائية أعلى قيمة (1354 مايكروسمنز/سم) خلال أيلول وأقل قيمة (674 مايكروسمنز/سم) خلال شباط تراوحت قيم الأوكسجين الذائب بين (6.5 - 11.4) ملغم/لتر واعتبر النهر ذات تهوية جيدة أظهرت النتائج إن مياه النهر تميل نحو القاعدية الخفيفة وتراوحت قيمها بين ( 100 - 147 ) ملغم / لتر وصنفت مياه النهر على انها عسرة إذ سجلت أعلى القيم (512 ملغم/CaCO<sub>3</sub>/لتر) خلال كانون الثاني وأدنى القيم (325 ملغم CaCO<sub>3</sub>/لتر) خلال تشرين الأول سجلت قيم الكالسيوم والمغنسيوم (122- 64.06) (33.8-55.2) ملغم CaCO<sub>3</sub>/لتر على التوالي . تراوحت قيم النترايت بين (1.3 - 4.7) مايكروغرام /لتر ، أما الفوسفات فكانت قيمها غير محسوسة في معظم المواقع. تراوحت قيم الكبريتات بين (134-349) ملغم/لتر إذ سجلت أعلى القيم خلال أيار أما أقل قيمة فسجلت خلال كانون الأول . كانت قيم المعايير المدروسة ضمن الحدود المسموح بها عالميا بالنسبة لمواصفات المياه الصالحة للشرب

كلمات دلالية: نهر , مياه جارئة , البيئة المائية , التلوث , صحة المجتمع .

## المقدمة

يعتبر نهر الحسينية في مدينة كربلاء المقدسة من الأنهر الرئيسية المتفرعة من نهر الفرات والذي يروي مساحات واسعة في المناطق الزراعية وكذلك يعتبر المصدر الرئيسي لمياه الشرب في محافظة كربلاء , لذلك ارتئنا لتقييم نوعية مياه النهر من خلال دراسة بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للنهر ولفرض التقليل من الخروقات التي تسببت في زيادة الملوثات المطروحة سواء من عمليات البزل من الاراضي الزراعية المحاذية أو بالإضافة الى الفضلات المطروحة من المناطق السكنية القريبة . تعتبر الدراسات التي أجريت حول نهر الحسينية قليلة جدا ولا تعطي المعلومات الكافية عن التغيرات الشهرية للعوامل البيئية وتأثيرها في النهر مقارنة بالدراسات العديدة التي أجريت حول الأنهر العراقية في الآونة الأخيرة (Hassan and Shaawiat 2015 ; Hassan et al., 2015)

نلاحظ من خلال الدراسات السابقة وجود مشكلات عديدة تواجه البيئات المائية كوجود مشكلة التلوث بالمواد الكيماوية والفيزيائية والبكتريولوجية بحدود فاقت المعايير الرسمية التي وضعتها الدولة العراقية بسبب رمي مخلفات المصانع في الأنهار ( صبري وسلطان , 2001) ، فضلا على ما تسببه عملية تصريف مياه البزل الملوثة بالمواد الكيميائية والمبيدات المستخدمة في رش الاراضي الزراعة الموجودة حول مياه الانهار وقد تزايدت الملوثات المطروحة الى الانهار نتيجة لزيادة المجتمعات السكانية و استخدامها للمياه في مجالات مختلفة (كاظم , 2005) , وكذلك هنالك مشكلات متعلقة بقلة الامطار الحاصلة في الفترات الحالية وأرتفاع درجات الحرارة كل هذه التغيرات المناخية السلبية تشكل خطرا إنساني وبيئيا كبيرا على البيئة المائية والكائنات الحية التي تعيش فيها . وبالرغم من وجود هذه المشاكل لكن نلاحظ وجود العديد من الدراسات التي أجريت على نهر الفرات التي تناولت العوامل البيئية ومدى تأثيرها بمختلف الملوثات في نهر الفرات في وسط العراق منها دراسة (سلمان , 2006) التي اهتمت بتنوع الهائمات النباتية في شط الحلة , ودراسة ( Hassan et al., 2007) التي اهتمت بدراسة الطحالب الملصقة على النبات في نهر الفرات ودراسة (سلمان وجماعته, 2008) التي اهتمت بدراسة الصفات الفيزيائية والكيميائية لنهر العباسية و (الزرفي وجماعته , 2010) التي درست بعض الصفات الفيزيائية والكيميائية لمياه نهر الكوفة , وايضا دراسة (كاظم , 2010) التي شملت دراسة بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية وتأثيرها في تنوع الطحالب الملصقة على الطين Epipellic algae في نهر العباسية / ناحية الكوفة .

## المواد وطرائق العمل

## 1- منطقة الدراسة :-

يعد نهر الحسينية من الموارد المائية المهمة التي تغذي مدينة كربلاء المقدسة , ويعتبر النهر احد تفرعات نهر الفرات من الجانب الايمن يبلغ طول النهر حوالي 27 كم يروي النهر مساحة 18600 دونم من الاراضي الزراعية ويبدأ جريانه بعد تفرعه من نهر الفرات ويمر بناحية الحسينية وناحية الحر ومركز مدينة كربلاء حيث يعد النهر المصدر الوحيد الذي تعتمد عليه مدينة كربلاء باستخداماتها كمصدر لمياه الشرب وللإستخدامات الأخرى , تم اختيار ثلاث مواقع على طول النهر لمعرفة التغيرات التي تحصل بالنسبة للعوامل الفيزيائية والكيميائية على امتداد النهر .

## • الموقع الأول :

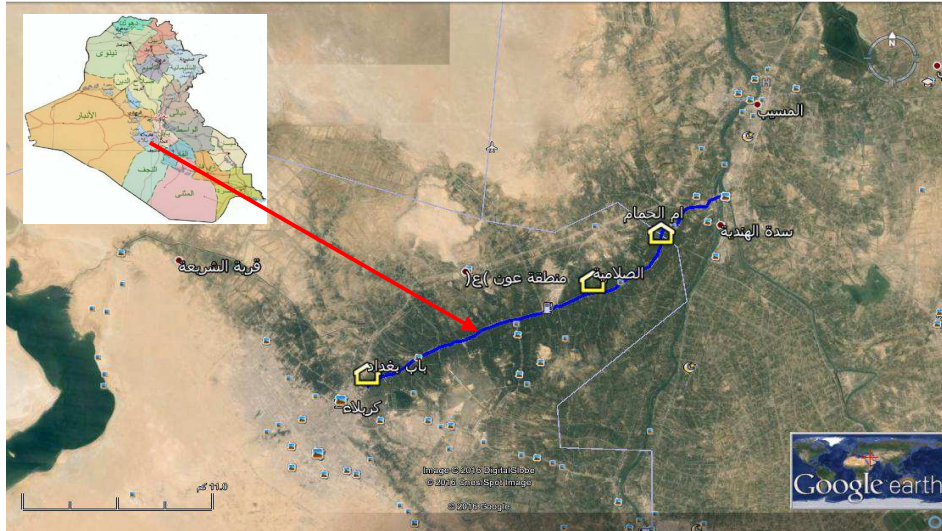
منطقة باب بغداد ويقع تقريبا في مركز مدينة كربلاء ويمتاز بكونه مبطن وكذلك انخفاض منسوب الماء مقارنة مع المواقع الأخرى وتقع بالقرب منه محطة لتصفية الماء بالإضافة الى وجود العديد من المباني السكنية .

## • الموقع الثاني :

يقع الموقع الثاني في منطقة الصلامية والذي يمتاز بكونه مبطن حيث يبعد حوالي 10 كيلومتر عن الموقع الأول كما يتصف الموقع بكونه واقف وسط اراضي زراعية ويمتاز بوجود مباني سكنية على جانبيه ويمتاز بانخفاض منسوب المياه .

## • الموقع الثالث :

يقع في منطقة ام الحمام ويقع على بعد مسافة 4 كيلومتر عن الموقع الثاني ويمتاز بوجود محطة لتصفية الماء على أحد جانبيه ومعمل لصناعة الخزانات البلاستيكية ويمتاز بكونه مبطن وعريض وأرتفاع منسوب المياه فيه مقارنة بالمواقع الأخرى كما يقع هذا الموقع ضمن مناطق زراعية.



شكل (1) يمثل مواقع الدراسة على نهر الحسينية في محافظة كربلاء المقدسة

## 2- جمع العينات

تم جمع العينات من مواقع الدراسة شهرياً للمدة من تشرين الاول 2014 ولغاية كانون الثاني 2014 حيث جمعت العينات باستخدام عيوات بلاستيكية سعة 1 لتر بواقع ثلاث مكررات للعينية الواحدة من المواقع المدروسة .

## 3- الفحوصات الفيزيائية والكيميائية :-

شملت قياس درجة حرارة الماء والهواء في الحقل مباشرة وبأستخدام المحرار الاعتيادي , تم قياس قيمة الاس الهيدروجيني في الحقل مباشرة باستخدام جهاز pH-meter نوع - HI 9811-portupol صنع شركة HANNA وكذلك قيست المواد الذائبة الكلية والتوصيلية الكهربائية بنفس الجهاز وعبر عنها ب مايكرو سيمنز/ سم , أتبعت طريقة تحوير الازايد Azide Modification APHA(2003) لقياس الأوكسجين المذاب كما قيست كل من العسرة الكلية وعسرة الكالسيوم والمغنيسيوم والقاعدية طبقاً الى الطريقة الموضحة من قبل Lind(1979) . تم قياس الكبريتات باستخدام طريقة الكدرة الموضحة في طريقة APHA(2003) , أما بالنسبة للمغذيات النباتية أتبعت الطريقة الموضحة من قبل Parsons et al.,(1984) لقياس تركيز النترات والفسفات الفعالة .

## التحليل الإحصائي Statistical Analysis

تم تحليل النتائج أحصائياً باستخدام تحليل التباين Analysis of variance (ANOVA) وفق النظام الأحصائي (SPSS. Ve.20) . واستخدم الانحراف القياسي ( Standard deviation ) ومعامل الارتباط ( r ) والمعدل والمدى في الدراسة الحالية .

## النتائج والمناقشة

تتضمن درجة الحرارة العديد من التأثيرات الأساسية المباشرة وغير المباشرة على توازن الأنظمة البيئية المائية وذوبان الغازات وأبض الأحياء Lind(1979) سجلت قيم درجات الحرارة ارتفاعاً في أشهر الصيف وانخفاضاً في أشهر الشتاء وهذا مطابق للنمط الحراري المعروف في العراق والذي يُعدُّ ظاهرة اعتيادية حيث يعتمد على الموقع الجغرافي للمنطقة والمناخ القاري الذي تتميز به (عبد الجبار واحمد , 2010) ولم تسجل فروق واضحة بين محطات الدراسة , كما سجل ارتباط معنوي موجب بين درجتي حرارتي الهواء والماء ( جدول 1 , شكل 2 , 3 )  $(r = 0.769, r = 0.789, P < 0.01)$  على التوالي .

يعد الأس الهيدروجيني واحداً من أهم الخصائص البيئية التي تؤثر على بقاء وأيض وفسلجة ونمو الاحياء المائية المختلفة Lawson(2011) وتتأثر قيمة الأس الهيدروجيني بتحلل المواد العضوية مما يؤدي إلى طرح ثنائي اوكسيد الكربون الذي يتناسب عكسياً مع الأس الهيدروجيني Wetzal(1983) لوحظ ان مدى التغير في درجة الاس الهيدروجيني كان قليلاً وقد يعود ذلك الى نوع وتركيب العناصر الطينية في المناطق التي يجري فيها النهر وكذلك نتيجة اضافة الكربونات والبيكاربونات الى المياه ( Durmishi et al., 2008 ) تراوحت قيم الأس الهيدروجيني بين ( 6.6 - 7.7 ) حيث سجلت أعلى قيمة أثناء كانون الأول في الموقع الثالث وقد يعزى ذلك إلى التأثير بطبيعة المنطقة أو تعزى إلى تأثير العوامل البايولوجية حيث لها دور كبير في التحكم بقيمة pH في عامود الماء فمثلاً الطحالب والنباتات المائية تزيد من قيمة pH بفعل القيام بعملية البناء الضوئي والتي تؤدي إلى استهلاك CO2 (Thampson et al., 2003) أما الانخفاض الطفيف في قيم الأس الهيدروجيني أثناء شهري أيار وحزيران في أغلب المحطات ربما يعود إلى تحلل بعض النباتات المائية والهائمات النباتية والمواد العضوية وإنتاج غاز ثنائي اوكسيد الكربون الذائب (الزبيدي , 1985) , ( جدول 1, شكل 4 ) لم تسجل فروق واضحة بين المحطات ولكن سجلت الفروق بين أشهر الدراسة ومن خلال التحليل الأحصائي نلاحظ وجود ارتباط معنوي موجب بين الأس الهيدروجيني وعسرة المغنيسيوم  $(r = 0.592, p < 0.01)$  والنترات  $(r = 0.528, p < 0.01)$  .

تعد التوصيلية الكهربائية تعبير عددي عن الايونات الموجبة والسالبة في المياه وتشير إلى قدرة المحاليل المائية على حمل التيار وتعتمد هذه القدرة على وجود الايونات الموجبة والسالبة وتركيزها الكلي Abida and Harikrishna, (2008). سجلت أعلى قيمة للتوصيلية الكهربائية 1378 (مايكروسمنز/سم) في الموقع الثاني في شهر شباط وقد يعزى الارتفاع في القيم إلى سقوط الأمطار وغسل التربة وجرفها مما يزيد كمية الأملاح الذائبة (البساري , 2012) أما أقل قيمة فسجلت في تموز وبلغت 922 (مايكروسمنز /سم) ربما يعود سبب الانخفاض إلى قلة المغذيات بسب استخدامها من قبل الهائمات التي تزدهر في فصل الصيف (الحمداوي , 2009) , ( جدول 1, شكل 5 ) وعموماً فقد سجلت نتائج التحليل الأحصائي فروق واضحة بين الأشهر ولم تسجل فروق بين المحطات المدروسة بين نتائج التحليل الأحصائي وجود ارتباط معنوي موجب بين التوصيلية الكهربائية والمواد الصلبة الذائبة الصلبة  $(r = 0.994, p < 0.01)$  إذ أن التغيرات في كمية المواد الصلبة الذائبة

الكلية في المياه يؤثر في قيم التوصيلية الكهربائية لكون العلاقة طردية بينهما (Moore et al., 2008 ; Abowei et al., 2010 ) وايضا ارتباط موجب مع الأوكسجين المذاب (  $r=0.595, p<0.01$  ) كما سجلت فروقات معنوية سالبة بين التوصيلية الكهربائية ودرجات الحرارة (  $r=-0.767, p<0.01$  ) وهذا ماكدته الدراسة الحالية حيث لوحظ انخفاض قيم التوصيلية الكهربائية بارتفاع درجات الحرارة وارتفاع قيمها بانخفاض درجات الحرارة.

تتكون المواد الصلبة الذائبة الكلية في الماء نتيجة ذوبان المركبات المنتجة لايونات العناصر السالبة والموجبة (WHO,1997) سجلت أعلى قيمة 929 ملغم/لتر أثناء كانون الثاني في الموقع الثاني (جدول 1، شكل 6) وهذا يعود إلى زيادة معدلات سرعة الجريان أثناء الشتاء وبسبب تساقط الأمطار الذي يؤدي إلى زيادة العكارة (Al-Seedi and Al-Aubody 2011; سلمان وجماعته, 2013) أما أدنى قيمة 619.33 ملغم/لتر أثناء حزيران في الموقع الثالث ربما يعزى إلى نمو الهائمات النباتية والنباتات المائية بشكل كثيف في هذه المواقع والذي يعمل كمرشح للمواد العالقة الصلبة الذائبة وترسيبها فيما بعد على قيعان المسطح المائي Mitsch (2000) and Gosselink , سجلت نتائج التحليل الاحصائي فروق معنوي موجب بين المواد الصلبة الذائبة والتوصيلية الكهربائية (  $r=0.994$  ) تحت مستوى احتمالية (  $p<0.01$  ) .

يعد الأوكسجين المذاب من أهم القياسات المستخدمة لتحديد نوعية المياه (Maiti, 2004) كما وهناك العديد من العوامل التي تتحكم بارتفاع قيم الأوكسجين الذائب في الماء مثل سرعة التيار وكثافة النباتات المائية ( Sharma et al., 2010 ) تراوحت قيم الأوكسجين المذاب بين ( 6.5-11.4 ) ملغم/لتر ( جدول 1 , شكل 7 ) سجلت أعلى قيمة في شهر اذار في الموقع الثاني بينما كانت أدنى قيمة في الموقع الأول أثناء ايلول وقد يعزى الارتفاع في قيم الأوكسجين المذاب إلى انخفاض درجات الحرارة التي تزيد من ذوبان الغازات او يعود نتيجة إلى الخلط الجيد بين طبقات المياه (الغانمي, 2003) أما الانخفاض فقد يعزى ذلك إلى ارتفاع درجات الحرارة الذي يؤدي إلى زيادة نشاط الأحياء الدقيقة في عمليات تحلل المواد العضوية مما يؤدي إلى زيادة استهلاك الأوكسجين (عبد الأمير, 2013) وهذا ماكدته نتائج التحليل الاحصائي إذ لوحظ وجود ارتباط معنوي سالب بين الأوكسجين ودرجة حرارة الهواء والماء (  $r=-0.767, r=-0.649, p<0.01$  ) على التوالي

تعرف القاعدية على انها دالة لمحتوى المياه من الهيدروكسيدات والكاربونات والبيكاربونات يتم قياسها لمعرفة نوعية المياه ومدى صلاحيتها لأغراض مختلفة , يتراوح المعدل المتوقع للقاعدية الكلية للمياه الطبيعية من -200- 20 ملغم/لتر (APHA, 1958) أظهرت نتائج الدراسة أن مياه النهر كانت ذات قاعدية خفيفة وهذا ما أشارت إليها الدراسات السابقة إذ أن القاعدية صفة شائعة في المياه العراقية لتوفر أملاح البيكاربونات في المياه (السعدي, 2006) , تراوحت قيم القاعدية بين (100-147 ملغم CaCO<sub>3</sub>/لتر) كانت أعلى قيمة مسجلة خلال نيسان في الموقع الأول وقد يعود سبب الزيادة إلى زيادة معدلات التحلل للمواد العضوية ومن ثم زيادة تحول كاربونات الكالسيوم إلى بيكاربونات (حسن وجماعته, 2005) أما أدنى قيمة فسجلت خلال تشرين الاول في الموقع الثالث (جدول 1، شكل 8) لم تسجل نتائج التحليل الاحصائي فروق بين المحطات ولكن سجلت فروق بين الأشهر , كما لوحظ وجود علاقة موجبة بين القاعدية مع المغنيسيوم (  $r=0.52, P<0.05$  ) وقد يعود ذلك إلى ترسب المغنيسيوم على شكل كبريتات المغنيسيوم .

تعد العسرة الكلية مؤشراً جيداً على وجود بعض المواد الذائبة في الماء مثل كاربونات الكالسيوم والمغنيسيوم التي تمثل النسب الشائعة منها (Wurts and Masser (2004) تراوحت قيم العسرة بين ( 287-521 ) . (جدول 1، شكل 9) صنفت مياه النهر على أنها عسرة جدا بحسب تصنيف (Spellman, 2008) حيث تجاوزت قيم العسرة الكلية (300 ملغم CaCO<sub>3</sub>/لتر)، وبينت الدراسة أن قيم العسرة الكلية أعلى بكثير من قيم القاعدية الكلية ما يدل على وجود أيونات أخرى بالإضافة إلى الكالسيوم والمغنيسيوم والتي قد تؤثر على العسرة الكلية (Lind, 1979) كما أشارت النتائج الدراسة الحالية إلى ارتفاع العسرة الكلية خلال شهر كانون الثاني في الموقع الثاني , وربما يعزى ذلك إلى هطول الأمطار الحاروية على ثنائي اوكسيد الكاربون وأذابتها لأملاح التربة المسببة للعسرة (Willoughby,1976) كما يعزى انخفاض العسرة أثناء الصيف إلى استهلاك الكاربون من قبل الأحياء التي تقوم بعملية البناء الضوئي (Hussein and Al-Manshed, 2000) .

تعتمد كميات الكالسيوم في المياه الطبيعية على نوعية التربة أو المناطق التي يمر فيها النهر خاصة وأن نهر الفرات يحمل كميات كبيرة من الكالسيوم وذلك لمروره بمناطق ذات ترب طباشيرية غنية بكاربونات الكالسيوم اضافة الى تحلل اجسام الكائنات الحية التي تصيف كميات من الكالسيوم (Wurts & Masser (2004) سجلت الدراسة الحالية اعلى قيمة للكالسيوم (122.06 ملغم CaCO<sub>3</sub>/لتر) خلال كانون الأول في الموقع الثاني وقد يعود ارتفاع قيم الكالسيوم الى غسل الترب بمياه الامطار كما ان للمخلفات الصناعية والزراعية دور في زيادة تراكيز الكالسيوم (الصراف, 2006) أما أقل قيمة فكانت (64.06 ملغم CaCO<sub>3</sub>/لتر) في الموقع الأول خلال تموز. وسجلت نتائج التحليل الاحصائي وجود علاقة موجبة للكالسيوم مع التوصيلية الكهربائية والمواد العالقة الذائبة (  $r=0.791, r=0.787, P<0.05$  ) , يلاحظ في الدراسة الحالية تفوق تراكيز الكالسيوم على تراكيز المغنيسيوم في كافة المواقع ولأغلب أشهر السنة وهذا جاء مطابق للعديد من الدراسات المحلية (Hassan et al., 2015) وقد يعود الى تفاعل غاز ثاني اوكسيد الكاربون مع الكالسيوم أكثر من تفاعله مع المغنيسيوم وبالتالي فإن كميات من الكالسيوم تتحول إلى بيكاربونات ذائبة (سلمان, 2006) .

سجل أيون المغنيسيوم أعلى قيمة (55.26 ملغم CaCO<sub>3</sub>/لتر) في الموقع الأول خلال كانون الأول وأقل قيمة (33.8) في الموقع الثاني أثناء تموز وقد يعود هذا الانخفاض إلى استهلاكه من قبل الهائمات النباتية (الزبيدي, 2012) سجلت نتائج التحليل الاحصائي علاقة موجبة للمغنيسيوم مع الأس الهيدروجيني (  $r=0.592, P<0.01$  ) وقد سجلت فروق بين أشهر الدراسة بالنسبة للعسرة الكلية وعسرة المغنيسيوم والكالسيوم ولكن لم تسجل فروق بين المحطات (جدول 1، شكل 10, 11).

يوجد الكبريت في المياه الطبيعية بأعلى درجات التأكسد مكونا مركب مستقر مع الأوكسجين يعرف بايونات الكبريتات السالبة SO<sub>4</sub>-2 (Faust and Aly, 1981) , سجلت أعلى قيمة للكبريتات 349 (ملغم/لتر) في الموقع الثاني , أما أنى قيمة فكانت 134 (ملغم/لتر) في الموقع الأول خلال كانون الأول (جدول 1، شكل 12). وربما يعزى إلى انخفاض محتوى الأملاح الذائبة , كما لوحظ أن القيم كانت أعلى مما سجل في دراسات أخرى (الفتلاوي 2011 والنصراوي, 2014) على نهر الفرات وقد يعود إلى عمليات أكسدة المواد العضوية (Davies et al., 2009) .

يعد الفسفور أحد المغذيات الرئيسية المهمة إذ يمثل عنصراً وسطاً في عمليات أيض الطاقة لكل الكائنات الحية (Schulze et al., 2005) ولكن وجوده في المياه بكميات كبيرة يعتبر غير مرغوب فيه لكونه يؤدي إلى حدوث ظاهرة الإثراء الغذائي والتي تجعل المياه غير ملائمة للحياة المائية (Adedokun et al., 2008) كانت اغلب القيم بالنسبة للفسفور غير محسوسة ولمعظم أشهر السنة (جدول 1، شكل 13) . حيث يتواجد الفسفور عادةً بتراكيز واطنة في المياه الطبيعية (Shehata and Bader, 2010) حيث سجلت اعلى قيمة 0.7 أثناء تموز وقد يعزى ذلك إلى مرور النهر بمناطق زراعية وتعرضه لإضافة الأسمدة الفوسفاتية (Davies et al., 2009) .

يعد النتروجين بأشكاله المختلفة مثل النتريت والنترات والامونيا ومختلف الأشكال العضوية من العناصر الأكثر تأثيراً في الأنظمة البيئية المائية (Ambasht and Ambasht, 2008) فهو يساهم في نمو الكائنات الحية والذي تحصل عليه من قبل النباتات أثناء نموها (WHO, 1997) سجلت أعلى قيم للنترات أثناء تشرين الثاني 4.7 مايكروغرام / لتر قد يعود الى المحتوى العالي للأوكسجين لمياه النهر والتهوية الجيدة للنهر الذي يساعد في أكسدة النتريت الى نترات (كاظم

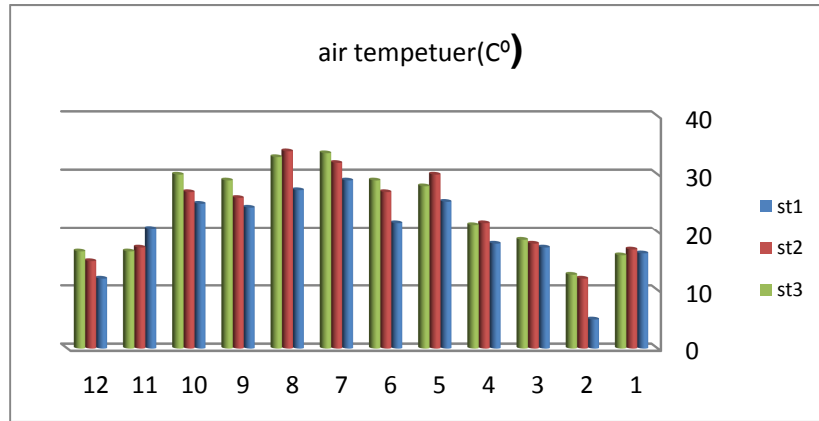
( 2005 ) ولوحظ انخفاض تركيز النتترات في الموقع الثاني اثناء تشرين الأول (جدول 1, شكل 14) . ربما يرجع ذلك الى وجود الهائمات النباتية لهذا الشهر واستهلاكها للنتترات من الوسط المائي (Islam and Menders 1976) . لم تسجل نتائج التحليل الاحصائي فروق بين المحطات ولكن سجلت فروق بين الاشهر كما سجلت علاقة سالبة مع درجة حرارة الهواء والماء على التوالي (  $r=-0.0586, r=-0.0605, p<0.05$  ).

### شكر وتنويه:

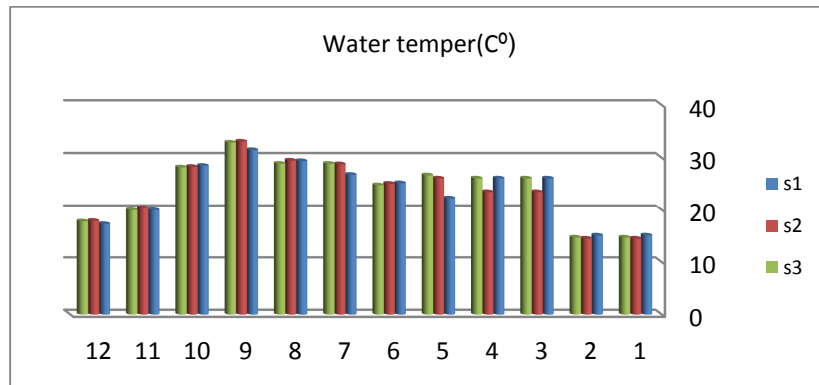
أتقدم بالشكر الجزيل والامتنان الى مديرية بيئة محافظة كربلاء والمختبرات التابعة لهم باجراء البحث واجراء الفحوصات وتقديم التسهيلات اللازمة .

**جدول (1) التغيرات في العوامل البيئية لنهر الحسينية خلال المدة من كانون الثاني 2014- كانون الأول 2014 السطر الأول [المدى] والسطر الثاني [المعدل  $\pm$  (الانحراف القياسي)]**

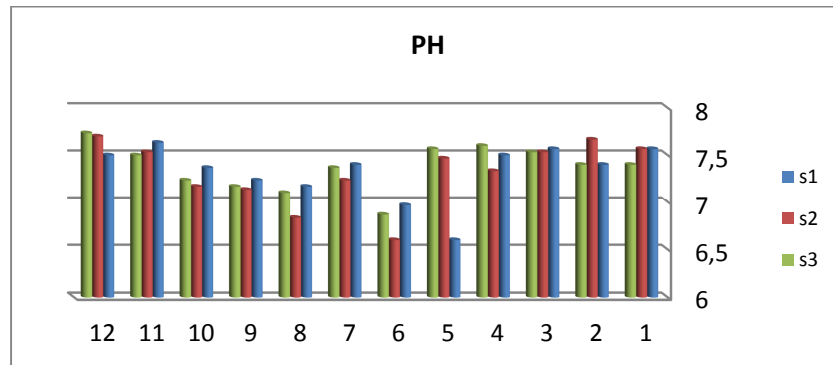
St.3	St.2	St.1	المواقع العوامل البيئية
32.9 - 14.7 (5.7) $\pm$ 24.1	33.1-14.5 (5.7) $\pm$ 23.7	31.5 - 15.1 (5.4) $\pm$ 23.4	درجة حرارة الماء م°
33 - 12 5.7 $\pm$ 23.7	34 -12 5.7 $\pm$ 24.1	29 - 5 5.4 $\pm$ 23.4	درجة حرارة الهواء م°
6.8 $\pm$ 7.7 7.4 $\pm$ 26.	6.6 $\pm$ 7.7 7.3 $\pm$ 34.	6.6 $\pm$ 7.6 7.3 $\pm$ 32.	الأس الهيدروجيني
1333 $\pm$ 925 146.3 $\pm$ 1159	1378 $\pm$ 922 153.4 $\pm$ 1172	929-1320 147.9 $\pm$ 1155	التوصيلية الكهربائية(مايكروسيمنز/سم)
885 $\pm$ 619 92.7 $\pm$ 771	929 $\pm$ 623 105.8 $\pm$ 779	887 $\pm$ 623 98.6 $\pm$ 774	المواد الصلبة الذائبة الكلية (ملغم/ لتر)
9 $\pm$ 6.9 .67 $\pm$ 8.2	11.4 $\pm$ 6.5 1.4 $\pm$ 8.7	9.6 $\pm$ 6.5 .81 $\pm$ 8.28	الأوكسجين المذاب (ملغم / لتر)
131 $\pm$ 100 9.4 $\pm$ 117.5	141 $\pm$ 107 10.6 $\pm$ 112	147 $\pm$ 104 13.7 $\pm$ 122.7	القاعدية الكلية (ملغم/ CaCo <sub>3</sub> / لتر)
468 $\pm$ 287 51.6 $\pm$ 391.6	521 $\pm$ 294 65.2 $\pm$ 388.9	506 $\pm$ 325 51 $\pm$ 386.5	العسرة الكلية (ملغم /CaCo <sub>3</sub> / لتر)
116.8 $\pm$ 65.8 16.5 $\pm$ 90	122 $\pm$ 65.07 17.1 $\pm$ 90.3	110 $\pm$ 64.04 13.5 $\pm$ 85.05	الكالسيوم (ملغم / لتر )
52.8 $\pm$ 36.1 6 $\pm$ 43.3	54.7 $\pm$ 33.8 7.4 $\pm$ 44.2	55 $\pm$ 34.7 7.0 $\pm$ 45.4	المغنسيوم (ملغم / لتر )
318 $\pm$ 221 33.2 $\pm$ 266	349 $\pm$ 225 38.9 $\pm$ 275	316 $\pm$ 134 41.9 $\pm$ 246	الكبريتات ( ملغم / لتر )
0.5 $\pm$ N.D .26 $\pm$ 0.14	0.7 $\pm$ N.D .29 $\pm$ 0.13	0.5 $\pm$ N.D .26 $\pm$ 0.13	الفوسفات الفعالة (مايكروغرام /لتر )
4 $\pm$ 1.6 .77 $\pm$ 2.77	4.7 $\pm$ 1.3 .81 $\pm$ 2.76	3.9 $\pm$ 1.7 .71 $\pm$ 2.6	النتترات الفعالة (مايكروغرام / لتر)



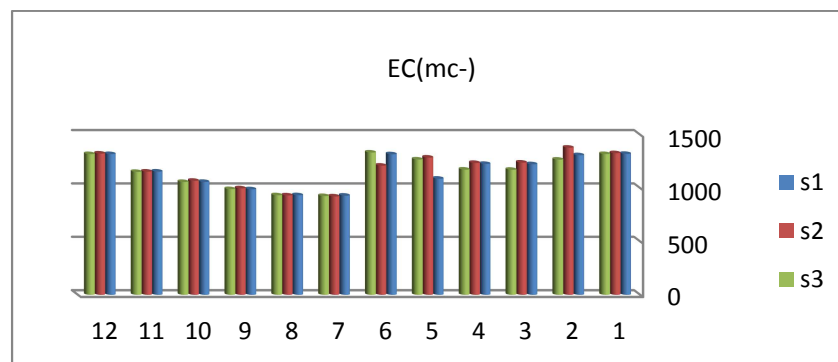
شكل (2) التغيرات الشهرية في قيم درجة حرارة الهواء



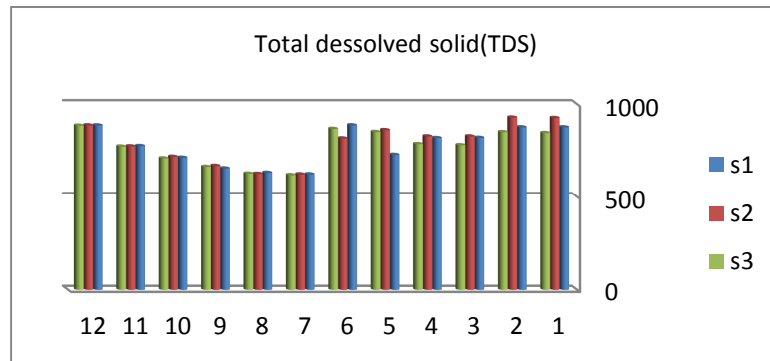
شكل (3) التغيرات الشهرية في قيم درجة حرارة الماء



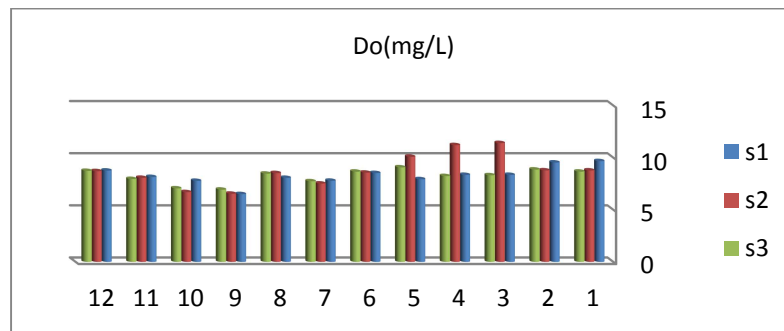
شكل (4) التغيرات الشهرية في قيم الأس الهيدروجيني



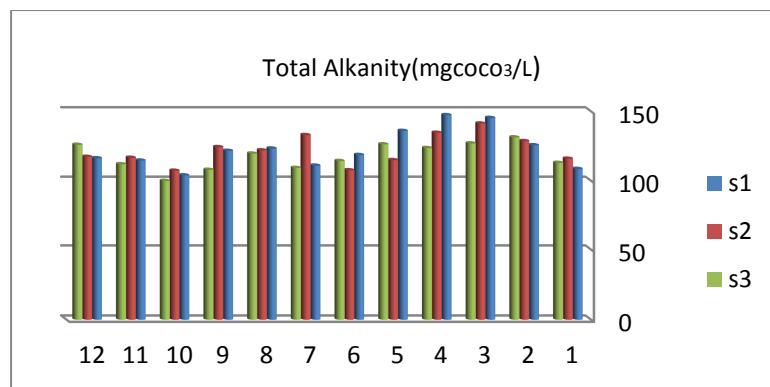
شكل (5) التغيرات الشهرية في قيم التوصيلية الكهربائية



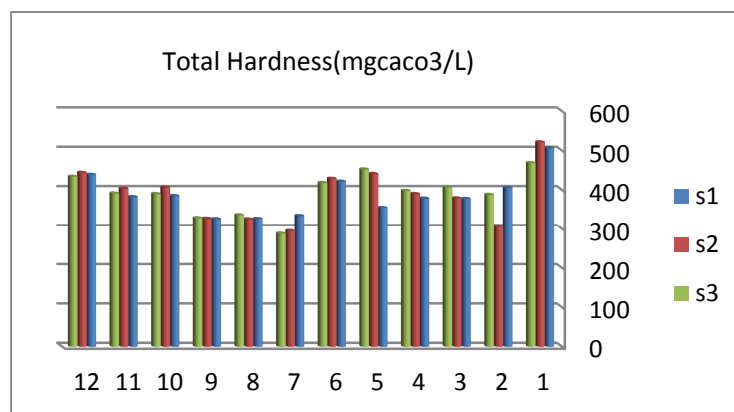
شكل (6) التغيرات الشهرية في قيم المواد الصلبة الذائبة الكلية



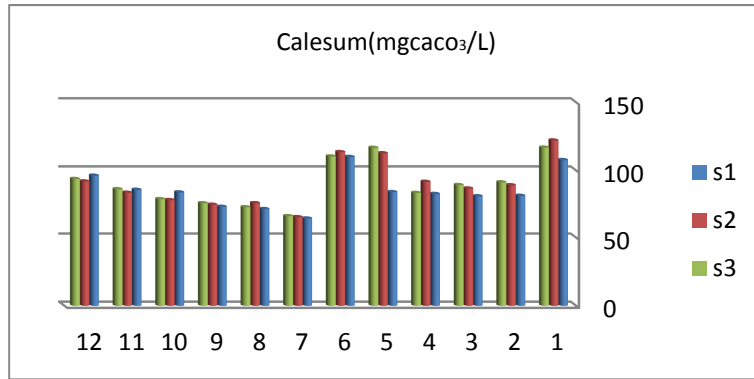
شكل (7) التغيرات الشهرية في قيم الأوكسجين المذاب



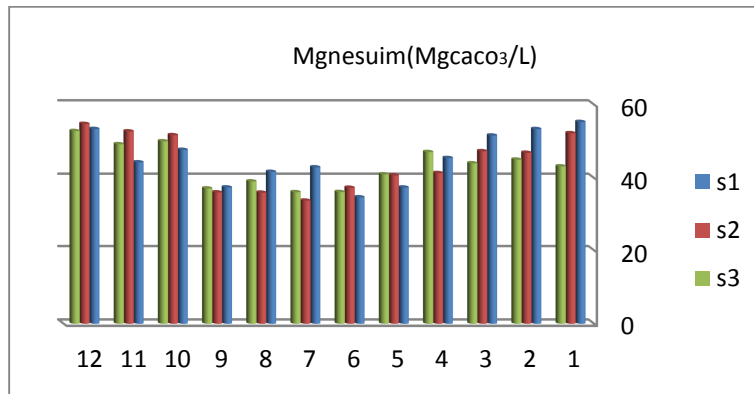
شكل (8) التغيرات الشهرية في قيم القاعدية الكلية



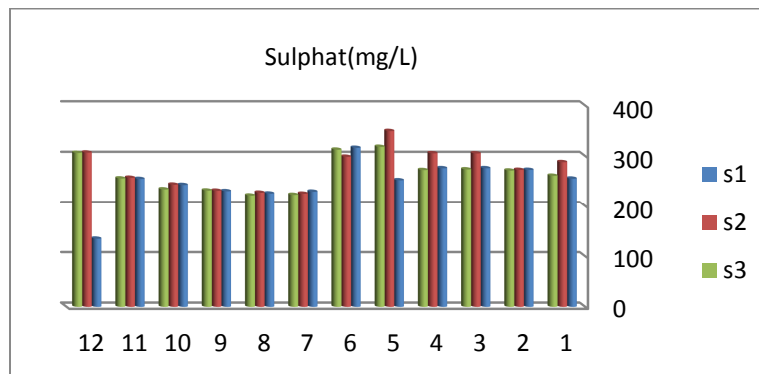
شكل (9) التغيرات الشهرية في قيم العسرة الكلية



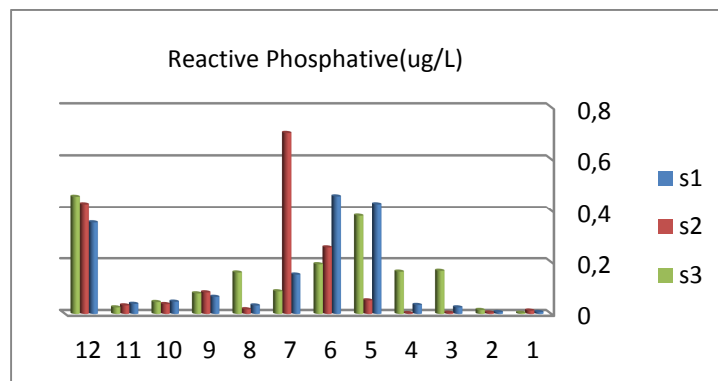
شكل (10) التغيرات الشهرية في قيم الكالسيوم



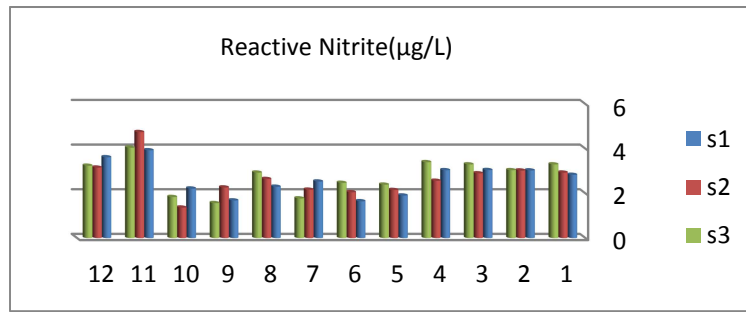
شكل (11) التغيرات الشهرية في قيم المغنسيوم



شكل (12) التغيرات الشهرية في قيم الكبريتات



شكل (13) التغيرات الشهرية في قيم الفوسفات



شكل (14) التغيرات الشهرية في قيم النترات

## المراجع العربية

- حسن، فكرت مجيد، محمد جواد صالح، حمودي عباس حميد (2005). تقدير بعض العناصر الثقيلة في المياه القادمة لشركة الفرات العامة-العراق وتأثيراتها. مجلة ابحاث البيئة والتنمية (8):1.
- الحمداوي، علي عبد شعوات (2009). الإنتاجية الأولية في نهر الدغارة. رسالة ماجستير-كلية التربية، جامعة القادسية.
- الزبيدي، ختام عباس مرهون (2012). تأثير مخلفات معمل نسيج الديوانية على نوعية مياه ورواسب نهر الديوانية - العراق. رسالة ماجستير. كلية العلوم-جامعة القادسية.
- الزرقي، صادق كاظم لفته ومحمد، عبد العظيم كاظم وشهيد، عبد الله ابراهيم (2010). دراسة بعض الصفات الفيزيائية والكيميائية لمياه نهر الكوفة. مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية، 18 (4): 1394-1411.
- السعدي، حسين علي. (2006). اساسيات علم البيئة والتلوث، دار البازوردي - عمان/الاردن.
- السلطاني، ضرغام علي عباس (2011). دراسة التراكم الحيوي لبعض العناصر النزرة في عضلات ثلاثة أنواع من الاسماك وعلاقتها بتغيرات العوامل البيئية في نهر الفرات/وسط العراق. رسالة ماجستير، كلية العلوم-جامعة بابل.
- سلمان، جاسم محمد وحسن، بتول محمد وعبيد، زينب فاضل عباس وعبد العباس، أماني مؤيد وفارس، علاء (2013). دراسة بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيكتريولوجية لمياه نهر اليهودية في محافظة بابل-العراق. مجلة جامعة بابل عدد خاص /وقائع مؤتمر الدولي الخامس للعلوم البيئية: 61-81.
- سلمان، جاسم محمد (2006). دراسة بيئية للتلوث المحتمل في نهر الفرات بين سدة الهندية ومنطقة الكوفة، العراق. أطروحة دكتوراه. قسم علوم الحياة. كلية العلوم، جامعة بابل.
- سلمان، جاسم محمد ولفته، صادق كاظم وجواد، حسن جميل (2008). دراسة لمنولوجية على نهر العباسية-العراق. مجلة القادسية للعلوم الصرفة، 3 (1): 48-53.
- صبري، أنمار وهبي ويونس، محمد حسن وسلطان، حسن هندي. (2001). "التلوث البكتيري في نهر الفرات"، مجلة أبحاث البيئة والتنمية المستدامة، المجلد (1): 31-32.
- الصراف، منار عبد العزيز عبد الله (2006) - دراسة بيئية تصنيفية للهائمات النباتية في رافدي العظيم ودالي وتأثيرهما في نهر دجلة. أطروحة دكتوراه، قسم علوم الحياة، كلية العلوم للبنات، جامعة بغداد.
- عبد الأمير، سجي حسن (2013). دراسة بيئية للطحالب الملصقة على الطين في نهر دجلة ضمن مدينة بغداد -العراق، رسالة ماجستير. كلية العلوم للبنات /جامعة بغداد-العراق.
- الفتلاوي، حسن جميل جواد (2011). دراسة بيئية ونوعية وكمية للطحالب في نهر الفرات بين قضائي الهندية والمناذرة-العراق. أطروحة دكتوراه، كلية العلوم-جامعة بابل.
- كاظم، نهى فالح (2005). تنوع الطحالب و علاقتها ببعض الصفات الفيزيائية والكيميائية لنهر الحلة. رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة بابل.
- كاظم، نهى فالح. دراسة بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية وتأثيرها في تنوع الطحالب الملصقة على الطين Epipellic algae في نهر العباسية/ناحية الكوفة(2014) مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية، 22(2).
- عبد الجبار، رياض عباس وأحمد، طاووس محمد كامل (2010). الخواص الفيزيائية والكيميائية لثلاث أنظمة مائية مختلفة في محافظة كركوك. المؤتمر العلمي الخامس، كلية العلوم-جامعة بابل (5): 232-242.
- النصراني، سري فاضل حسن، (2014). دراسة بيئية للطحالب الملصقة على الطين في جدول بني حسن/ كربلاء المقدسة، رسالة ماجستير. كلية التربية للعلوم الصرفة /جامعة كربلاء - العراق.
- اليساري، وميض عادل كاظم. (2012). تقييم بيئي لنوعية مياه الشرب في محطتي المحاول والحلة لتصفية المياه في محافظة بابل-العراق. رسالة ماجستير. كلية العلوم. جامعة بابل \ العراق

## REFERENCES

- [1] Abida B. and Harikrishna, (2008). Study on the Quality of water in some streams of Cauvery River, E-Journal of chemistry, 5 (2):377-384.
- [2] Abowei, J.F.N.; Davies O.A. and Eli, A. (2010). Physico-chemistry, morphology and abundance of fin fish of Nkoro River, Niger Delta, Nigeria. Int. J. Pharm. Bios ci, 6(2)
- [3] Adedokun, O. A.; Adeyemo, O. K.; Adeleye, E. and Yusuf, R. K. (2008). Seasonal limnological variation and nutrient load of the river system in Ibadan Metropolis, Nigeria. European J. of Sci. Res., 23(1): 98-108.

- [4] Al- Mousawi , A. H. A. ; Hussien , N. A. and Al- Aarajy (1995) The influence of sewage discharge on the physico – chemical properties of some ecosystem at Basrah city , Iraq . Basrah J. Science , 13 (1) : 135 – 148 .
- [5] Al-Saadi A.H., Kassim T.I., Al-Lami A.A. and Salmon (2000) , Spatial and seasonal variations of Euphrates river. Limnologia Iraq, 30: 83-90
- [6] Al-Seedi, S.N.N and Al-Aubody, F.J.F.(2011). Ecological study on some physical and chemical properties of Al-Gharaf river water in Thi - Qar governorate. College of Education journal, 4(1):44-51
- [7] Ambasht, R. S. and Ambasht, P. K. (2008). Environment and pollution. 4th ed. CBS publishers. New Delhi.
- [8] APHA, American Public Health Association (1985). Standard methods for the examinaion of water and wastewater. 14th ed. New York: 1193 P.
- [9] APHA. American public health Association (2003). Standard Methods for examination of water and waste water, 20th, Ed. Washington DC, USA.
- [10] Davies , A.O; Abowel, J.F.N. and Ontene , B.B.(2009). Seasonal abudance and distribution of plankton of Minichind stream , Niger delta , Nigeria . American J. of scientific research , 20-30 pp.
- [11] Durmishi, B.H.; Ismaili, M.; Shabani, A.; Jusufi, S.; Fejzuli, X.; Kostovska, M. and Abdulji, S.(2008). The physical, physical-chemical and chemical parameters determination of river water Shkumbini (Pena) (part A). Ohrid, Republic of Macedonia, 27(31):1-11
- [12] ecosystems, Iraq, Mesopotamia Environmental Journal, (1)2:46-63
- [13] Faust S.D. and O.M Aly (1981). Chemistry of Natural water; AMN ARBOR science Publishers Inc. the Butter Worth Group. USA.
- [14] Hassan F. M . Alslman.I. M. And Abdulameer. H. M. T. (2015), Qualitative and quantitative study of phytoplankton in lotic
- [15] Hassan F. M.and Shaawiat.A.O.(2015) Qualitative and Quantitative Study of Diatoms in a Lotic Ecosystem, Iraq, International Journal of Aquatic Science,(2)6: 76-92
- [16] Hassan, F.M.; Salah, M.M. & Salman, J.M. (2007). Quantitative and qualitative variability of epiphytic algae on three aquatic plants on Euphrates river, Iraq. J. Aqua., 4 (1): 1-16.
- [17] Hussein, S. A.; Essa, S. A. and Al-Manshed,A. (2000).Limnological investigations to the reaches of Saddam River. Environmental characterisc . Basrah,J.Agric. Sci. 13 (2)
- [18] Islam. N.A.K. and F. Menders (1976). Limnological studies of a jheel in sher-E-Bangla Nagan. Decca. University Studies B, xx iv(2) 63-71.
- [19] Lawson, E.O. (2011). Physico-chemical parameters and heavy metal contents of water from the Mangrove Swamps of Lagos Lagoon, Lagos, Nigeria. Advan. Biol. Res., 5 (1): 08-21.
- [20] Lind, G.T,(1979) . Handbook of common methods i Limnology. 2nd ed., London [20]
- [21] Maiti, S. K. (2004). Handbook of methods in environmental studies, Vol. 1. ABD publisher, India.
- [22] Mitsch, W.J. and Gosselink, J.G. (2000). Wetlands 3rd. ed. John Wiley and Sons, Inc. 920 pp.
- [23] Mohammed , A.B.(2007) . Qualitative and Quantitative studies of some pulycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHS) and limnology of Euphrates river from Al- Hindia Barraje to Al-kifilcity – Iraq .Ph.D.thesis,collage of science ,Babylon Uni,Iraq.
- [24] Moore , R.D. ; Richards , G. and Story , A. (2008).Electrical conductivity as an indicator of water chemistry and hydrologic processes. Streamline Watershed Management Bulletin, 11 (2):25
- [25] Parsons, T.R.; Mait, Y. and Laulli, C.M. (1984). Amanual of chemical and biological methods for seawater analysis pergamon press Oxford.
- [26] Schulze, E.; Beck, E. and Hohenstein, K. (2005). Plant ecology. Springer Berlin, Heidelberg. Germany.
- [27] Shehata, S.A. and Bader, S.A.(2010) . water quality changes in Nile cariar, Egypt. J. of Applied sciences research,6(9):1457-1465.
- [28] Spellman, F.R. (2008). The science of water concepts and applications. 2nded, Taylor and Francis group. Boca Raton, London, New York, 448 p.
- [29] Sharma,S.; Tali, I.; Pir, Z.; Siddique, A. and Mudgal, K. (2012). Evaluation of Physico-chemical parameters of Narmada river, MP, India. Researcher,4(5):13-19.
- [30] Thampson,P.A.;Waite,A.M. and McMahan,k.(2003).Dynamics of cyanobacterial bloom in a hypereutrophic, stratified weir pool.marine and freshwater Research,54(1):27-37.
- [31] Wetzel,R.G.(1983). Limnology. (Saunders Colleges Publishing, Sydney).
- [32] WHO, world health organization (1997). Guidelines for drinking – water quality. Vol. 2. 2ed ed. Amman, Jordan.
- [33] Willoughby, L.G. (1976).Fresh water biology.Hutchinson of London.167 pp.
- [34] Wurts, W.A. and Masser, M.P. (2004). Liming ponds for aquaxulture southern regional Aquaculture center. Publication 4100.

## Dégradation des agroécosystèmes d'exploitation familiale : menace et défi des générations au Sud Kivu

### [ Agroecosystems degradation of family exploitation : Threat and challenge of generations in South Kivu ]

*Bienfait BYENDA MUTUGA*

Unité de Recherche et d'Enseignement en Environnement et Agrosociétés (UREEA),  
Département d'Agronomie Générale, Institut Supérieur d'Etudes Agronomiques et Vétérinaires, Mushweshwe,  
Bukavu, Sud Kivu, RD Congo

---

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

**ABSTRACT:** Due to the agroecosystem deterioration of family exploitation in South Kivu, there is food insecurity and the depletion of natural resources threats present and future generations. This investigation has documented and characterized the family agroecosystems degradation in order to contribute to lasting management of resources for community benefit. The agroecosystems of family exploitation are characterized by complete lands deterioration, fallow land absence, Allan coefficient L inferior to 5, biodiversity loss, marginal lands cultivated, reduction of individual plots for a generation to another and by the production fall that are accentuated by climatic variability and demographic pressure. These are caused anthropogenic activities, inappropriate agriculture application, bad usage of lands and biodiversity and the negligence of family lands final aim. The exploitation regulation, the restoration and lasting management of agroecosystem are the possible ways to improve these inherited properties.

**KEYWORDS:** Agroecosystems, Lands degradation, Heritage, Generation, Resource management, Family exploitation, Food insecurity.

**RESUME:** Au Sud Kivu, face à la dégradation des agroécosystèmes d'exploitation familiale, l'insécurité alimentaire et l'épuisement des ressources naturelles menacent les générations présentes et futures. La présente étude a permis de documenter et caractériser la dégradation des agroécosystèmes familiaux afin de contribuer à la gestion durable des ressources naturelles d'intérêt communautaire. Les agroécosystèmes d'exploitation familiale sont caractérisés par la dégradation complète des sols, l'absence de jachère, le coefficient L d'Allan inférieur à 5, la perte des biodiversités, des terres marginales cultivées, la réduction des surfaces individuelles d'une génération à l'autre et la chute de la production qui sont aggravés par la variabilité climatique et la pression démographique. Ceux-ci sont causés par les activités anthropiques, les pratiques agricoles inappropriées, l'exploitation anarchique des sols et de la biodiversité et la négligence de la finalité des terres familiales. La réglementation de l'exploitation, la restauration et la gestion durables des agroécosystèmes est une alternative pour améliorer ces patrimoines héréditaires.

**MOTS-CLEFS:** Agroécosystèmes, Dégradation des sols, Héritage, Générations, Gestion des ressources, Exploitation familiale, Insécurité alimentaire.

## 1 INTRODUCTION

La pression croissante des populations sur les ressources naturelles, l'inadéquation des pratiques agricoles avec l'agroécologie, la variabilité climatique, la pauvreté des familles rurales, entraînent au fil du temps une dégradation des agroécosystèmes. Ces derniers sont les principales composantes des biens d'héritage dans les familles rurales qui sont pérennisés entre les générations. Ce sont des systèmes complexes dont l'exploitation durable demande un choix judicieux des techniques et pratiques compatibles avec l'agroécologie, la production alimentaire, la promotion de l'environnement, l'amélioration de la vie socioéconomique et la protection des ressources naturelles. Un agroécosystème est considéré non pas comme une simple parcelle cultivée avec une seule espèce, mais comme un ensemble d'espaces cultivés (des parcelles) et non cultivés (des bordures, des haies, des bois, ...), dans lequel interagissent des communautés, ensembles complexes d'êtres vivants pour une finalité de la production agricole [1], [2]. Ce sont des écosystèmes aménagés, exploités et gérés par l'homme pour le maintien et la promotion de la vie. Leur gestion durable a pour finalité, jouer un rôle direct dans la sécurité alimentaire en augmentant la production alimentaire et en préservant les ressources de base.

Avec sa population qui se chiffre en milliards d'habitants, le monde est confronté à trois défis majeurs : assurer durablement une alimentation en quantité et en qualité aux populations, sauvegarder les ressources naturelles, protéger la biodiversité [3]. L'exploitation et la gestion intégrée des agroécosystèmes familiaux que les générations sont destinées à hériter seraient un palliatif à ces défis. Cependant, on peut assister à leur dégradation alarmante dans beaucoup des régions du monde. Le cas des agroécosystèmes d'exploitation familiale au Sud Kivu reste préoccupant. Ce sont les familles rurales qui disposent de la grande partie des terres arables dans la Province du Sud Kivu –les domaines agricoles étatiques et privés ne représentant qu'environ le quart des surfaces emblavées. C'est pourquoi, il est de toute urgence de combattre la dégradation des terres due à l'épuisement des sols, à l'érosion, à la salinisation et à l'engorgement comme [4], [5] le soulignent dans leurs publications. De ce fait, il est important d'envisager la bonne gouvernance environnementale dans la lutte contre la détérioration des sols sur lesquels les familles aménagent des agroécosystèmes.

Dans la province du Sud Kivu, les agroécosystèmes d'exploitation familiale qui sont des patrimoines environnementaux héritables subissent une dégradation systématique et constituent une menace et un défi majeur pour les générations présentes et futures. Cet état des choses engage l'homme dans le péril. Malgré les divers projets de lutte contre la malnutrition qui ont été conduits dans la région depuis des années, l'insécurité alimentaire est toujours croissante dans les familles rurales du Sud Kivu [6], [7] et les sols subissent une dégradation continue. Déjà, le rapport du Fond International pour le Développement Agricole avait souligné que la mince couche de sol qui couvre la majeure partie de la surface terrestre est la clé du bien-être et de la survie de l'homme. Sans elle, il n'y aurait ni plante, ni culture, ni animal, ni forêt, ni être humain. Cependant, 40% environ de cette surface est touchée par la dégradation des sols, avec ses conséquences négatives pour plus d'un milliard de personnes [8]. Cette réalité n'est plus à démontrer dans le contexte de la province du Sud Kivu. Pas de nourriture pour une population nombreuse sur des petits espaces familiaux [9] et les sols agricoles dans les territoires sont de plus en plus pauvre à cause de l'érosion et de la surpopulation [10]. Il est largement connu que la terre agricole est le bien d'héritage que même le paysan le plus pauvre du Sud Kivu peut léguer à sa descendance car lui aussi peut l'avoir reçue ou héritée de ses parents. Dans cette réalité, quelques familles « sans terre » commencent déjà à s'annoncer et leur avenir devient encore plus sombre dans la région. On les appelle « paysans sans terre » dans les territoires d'Idjwi, Kabare et Kalehe.

Dans le milieu rural, à part la terre, les biens qu'un héritier peut obtenir de ses parents sont éphémères et leur gestion est souvent très exigeante et complexe. Les animaux comme les vaches, les chèvres, les poules, ..., sont victimes des pathologies mortelles, de vol, de pillage et sont source des conflits. Le développement durable au niveau d'une province demande de produire beaucoup pour lutter contre l'insécurité alimentaire. Seule la terre peut être exploitée pendant longtemps. De ce fait, il faut exploiter rationnellement et correctement les terres agricoles dont disposent les familles. Ceci met l'homme devant ses responsabilités comme il a été retenue à la conférence de Stockholm en 1972 qu'au niveau international, les principes de base du développement durable : c'est à l'homme qu'incombe la responsabilité de la protection et de l'amélioration de l'environnement pour les générations présentes et futures ; la sauvegarde des ressources naturelles de la Terre doit faire l'objet d'une programmation et d'une gestion appropriées et vigilantes, tandis que la capacité de la Terre à produire des ressources vitales renouvelables doit être conservée et améliorée [11], [12]. Les familles rurales sont tenues responsables du devenir des ressources naturelles de leur milieu. Le langage courant de procréation soutient que les humains mettent au monde et les animaux mettent bas des petits. Dans cette perspective, les hommes devraient doter leurs descendants, des capacités de soumettre la terre, construire un monde viable et vivable, dominer sur tous les autres êtres vivants et non de détruire la terre, support de toute la vie, car le contraire c'est une preuve de mise bas dans l'espèce humaine. La bible soutient également que Dieu, a donné à l'homme la double mission de cultiver et de garder le jardin (Genèse 2 :15 dans la bible, version Louis Second). Donc ceux qui héritent les agroécosystèmes doivent les exploiter, les

améliorer, les protéger et les conserver. Cette mesure doit être élargie aux métayers et aux locataires des agroécosystèmes dans le monde rural. Au Sud Kivu et partout en République Démocratique du Congo, le problème est que l'exploitation des agroécosystèmes familiaux n'est pas réglementée et leur juste valeur est diluée étant donné que les propriétaires ne prennent pas conscience que c'est un patrimoine héritable.

Il faut travailler sur la conscience et le comportement des paysans pour assurer la gestion et l'exploitation durable du sol, base de toute production végétale, dont la dégradation est souvent due aux actions anthropiques. Cependant, les informations relatives à la gestion des agroécosystèmes sont quasi inexistantes dans la littérature scientifique de la région c'est pourquoi cette étude se propose de fournir les premières bases de ce genre d'informations qui sont utiles pour les scientifiques, les décideurs, les familles paysannes et les acteurs de l'environnement. C'est dans cette perspective que l'étude portant sur la dégradation des agroécosystèmes d'exploitation familiale : menace et défi des générations au Sud Kivu a été envisagée pour tenter de répondre à une question double de recherche : Quel est l'état des terres que les parents laissent à leurs successeurs actuellement ; Quelles sont les causes et les conséquences de la dégradation des agroécosystèmes hérissables.

Cette étude, réalisée au sein de l'Unité d'Enseignement et de Recherche en Agroécologie, s'inscrit dans la perspective de la gestion durable des ressources naturelles par la protection et la restauration des agroécosystèmes afin d'assurer la sécurité alimentaire et d'améliorer l'environnement des patrimoines hérissables pour le développement durable. C'est pourquoi spécifiquement cette étude vise à (i) Documenter l'état de lieu de l'exploitation des agroécosystèmes familiaux, le savoir des chefs de ménages et/ou héritiers sur la protection et l'exploitation des champs. (ii) Caractériser les agroécosystèmes d'exploitation familiale, (iii) Inventorier les contraintes de l'exploitation des agroécosystèmes et (iv) Identifier les causes et les conséquences de la dégradation des agroécosystèmes que les familles lèguent à leurs descendants.

Il a été postulé que les agroécosystèmes d'exploitation familiale du Sud Kivu seraient en état de destruction caractérisé par la dégradation des sols et des végétations, le faible rendement qui serait due aux pressions anthropiques sur les ressources, aux techniques culturales inadéquates, accentuées par les perturbations climatiques, les érosions et la pauvreté des familles rurales. Ce qui serait une preuve de pérennisation de l'insécurité alimentaire et les générations futures en seront victimes.

Pour y parvenir, une enquête a été réalisée auprès de 280 ménages dont l'âge de l'héritier/chef de famille interviewé était d'au moins 40 ans et au moins 35 ans de résidence dans le site d'étude avec une expérience d'au moins dix ans d'héritage afin d'avoir une vision holistique sur l'historique des agroécosystèmes exploités par la famille depuis plus de deux décennies. Ainsi, un questionnaire d'enquête a été conçu et administré afin de récolter les données relatives à l'état de lieu de l'exploitation des agroécosystèmes, les contraintes de l'exploitation, les caractéristiques des agroécosystèmes familiaux, les causes de la dégradation des agroécosystèmes et les conséquences sur ceux qui les héritent dans cet état de délabrement.

Cet article n'inclut pas le débat autour des questions relatives à qui peut être héritier et dans quel cas selon la loi ou selon la coutume. Bref concernant ce qui se rapporte au droit de succession. Ici, force est de retenir que quelque soit les formes et les procédures en la matière, le bien à hériter c'est le sol sur lequel les agroécosystèmes sont aménagés depuis des années et qui sont transmis par succession aux descendants. Les résultats de la présente recherche pourront être utilisés par les acteurs de développement, par les dirigeants du pays pour les choix des programmes de gestion de ressources naturelles dans les milieux fortement anthropisés du Sud Kivu, par les scientifiques et spécifiquement par l'Unité de Recherche et d'Enseignement en Environnement et Agrosociétés pour divers thèmes d'investigation.

## 2 CADRE METHODOLOGIQUE

Dans le but d'obtenir une vision holistique de la réalité sur la dégradation des agroécosystèmes d'exploitation familiale qui constitue une menace et un défi des générations au Sud Kivu et des stratégies à entreprendre pour y faire face, la méthodologie utilisée se décline sur trois points ci-après (i) le milieu d'étude qui se résume en une brève présentation de la province du Sud Kivu suivi d'une carte administrative, (ii) le matériel utilisé qui se focalise sur une conception et une administration aux groupes cibles (les chefs des ménages agricoles), d'un questionnaire d'enquête pour recueillir les informations relatives à la dégradation des agroécosystèmes d'exploitation familiale au Sud Kivu, (iii) En fin, la méthode utilisée pour traiter et analyser les données obtenues. Cette étude est du type descriptif et analytique pour laquelle les données ont été récoltées dans la période de deux années consécutives 2015 et 2016 : la phase d'enquête exploratoire de juin à septembre 2015 et la phase d'enquête finale de janvier à mars 2016.

## 2.1 PRÉSENTATION DU MILIEU D'ÉTUDE

L'étude portant Dégradation des agroécosystèmes d'exploitation familiale : menace et défi des générations a été conduite au Sud Kivu à l'Est de la République Démocratique du Congo. La province du Sud Kivu a 66 814 Km<sup>2</sup> de superficie, sa population se chiffre à 6 432 984 personnes (Statistique du ministère de l'intérieur, 2014) et se situe entre 00°58'0" de latitude Nord, 4°51'21" de latitude Sud ; 26°10'30" de longitude Est ; dont l'altitude est comprise entre 700-3000m. Elle faisait partie de l'ancienne province du Kivu en tant que district. Elle a été, par la suite, érigée en région administrative lors de l'éclatement de cette entité en trois régions au cours du découpage test de 1987. Limité au nord par la province du Nord Kivu, au Sud par le Katanga et à l'ouest par le Maniema, le Sud Kivu partage ses frontières de l'Est avec la République Rwandaise, la République du Burundi et la Tanzanie. La figure 1 ci-après présente la carte administrative du Sud Kivu sur laquelle le site d'étude est délimité par la couleur verte.

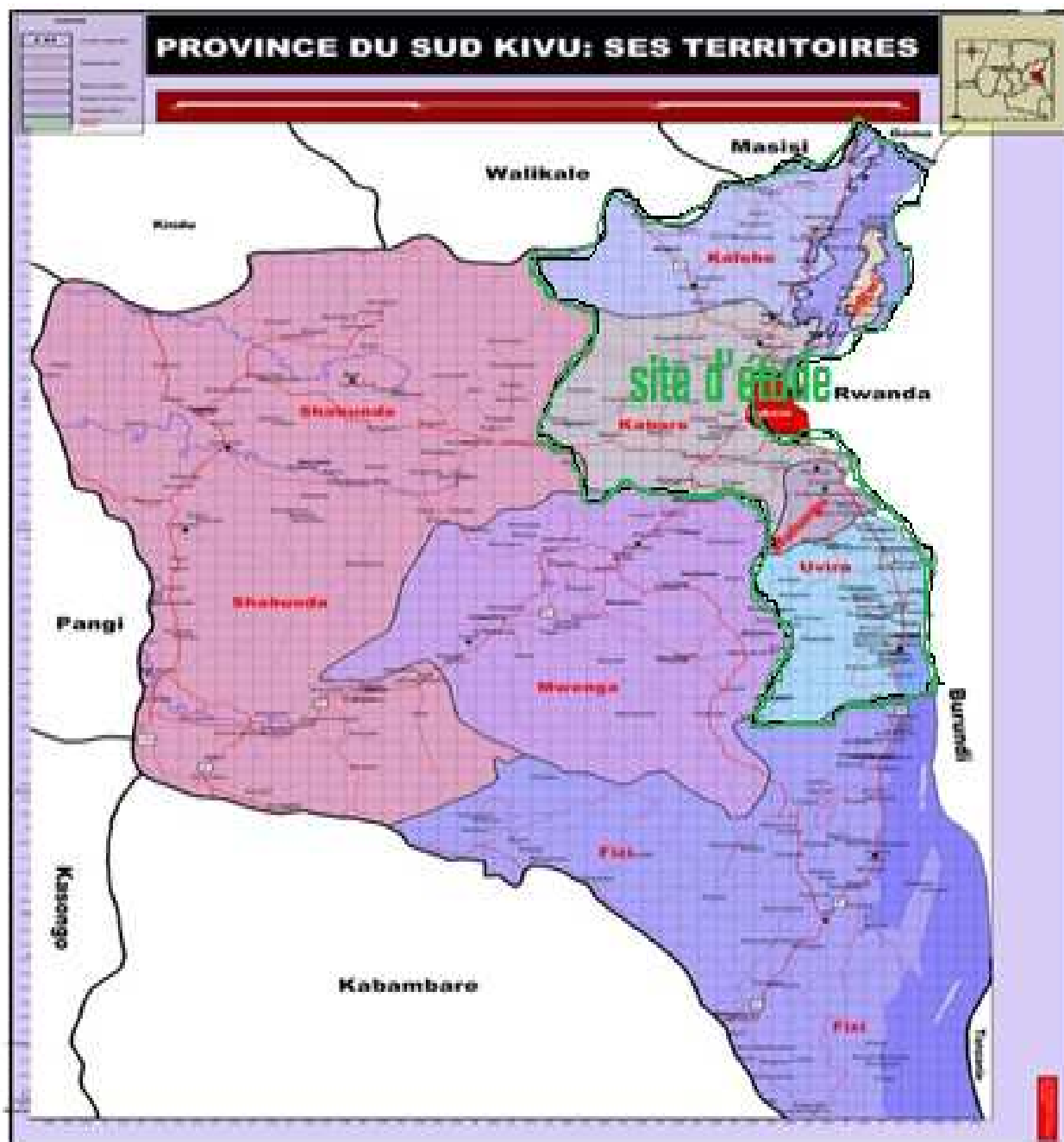


Fig.1. carte administrative du Sud Kivu

La province du Sud Kivu compte au total 8 territoires dont Fizi, Uvira, Kabare, Kalehe, Walungu, Shabunda, Mwenga, et Idjwi. Ce dernier une île dans le lac Kivu. La frontière orientale du Sud-Kivu correspond au Rift Valley Occidental. Dans ce fossé d'effondrement logent les lacs Kivu et Tanganyika. Quant aux terrains qu'on y trouve, ils peuvent être groupés en deux ensembles principaux : les terrains du socle et les terrains volcaniques, auxquels il faut ajouter un troisième ensemble : les terrains de couverture que l'on trouve au fond des lacs Kivu, Tanganyika, ainsi que dans la plaine de la Ruzizi.

Le socle réunit tous les terrains antérieurs au carbonifère moyen et couvre pratiquement tout l'Ouest et le Centre de la province, plus de 70 % de l'étendue de la province. Ces terrains anciens sont riches en minerais : de cassitérite, l'or, le colombo-tantalite, le wolframite, le coltan etc. minerais exploités depuis la période coloniale jusqu'à nos jours. Les environs de la ville de Bukavu sont des régions volcaniques où l'on rencontre des roches basaltiques, voire des laves anciennes vers INERA Mulingu et Katana. D'ailleurs le Mont Kahuzi est un volcan éteint qui se trouve dans le Parc National de Kahuzi biega (site du patrimoine mondial).

Quant au relief, il est très varié. L'Est très montagneux s'oppose au Centre et à l'Ouest de la province où l'on rencontre respectivement des hauts plateaux et des bas plateaux. Cette diversité physique est à l'origine de l'appellation du Kivu montagneux à l'Est et qui diffère des contrées occidentales moins élevées. Le haut relief de l'Est est sans doute la prolongation de la chaîne de Mitumba excédant parfois 3.000 mètres d'altitude. Toutefois, un bas relief s'observe dans la plaine de la Ruzizi depuis Uvira jusqu'à Kamanyola.

Le Sud Kivu possède un système pédologique contrasté qui renferme des sols complexes de façon que leur description succincte soit parfois difficile. Cette complexité provient de la variété des roches mères, des climats, des attitudes et du relief. On pourrait néanmoins les classer en trois grands groupes : les sols volcaniques récents superficiels et très fertiles, les sols des plaines alluviales à fertilité moyenne et les sols des roches anciennes à fertilité variant entre moyenne et très bonne. Sur le plan production agricole, il existe cependant cinq principaux types de sols correspondant à des zones agro-pédologiques homogènes au Sud – Kivu : (i) *Les sols du champ volcanique Tshibinda-Tshibati* : ce sont des sols argileux avec horizon humifère souvent épais lorsque l'érosion est faible ou absente. Ils sont bien pourvus en matières organiques et la teneur en azote est élevée. Ils ont un très bon potentiel de production de façon continue mais l'azote devient un facteur limitant avec l'exploitation prolongée, (ii) *Les sols de moyenne altitude au niveau du lac Kivu* : ces sont aussi des sols argileux, légèrement acides souvent pauvres en matière organique et pour lesquels un apport en phosphore est nécessaire en vue de rendements plus élevés, (iii) *Les sols de haute altitude à l'Ouest du lac Kivu et ceux de Walungu* : il s'agit des sols avec des teneurs relativement élevés en aluminium, faibles en cations basiques et en phosphore assimilable pour lesquels la matière organique est moyenne. Ces sols nécessitent un apport minéral ou organique accompagné d'une dose de calcaire en quantité suffisante pour déprimer le taux toxique d'aluminium ; (iv) *Les sols de la plaine de la Ruzizi* : ce sont des sols sableux avec des taux variables d'argiles généralement faibles en matière organique. Les territoires enquêtés dans le cadre de cette étude font donc partie des zones les plus vulnérables aux manifestations du phénomène de dégradation des agroécosystèmes. Ainsi, la collecte de données s'est étendue sur deux années consécutives 2015 et 2016.

## 2.2 MATÉRIEL

Pour cette étude, à l'issue des entretiens eu avec les focus groupes au sein des responsables des ménages ruraux pendant la phase exploratoire, le questionnaire d'enquête a été conçu et administré à 280 chefs de ménages du Sud Kivu. Ce questionnaire d'enquête se veut de récolter les informations sur la dégradation des agroécosystèmes d'exploitation familiale, sur les techniques et pratiques culturelles, les causes et les conséquences de la dégradation, sur la protection des ces ressources d'intérêt capital.

## 2.3 MÉTHODES

Etant donné que toutes les familles rurales au Sud Kivu sont dirigées par des hommes ou des femmes ayant reçu une part d'héritage, les données de cette étude ont été récoltées suivant la méthode d'échantillonnage aléatoire en grappes : le premier niveau c'est la province, le deuxième c'est le territoire, le troisième c'est le groupement. Le premier degré est la province du Sud Kivu en République Démocratique du Congo qui renferme plusieurs écosystèmes gérés et exploités par des familles et dont la dégradation est déjà ressentie par les populations rurales. Au deuxième degré de sondage, il y a le territoire qui est une entité administrative décentralisée et qui est subdivisée en secteurs (chefferies) et puis en groupements. Au dernier degré de sondage, il y a les groupements qui sont à leur tour subdivisés en localités. Au total la province du Sud Kivu a huit territoires subdivisés en 164 groupements dont le territoire de Fizi (18 Groupements), Idjwi (6 Groupements), Kabare (17 Groupements), Kalehe (15 Groupements), Mwenga (50 Groupements), Shabunda (11 Groupements), Uvira (16 Groupements), et Walungu (31 Groupements). Les territoires de Fizi, de Shabunda et de Mwenga

n'ont pas été enquêtés. Ils ont une faible densité par rapport aux autres territoires et il faut beaucoup de moyens pour atteindre leurs différents groupements. Cette étude n'a bénéficié d'aucun appui financier externe et n'a été réalisée que par des moyens propres. Ceci étant, cinq territoires (Idjwi, Kabare, Kalehe, Uvira et Walungu) ont été enquêtés. Dans le territoire de Walungu qui s'est révélé plus découpé en groupements par rapport aux autres territoires de l'étude, seuls 16 groupements sur 31 ont été retenus pour faire partie de l'échantillon de la présente étude. Ce qui a ramené le nombre des groupements à enquêter à soixante dix. Faire le tour de ce soixante dix groupements n'a pas été non plus facile au vu de la distance et de l'impraticabilité des routes dans les groupements c'est pourquoi les enquêtes ont pris plus de temps.

### 2.3.1 MÉTHODE DE COLLECTE DES DONNÉES

La phase de collecte des données s'est déroulée en deux étapes : la phase d'exploration et la phase d'étude fine faite de collecte de données quantitatives à base de questionnaire individuel.

**Les enquêtes exploratoires.** Les entretiens ont été conduits dans des focus groupes composés des chefs des ménages. Pour avoir des informations de qualité, des groupes ont été constitués dans différents groupements enquêtés. Au total, par groupement trois focus groupes de 20 chefs de ménages (hommes et femmes) en moyenne ont été constitués. Le guide d'entretien élaboré a abordé les aspects relatifs à la gestion et l'exploitation des agroécosystèmes, les contraintes d'exploitation, les causes et les conséquences de la dégradation des agroécosystèmes ressenties par les chefs des ménages. Cette phase s'est clôturée par un recensement des chefs des ménages agricoles dans chaque groupement. Ceci a permis de recenser jusqu'à 486 891 Chefs des ménages dans les territoires cibles.

A cause de la rigueur et de la sélectivité des critères de choix des personnes à enquêter, il n'y a eu que 2823 chefs de ménages qui remplissaient les trois conditions dont l'âge chronologique d'au moins 40 ans, la résidence fixe dans le site d'étude pendant au moins 35 ans, et une expérience d'au moins 10 ans d'exploitation des agroécosystèmes hérités de leurs parents. Dans un ménage où les deux partenaires remplissaient les conditions, un seul était considéré. Dans les 70 groupements ciblés, chaque groupement avait en moyenne  $40 \pm 13$  chefs des ménages. C'est ainsi que l'échantillon a été fixé à 280 chefs de ménages agricoles soit le 10% de ceux qui sont inclus dans la catégorie des enquêtés, répartis en raison de 4 par groupement pour constituer un échantillon représentatif. Donc dans le lot des familles agricoles, les chefs des ménages ont été choisis et dans ces derniers, ceux qui ont l'âge et l'expérience ont été retenus pour les enquêtes, parmi lesquels, le tirage sans remise a permis de choisir quatre chefs de ménage par groupement.

**La phase de l'enquête finale de l'étude.** Au cours de cette phase, les données ont été collectées sur la base d'un questionnaire, élaboré et revu à partir des résultats de la phase exploratoire de l'étude. Des entretiens individuels ont été effectués avec des chefs des ménages pour cerner les connaissances des acteurs au niveau de chaque ménage agricole. Au total 280 chefs de ménages de sexe confondu ont été enquêtés dans les cinq territoires de l'étude en raison d'un quota de 4 personnes par groupement. Voir tableau 1 ci-dessous qui présente la répartition de l'échantillon.

Les quatre personnes à enquêter individuellement par groupement ont été choisies par tirage sans remise dans le lot de ceux qui remplissaient les conditions requises. Dans cette étude, est donc reconnu et éligible comme sujet à enquêter un paysan ou une paysanne chef de ménage ayant l'âge d'au moins 40 ans et 35 ans de résidence fixe au Sud Kivu dans le site d'étude et ayant reçu une portion d'agroécosystème d'héritage qu'il (elle) exploite il y a de cela au moins dix ans.

Tableau 1. Répartition de la population d'étude

N <sup>o</sup>	Sites	Total des Groupements par territoire au Sud Kivu	Groupements enquêtés	Personnes par groupement	Echantillon total
1	Idjwi	6	6	4	24
2	Kabare	17	17	4	68
3	Kalehe	15	15	4	60
4	Uvira	16	16	4	64
5	Walungu	31	16	4	64
<b>Total</b>					<b>280</b>

Pour faciliter la communication avec les paysans et surtout comme le critère de choix des enquêtés incluait les personnes âgées, même celles de troisième âge, le questionnaire a été traduit en kiswahili, une des langues locales parlée par la majorité. C'est dans ce même cadre que dans les milieux les plus reculés, le questionnaire guide des entretiens était traduit en dialectes parlés dans le milieu. C'est ainsi que le Kitembo, le Kihavu, le Kifuliro, le Kibembe et le Mashu ont été

utilisés selon la spécificité du milieu. Pour les milieux le plus reculés, les entretiens se sont faits, dans la plupart des cas, à trois personnes; l'enquêté, l'interprète et l'enquêteur dans un climat d'intimité et d'assurance que les données sont confidentielles et que l'anonymat sera respecté.

### 2.3.2 LIMITE DE LA MÉTHODE

Dans cette recherche sur les agroécosystèmes d'exploitation familiale c'est la démarche déductive qui a été choisie. Elle part des hypothèses potentielles de recherche et on retourne aux données pour tenter de trouver des évidences qui viendront supporter, réfuter ou modifier ces hypothèses [13]. Elle a permis de ne pas se perdre dans un vaste champ d'investigation sur les agroécosystèmes qui renferment plusieurs réalités locales non encore abordées et c'est dans la perspective de placer le premier pas scientifique de la recherche sur les agroécosystèmes dans la région. Cette méthode limite le raisonnement autour des hypothèses de recherche alors que la démarche inductive offrirait encore l'avantage de se laisser guider plutôt par les questions de recherche que par les hypothèses afin de se laisser surprendre par les données récoltées pour produire une théorie. Cette dernière démarche utiliserait la *grounded theory* qui dérive de manière inductive de l'étude du phénomène qu'elle représente [14], [15].

### 2.3.3 TRAITEMENT ET ANALYSES DES DONNÉES

Les données brutes récoltées étaient encodées en Excel 2007. Les analyses préliminaires consistaient à conduire des analyses statistiques descriptives par la détermination des fréquences et des moyennes. Lors de la phase exploratoire les données préliminaires obtenues à partir des focus groupes n'ont pas révélé de différences significatives entre les territoires c'est pourquoi le dépouillement, le traitement des données individuelles et la présentation des résultats ont été effectués de façon globale pour toute la province.

Pour la caractérisation de la fertilité des terres dans les agroécosystèmes le coefficient  $L$  d'Allan a été utilisé dont la formule est :  $L = (C+J)/C$  Où  $C$  = Nombre d'années de mise en culture ;  $J$  = Nombre d'années de mise en jachère ou au repos. Si  $L \geq 5$ , la terre est exploitée judicieusement et ne subit aucune pression ;  $L < 5$ , la terre est surexploitée [16]. Cette approche a permis de savoir si la fertilité des sols est compromise ou non par la pression des activités anthropiques.

## 3 RESULTATS ET DISCUSSION

### 3.1 PRESENTATION DES RESULTATS

Les résultats de l'étude portant sur la dégradation des agroécosystèmes d'exploitation familiale qui a été réalisée durant deux années consécutives auprès de 280 héritiers chefs de ménage issus de cinq territoires du Sud Kivu se déclinent dans les lignes qui suivent. Les échanges individuels eus avec les chefs de ménages agricoles lors des enquêtes ont permis de clarifier les perceptions des héritiers chefs des ménages sur la dégradation des agroécosystèmes, caractériser et identifier les causes et les conséquences de la détérioration des agroécosystèmes gérés par des familles.

#### 3.1.1 SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES GÉNÉRALES SUR LES AGROECOSYSTEMES

Le tableau 2 ci-dessous présente la synthèse des connaissances générales des chefs des ménages enquêtés sur la dégradation des agroécosystèmes.

Tableau 2. Etat de lieu des connaissances sur les agroécosystèmes d'exploitation familiale

Variabiles	Réponse	Effectif	Pourcentage
Dans quelle catégorie situez-vous la superficie de votre exploitation	< 2 hectares	183	65,3
	Au moins 3 hectares	97	34,6
Combien d'enfants avez-vous dans votre famille ?	0 à 5	81	28,9
	Plus de 5	199	71
Prenez-vous en considération la variabilité climatique lors de l'exploitation des agroécosystèmes familiaux	Oui	139	49,6
	Non	141	50,3
Votre production par rapport à celle de votre parent (augmentation ou diminution)	Augmentation	33	11,8
	Diminution	247	88,2
Utilisez-vous ou plantez-vous des essences agroforestières dans vos exploitations depuis que vous êtes responsable de la famille	Oui	129	46
	Non	151	53,9
Amendez vous vos champs si oui avec quoi si non pourquoi ?	Oui	23	8,2
	Non	257	91,7
Avez-vous de possibilité d'acquérir d'autres champs à part le champ des familles.	Oui	243	86,7
	Non	37	13,2
A qui destinez-vous les champs acquis par achat ou qui vous ont été échus par héritage ?	Aux descendants	277	98,9
	A la vente	3	1,1
Existe-t-il une réglementation de l'exploitation des champs dans votre groupement ?	Oui	0	0
	Non	280	100
Etes vous libres de vendre ou de sous louer votre champ d'héritage (oui ou non ) Pourquoi.	Oui	23	8,2
	Non	257	91,7

De ce tableau il ressort que 71% des enquêtés ont plus de 5 enfants dans leur famille et 65,3% ont moins de deux hectares de terre contre seulement 34,6% qui ont plus de deux hectares. Quant à la variabilité climatique, elle est considérée comme une menace aux activités agricoles dans les agroécosystèmes d'exploitation familiale (49,6%) et les familles tentent de s'adapter par le changement du calendrier agricole. Cependant, 50,3% subissent les effets néfastes de la variabilité climatique sans y tirer attention particulière. Ceci entraîne la faible production par rapport au passé. 88,2% des enquêtés affirment que la production agricole actuelle est inférieure à celle des années antérieures. Les chefs de ménages n'amendent pas les champs qu'ils exploitent. Cette négligence des agroécosystèmes est généralisée, 91,7% des répondants affirment qu'ils n'amendent pas leurs champs. Sans amendement, les champs s'épuisent et deviennent improductifs.

En ce qui concerne la vente éventuelle des champs d'héritage, 91,7% des enquêtés affirment que les agroécosystèmes ne sont pas à vendre parce que les testaments ne leurs autorisent pas. Selon les clauses de la coutume, le bien d'héritage surtout le sol n'est pas vendable ; il est obligatoirement réservé à la progéniture. Certaines coutumes vont très loin en déclarant que « vendre le champ d'héritage attire la malédiction sur soi ». A côté de ceux-ci il y a 8,2% qui soutiennent qu'ils sont libres de vendre ce qu'ils ont reçu de leurs parents. Ces derniers semblent banaliser la valeur de l'héritage et c'est dans ces familles qu'on a le grand risque d'avoir des descendants sans terre. L'acquisition des champs par donation et par achat est devenue rare, 86,7% des enquêtés affirment qu'il n'y a pas possibilité d'élargir les terres arables, étant donné que les espaces sont très sollicités par les membres d'une famille et pour d'autre c'est la pauvreté qui handicape aussi l'achat éventuel. Si quelqu'un qui peut, par contrainte d'une maladie ou d'un quelconque problème, décider de vendre, la tendance est de ne céder son champ qu'au membre de sa propre lignée d'abord faute de moyen une tierce personne peut alors l'acheter. L'analyse de ce même tableau 2 indique que 98,9% des enquêtés estiment que les champs qu'ils ont achetés eux-mêmes et ceux qu'ils ont hérités sont tous destinés à leurs descendants. Les champs acquis par achat seraient vendus à leur tour par ceux qui les ont hérités pour dire que la finalité des agroécosystèmes d'exploitation familiale c'est d'être transmis par succession aux descendants des familles.

Il n'existe pas de réglementation ni en rapport avec les techniques et pratiques culturales, les variétés culturales, le calendrier agricole etc. dans le milieu. Chaque père de famille exploite son champ selon son gré et y cultive selon sa propre conception au point qu'aucune réglementation en la matière n'existe. Seule l'expérience personnelle est prise en compte dans la conduite des exploitations.

### 3.1.2 LES CAUSES ET LES INDICATEURS DE LA DEGRADATION DES SOLS DANS LES AGROECOSYSTEMES

Le tableau 3 ci-dessous présente le coefficient L d'Allan des sols des agroécosystèmes du Sud Kivu afin de caractériser leur fertilité.

**Tableau 3 : Agroécosystèmes et coefficient L d'Allan au Sud Kivu**

Territoires	Durée d'exploitation (en année)	Durée de jachère (en année)	Coefficient L d'Allan
Idjwi	25	0	1
Kabare	36	0	1
Kalehe	29	1	1,03
Uvira	33	3	1,09
Walungu	35	2	1,05

L'analyse des données du tableau ci-haut atteste que le sol dans la province du Sud Kivu est surexploité. Ceci traduit un facteur très important dans la chute de la production agricole et dans la pérennisation de l'insécurité alimentaire. Le coefficient L d'Allan calculé sur les cinq territoires (Idjwi, Kabare, Kalehe, Uvira et Walungu) est très inférieur à 5, ce qui traduit que le sol sur lequel les agroécosystèmes d'exploitation familiale sont aménagés est vraiment surexploité. Quand un sol est exploité pendant 36 ans sans repos ou pendant 33 ans et n'a que 3 ans de repos, il est normal que ce sol perde sa fertilité. Ceci se couple au non fertilisation du sol pour aggraver la situation d'insécurité alimentaire. Cette pression s'expliquerait par l'impossibilité d'élargir les terres agricoles étant donné que les forêts sont épuisées et il y a la forte croissance démographique dans la région.

En réponse à la question relative aux causes et indicateurs de la dégradation des sols dans les agroécosystèmes, les enquêtés affirment que la dégradation des agroécosystèmes d'exploitation familiale est causée par une pression démographique et des pratiques agricoles incompatibles avec la protection des sols. Par ordre d'importance, elle se manifeste par la dégradation de la fertilité des sols due à la surexploitation sans apport conséquent d'éléments fertilisants (19%), à la perte des terres par les érosions hydriques (17%), à la diminution et disparition du couvert végétal (15%), à la perte de la biodiversité (15%), aux terres marginales emblavées (9%) à la perte des rendements agricoles (5%). A ces indicateurs s'ajoutent ceux qui ont été mentionnés en concurrence de 4% chacun, dont : l'insécurité alimentaire et nutritionnelle, l'exode rural, les conflits entre les membres de la famille, l'aggravation de la pauvreté de la population rurale, la pression et l'épuisement des forêts.

Dans les indicateurs de la dégradation des agroécosystèmes d'héritage la perte de la biodiversité et la disparition/diminution du couvert végétal sont soulignés respectivement par 15 et 15% des enquêtés. C'est ainsi que les plantes médicinales qui étaient domestiquées par les parents sont détruites par les enfants qui à leur tour transmettent à leurs descendants un patrimoine pauvre. Ceci touche également la diversité animale qui a réussi à être domestiquée dans le temps mais actuellement menacés d'extinction. C'est le cas des moutons qui sont systématiquement brûlés vifs, dans certains territoires, sous prétexte qu'ils incarnent des mauvais esprits. Pour mémoire, dans un passé proche, les moutons étaient encore utilisés par les familles animistes dans les cultes rendus aux divinités familiales et ainsi l'espèce avait une importance culturelle et pouvait servir pour d'autres fins comme la viande et la source de revenu.

Les enquêtés soutiennent que leurs parents cultivaient seulement les champs jusqu'à leur mort et ils les ont récupérés lors de l'héritage, 92% et ont poursuivi les activités agricoles jusqu'à ce jour attendant aussi les laisser à leurs enfants. Aucune préparation dans le sens d'amélioration des agroécosystèmes à léguer aux enfants n'est envisagée par 85% des enquêtés contre 9% qui affirment que leurs parents leur recommandaient d'amender les champs et 6% soutiennent que les champs sont toujours fertiles il n'y a pas de raison de se fatiguer à les préparer pour les générations suivantes. Dans un contexte pédoclimatique et culturel contrasté, on maintient les enfants dans un système où on les prépare à hériter les espaces en oubliant les pratiques de conservation des agroécosystèmes jusqu'à les faire hériter des sols très pauvres. Ces derniers deviennent base de pauvreté des familles rurales et sources des conflits entre les héritiers qui se partagent des ressources dont la valeur est affectée non seulement par la diminution des espaces par famille due au nombre des bénéficiaires qui augmente de génération en générations mais aussi par la dégradation qui s'accroît d'un exploitant à l'autre.

### 3.1.3 CONTRAINTES D'EXPLOITATION ET STRATEGIES DE FAIRE FACE A LA DEGRADATION DES AGROECOSYSTEMES

Au Sud Kivu, dans la conduite des activités au sein des agroécosystèmes, les chefs des ménages se heurtent à beaucoup de contraintes majeures que nos enquêtés ont essayés d'hiérarchiser de la manière suivante : la perturbation, l'imprévisibilité et l'irrégularité des pluies, la rareté des terres arables, la pauvreté et la perte de la fertilité des sols, l'Erosion hydrique, les maladies et ravageurs des cultures, la dégénérescence des semences et des variétés moins performantes, les températures élevées et la sécheresse, le manque des moyens financiers, faible production, mis en cultures des terres marginales, mauvaises techniques culturales de conservation des sols, faible investissement dans la protection de terre et l'amélioration de productivité. De ceci découle que les contraintes sont à la fois d'ordre technique, financier, biotique, et abiotique qui affectent les différentes spéculations au sein des agroécosystèmes. Pour faire face à la dégradation des agroécosystèmes afin d'atténuer ou de s'adapter au différentes contraintes, les familles agricoles du Sud Kivu pensent qu'il fallait une gestion conservatoire dans les agroécosystèmes, des projets de restauration des sols et de pratiquer les prescrits de la bonne gouvernance. Le tableau 4 ci-dessous présente l'état de lieu des connaissances des chefs des ménages agricoles et de la pratique des principes qui engagent vers le développement durable.

**Tableau 4. Synthèse des connaissances des chefs des ménages sur la pratique des principes du développement durable**

Principes	Réponse	Effectifs	Pourcentage
La Gestion intégrée : Tenez-vous compte de toutes les relations et interactions entre tous les paramètres au sein de vos agroécosystèmes	Oui	35	12,5
	Non	245	87,5
La Gouvernance : Évaluez-vous vos activités agricoles par des approches rationnelles basées sur les indicateurs de la bonne gestion	Oui	19	6,7
	Non	261	93,2
Le Long terme : Prenez vous conscience que ces champs seront exploités durant longtemps après vous	Oui	254	90,7
	Non	36	12,8
La Précaution : Avez vous de doute dans le choix des options pour l'exploitation des vos agroécosystèmes	Oui	8	2,8
	Non	272	97,1
La Prévention : Vous arrive-t-il de prévenir la dégradation des sols	Oui	39	13,9
	Non	241	86,0
La Responsabilité : Êtes-vous conscients de contribuer à la dégradation des agroécosystèmes	Oui	23	8,2
	Non	257	91,7
La solidarité : Lors de l'exploitation, vous arrive t-il de considérer la qualité de services que vos descendants qui exploiteront le sol après vous auront ?	Oui	91	32,5
	Non	189	67,5
Avez-vous des plans d'aménagement de vos parcelles ?	Oui	7	2,5
	Non	273	97,5

Des données de ce tableau, il ressort que la responsabilité de dégrader les agroécosystèmes est rejetée par 91,7% contre seulement 8,2% qui ont déjà pris conscience que leurs pratiques contribuent à la dégradation des agroécosystèmes. Globalement, il y a mauvaise gouvernance des ressources (93,2% des enquêtés l'ont affirmé) qui s'affirme par une gestion non intégrée (87,5%) et aucun plan d'aménagement des parcelles cultivées (97,5%). Toutefois, 90,7% des enquêtés déclarent avoir déjà pris conscience que les champs seront exploités encore longtemps après eux. Les activités agricoles ne sont pas évaluer par des approches de la bonne gouvernance (93,2%) et la dégradation des sols n'est pas prévenus par 86% des enquêtés. C'est le quotidien qui dicte les activités dans les agroécosystèmes au sud Kivu, l'avenir du sol est loin d'être prise en considération pendant l'exploitation.

### 3.2 DISCUSSION

Des résultats obtenus au cours de cette étude, il ressort que les agroécosystèmes d'exploitation familiale, qui sont les seuls biens d'héritage pouvant être pérennisés sur plusieurs générations, sont en perpétuelle dégradation au Sud Kivu et aucune mesure d'exploitation et de restauration rationnelle n'est envisagée. Une surexploitation faisant suite à l'épuisement en est la résultante. C'est sous cet angle que le Programme des Nations Unies pour l'Environnement a souligné que

l'immensité des ressources naturelles de la République Démocratique du Congo a souvent tendance à faire oublier aux décideurs et autres parties prenantes que ces ressources ont des capacités limitées et sont épuisables [17]. C'est pourquoi il s'avère nécessaire de toujours s'assurer de la gestion rationnelle des agroécosystèmes afin de garantir leur durabilité au sein des générations qui doivent les hériter. Cependant, au vue du nombre d'enfants par famille (71% des familles rurales ont plus de 5 enfants) et des superficies (65,3% ont moins de deux hectares), l'avenir et la gestion des agroécosystèmes est un grand défi à relever. Cette réalité de moins de 2hectares, est celle de toutes les exploitations dans le monde [18].

En rapport avec la gestion des agroécosystèmes, toutes les familles sont solidement liées à leurs agroécosystèmes qu'elles exploitent le plus longtemps possibles. Même les membres des familles qui ont eu la chance d'étudier et qui ont la possibilité d'habiter les villes du pays ou des pays étrangers ont toujours leur part de terre dans l'héritage familiale. La terre d'héritage a un pouvoir sur les héritiers qui en font souvent source de conflits patents pour quelques-uns et source d'épanouissement, de joie et de paix pour d'autres. Ceci aide à comprendre les attitudes des membres des familles rurales face à la terre. Dans le vécu quotidien des familles agricoles du Sud Kivu, il se fait constater que l'héritage change de vie et peut transformer des familles en terrain de spectacle. Savoir et prendre conscience de la valeur du patrimoine et des principes de gestion qui sont pris en compte lors de l'héritage demeure une problématique des générations. Au Sud Kivu, la gestion des agroécosystèmes, seule ressource d'exploitation perpétuelle dont disposent les familles rurales ne tient ni compte de sa vocation de produire des aliments pour lutter contre la malnutrition et promouvoir la sécurité alimentaire ni compte de sa vocation de produire des agroécoservices et d'être objet principal d'héritage. Ce qui s'oppose aux arguments de [19], [20] qui demandent que l'exploitation tienne compte de la promotion de la sécurité alimentaire et la vocation de produire des écoservices.

Plusieurs conséquences néfastes de la dégradation des agroécosystèmes se font sentir dans les familles rurales allant des parents aux enfants et accentuent leur vulnérabilité. Quand les premiers espaces ont accusé l'infertilité, la pression a eu lieu sur le reste des forêts et des sols marginaux. Les forêts déjà épuisées, plus de place pour élargir les champs mais la population continue à augmenter et les héritiers augmentent davantage. Un cercle vicieux : les familles rurales sont pauvres, leurs pratiques agricoles dégradent les agroécosystèmes, accentuant ainsi la chute de la production et directement la pauvreté des ménages qui dépendent de l'exploitation de ces agroécosystèmes.

Divers indicateurs de la dégradation des sols ont été mentionnés par nos enquêtés. C'est sous cet angle qu'une destruction du patrimoine génétique et de la biodiversité dans les agroécosystèmes ont été déclarées lors de la phase exploratoire de cette étude. Surtout la disparition des vers de terre laboureurs, des abeilles et des papillons pollinisateurs, des plantes médicinales qui étaient cultivées au pourtour des champs et quelques variétés des cultures vivrières a été décriée et que les générations actuelles ne les connaissent plus. Il y a une dégradation continue des agroécosystèmes malgré les conséquences néfastes qui pèsent sur la biodiversité, l'environnement et le développement socio-économique des ménages. La faible couverture végétale est un facteur déterminant dans la baisse de la fertilité des sols [16]. Dans le langage populaire de la région il est connu « qu'un chef de famille meurt avec le pouvoir productif de son champ ». Cet adage n'est autre qu'une traduction de la dégradation des agroécosystèmes au fil des générations. Point de terres fertiles à hériter au Sud Kivu. il faut repenser les pratiques et techniques culturelles pour gérer, restaurer et exploiter encore plus longtemps que possible les lopins de terre qui existent encore par famille. Il est nécessaire et urgent d'envisager les pratiques culturelles agroécologiques qui valorisent les agroécosystèmes et la gestion durable de l'environnement. Dans les agroécosystèmes du Sud Kivu, les terres sont surexploitées sans relâche et la fertilité est compromise (Coefficient L d'Allan < 5). Alors que plus le sol est surexploité plus sa fertilité baisse et moins sa production augmente, ce qui le rend inculte aux cultures [16]. En plus de l'absence de repos des terres arables, le drame est accentué par les pratiques agricoles non adéquates qui foulent au pied les principes de l'agroécologie. Une inadéquation entre les attentes, les objectifs des générations et la réalité de l'état actuel des agroécosystèmes. Les activités anthropiques dégradent la ressource précieuse des familles agricoles du Sud Kivu. Ce qui prouve que les ménages agricoles sont destructeurs et victimes des leurs actions sur les agroécosystèmes. L'indice de pauvreté de la province du Sud Kivu de 84,7% confirme une situation difficile dans la province [21]. Toute fois on doit indiquer qu'actuellement il faut recourir à la jachère artificielle dans laquelle le champ doit être exploité continuellement par des pratiques adéquates avec la restauration, la protection et le maintien de la fertilité des sols.

La réalité au Sud Kivu montre qu'il n'existe pas de réglementation au niveau de l'exploitation des agroécosystèmes ce qui retrace une bonne part de responsabilité de l'Etat dans la dégradation de terre. Ceux qui ont des grands espaces ne les exploitent pas rationnellement au profit de la population. Ceci rencontre ce qui avait été mentionné déjà en 2006 par le Comité National de Coordination de la Lutte contre la Désertification que les structures étatiques sont responsables de la faiblesse de la législation et de la réglementation, et leur non application qui sont à la base de la dégradation des terres. A la base de tous les problèmes environnementaux qu'on retrouve en République Démocratique du Congo, se trouve l'absence d'une politique nationale et cohérente pouvant permettre une gestion stratégique et rationnelle des ressources naturelles en général et celles des terres en particulier [22].

Du tableau 4 il ressort que dans l'exercice de leurs activités au sein des agroécosystèmes les principes fondamentaux qui constituent la charte du développement durable [22] ne sont pas pris en compte par les chefs de ménages. Dans la conception des agroécosystèmes, les services écosystémiques et l'intérêt commun que présentent les agroécosystèmes ne sont pas pris en compte. Pour les familles rurales, la motivation c'est de voir la personne cultiver son champ même si non productif car la conception générale ce que celui qui laisse le champ en jachère n'a pas la force pour travailler. Derrière cette philosophie se cache pas mal de problèmes environnementaux et économiques. Même des parcelles qui se sont déjà déclarées très improductives sont toujours mis en valeur et parfois les pertes deviennent incalculables Les agriculteurs labourent, sèment et sarclent en engageant les intrants et la main d'œuvre sans produire en conséquence. Dans la région du Sud Kivu, ceci est à la base des problèmes socio-économiques et environnementaux.

Les contraintes auxquelles se heurtent les ménages agricoles dans leurs exploitations sont diversifiées. Il s'agit de la perturbation, l'imprévisibilité et l'irrégularité des pluies, de la rareté des terres arables, de la pauvreté et la perte de la fertilité des sols, de l'érosion hydrique, des maladies et ravageurs des cultures, de la dégénérescence des semences et des variétés moins performantes, des températures fluctuantes et la sécheresse, de manque des moyens financiers, de faible production, de mis en cultures des terres marginales, des mauvaises techniques culturales de conservation des sols, de faible investissement dans la protection de terre et l'amélioration de productivité. Ceci corrobore en partie ce que [23] avait trouvé au Burundi voisin dans le Bassin de l'Akagera lors d'une évaluation du projet de la FAO sur la gestion des agrosystèmes. Les effectifs des membres des familles ne font qu'augmenter au fil des années et les espaces à ses partager deviennent trop limités ; deux difficultés majeures : les membres de la famille se partagent à chaque génération les champs, une pratique qui réduit l'espace par famille restreinte et la surexploitation de l'espace pour chercher à tout prix à satisfaire les besoins alimentaires s'en suit. Ce qui semble consacrer un système de maintien, d'aggravation et de pérennisation de l'insécurité alimentaire. Sur cette liste figurent l'érosion, la déforestation, la culture sur les pentes, et les pratiques culturales non appropriées qui sont les causes qui aggravent la dégradation des sols au Sud Kivu. C'est ce que le Programme de Nations Unies pour l'Environnement affirme aussi pour le Kivu [17]. A ceci s'ajoute la variabilité des facteurs climatiques qui a été reconnue comme facteur de dégradation des sols dans la région.

Les pistes des solutions pour faire face au défi exigeraient la gestion conservatoire est un mode de gestion des milieux naturels ou semi naturels qui a pour but de rétablir la biodiversité sur les sites profondément dégradés par les activités humaines [3], [20], [24]. Il faut en plus de techniques de régénération des sols, des nouvelles approches, d'occupation de la jeunesse pour d'autres formes de bien à hériter et non seulement les champs. Dans cette perspective, [25] ont proposé la valorisation des ressources spécifiques et une gouvernance particulière pour aboutir à l'émergence des modèles de développement des territoires ruraux.

#### 4 CONCLUSION

La destruction des agroécosystèmes est une menace et un défi majeur pour toutes les générations des familles rurales du Sud Kivu. Elle est caractérisée par la dégradation complète de la qualité des sols, l'absence de jachère, le coefficient L d'Allen inférieur à 5, la perte des biodiversités, des terres marginales cultivées, la réduction des surfaces individuelles d'une génération à l'autre et la chute de la production qui sont aggravés par la variabilité climatique et la pression démographique. Elle contribue considérablement à la pérennisation de l'insécurité alimentaire et aux conflits entre les générations. Les conséquences néfastes sont également ressenties dans les villes car les milieux ruraux, greniers des milieux urbains, sont devenus moins productifs dans la région. La conséquence néfaste est le recourt aux pays voisins de l'Est pour ravitailler la ville en produits de champ.

Les systèmes de production agricoles basés sur les principes de l'agroécologie peuvent constituer une alternative pour protéger et conserver les ressources naturelles et améliorer la production pour la sécurité alimentaire des générations dans les familles rurales. Il faut protéger les paysages ruraux pour les générations présentes et futures, développer les activités de restauration de la fertilité au niveau des exploitations agricoles familiales par des techniques d'intégrations agroécologiques. Pratiquer l'agriculture conservatoire pour maximiser la production en assurant également la pérennisation de la fertilité du sol la demeure un impératif pour sauver les générations présentes et futures.

Les agroécosystèmes sont des véritables aires délicates et vulnérables qu'il faut protéger, valoriser et conserver au même titre que les aires protégées d'une région. Ceux qui sont dégradés doivent faire objets de vaste programme de restauration. Des projets visant à la fois l'accroissement des productions agricoles et pastorales tout en sauvegardant d'une façon durable l'environnement doivent être conduits au Sud Kivu. Des textes et lois qui règlementent la gestion, l'exploitation et la restauration des agroécosystèmes familiaux afin de léguer aux descendants un patrimoine environnemental de haute valeur qui répond au besoin de sécurité alimentaire et de développement durable sont un impératif urgent pour la région.

Au vu de la complexité du problème d'héritage des agroécosystèmes dégradés il faut intégrer des approches multisectorielles. L'intégration des secteurs de nutrition, environnement, santé, agriculture, restauration des sols, gestion intégrée des ressources, gouvernance environnementale, pour ne citer que ceux-là, est une stratégie incontournable dans la résolution des problèmes de dégradation des agroécosystèmes gérés par les familles rurales. La gestion intégrée des agroécosystèmes n'est possible que si les biens et les agroservices qu'ils procurent à la communauté sont correctement pris en considération. Donc bien exploiter et gérer rationnellement les petits lopins de terre qui restent par famille rurale.

Cette étude a permis effectivement de documenter la réflexion sur les agroécosystèmes d'exploitation familiale, cependant on ne prétend pas épuiser ce thème car ce domaine reste un champ très vaste pour la recherche dans la région.

## REFERENCES

- [1] BERTHET E., Contribution à une théorie de la conception des agroécosystèmes : Fonds écologique et inconnu commun page thèse de doctorat pages 257 MINES ParisTech Centre de Gestion Scientifique 60 bvd Saint-Michel 75272 Paris, 2013. Disponible sur <https://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00874630>, (avril 2016)
- [2] DORE T., La biodiversité, atout pour l'agriculture, site de la Société Française d'Écologie, 2011. <http://www.sfecologie.org/regards/2011/11/22/r24-dore/>, consulté le 29/03/2016
- [3] VAN HOOFF F., Changer l'agriculture congolaise en faveur des familles paysannes Des dynamiques paysannes dans les différentes provinces de la RDC ; Préface de Mamadou Cissokho Leader paysan sénégalais et éminence grise du mouvement paysan africain 146 pages, 2011.
- [4] NAHAL I., Principes d'agriculture durable, Éd. ESTEM ISBN 2 84371 028 6, 121 Pages, 1998.
- [5] LINIGER, H.P., R. MEKDASCHI STUDER, C. HAUERT AND M. GURTNER., La pratique de la gestion durable des terres. Directives et bonnes pratiques en Afrique subsaharienne. TerrAfrica, Panorama mondial des approches et technologies de conservation (WOCAT) et Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), 2011.
- [6] MINAGRI SK, Rapport du Ministère de l'Agriculture portant enquête sur la sécurité alimentaire au Sud Kivu, 132pages, 2012.
- [7] OCHA, Mission d'évaluation des besoins humanitaires dans la province du Sud Kivu, Bureau de Coordination des Affaires Humanitaires, Nations Unies OCHA en République Démocratique du Congo, 176pages, 2005.
- [8] FIDA (Fonds International de Développement Agricole), La gestion de l'environnement et des ressources naturelles, imprimerie à Paris. Disponible sur web:[www.ifad.org](http://www.ifad.org) consulte en octobre 2015, 24Pages, 2002.
- [9] BYENDA M.B., Les contraintes à la caféiculture dans les conditions écologiques de Kabare nord, Sud Kivu, RD Congo. *Cahiers du CERUDEPA*, Vol 1. pp1-12, 2013
- [10] DIVISION PROVINCIALE DU PLAN, Monographie de la province du Sud- Kivu Kinshasa, 124 pages, 2005.
- [11] GALIZZI P., From Stockholm to New York, via Rio and Johannesburg: Has the Environment Lost its Way on the Global Agenda? In *Fordham International Law Journal* Volume 29. Pages 59,2005. <http://ir.lawnet.fordham.edu/ilj> consulter le 13 04 2016
- [12] PNUE (Programme des Nations Unies pour l'Environnement), L'avenir de l'environnement mondial, le passé, le présent et les perspectives d'avenir, De Boeck, 20 pages, 2002. web : <http://www.unep.org> consulté le 22 mars 2016
- [13] BOSWELL T. et BROWN C., The Scope of General Theory. *Methods for Linking Deductive and Inductive Comparative History. Sociological Methods & Research*, vol. 28(2): pp 154-185, 1999.
- [14] STRAUSS A. et CORBIN J., *Basics of Qualitative Research: Grounded Theory Procedures and Techniques*. Newbury Park, Sage Publications. 270 pages, 1990
- [15] FLUET M.J., Impacts des changements climatiques sur les agriculteurs de la province du Zondoma au Burkina Faso: adaptation, savoir et vulnérabilité, Mémoire de Master, Université du Québec à Montréal, Service des bibliothèques 140 pages, 2006.
- [16] GOUATAINE S. R., Analyse des contraintes pédoclimatiques au développement des cultures dans la plaine de Bongor, 8 Pages, 2012.
- [17] PNUE (Programme des Nations Unies pour l'Environnement), Évaluation Environnementale Post-Conflict de la République Démocratique du Congo, 355 Pages, 2012. <http://www.unep.org/drcongo> consulté le 22 mars 2016
- [18] GREGORY P.J. « Funding of agricultural and food security research : past successes and future challenges », 2011. <http://www.bis.gov.uk/assets/foresight/docs/foodand-farming/science/11-584-sr46-funding-agriculturaland-food-security-research.pdf>, Consulté le 10 Août 2015.
- [19] GUILPART N., Relations entre services écosystémiques dans un agroécosystème à base de plantes pérennes : compromis entre rendement de la vigne et régulation de l'oïdium, thèse de Montpellier SupAgro 192 pages, 2014

- [20] LE ROUX X., BARBAULT R., BAUDRY J., BUREL F., DOUSSAN I., GARNIER E., HERZOG F., LAVOREL S., LIFRAN R., ROGER J. – ESTRADE, SARTHOU J.P., TROMMETTER M (Editeurs) ; *Agriculture et biodiversité. Valoriser les synergies*, 116 pages, 2008.
- [21] DSRP (Document des Stratégies de Réduction de la Pauvreté), Profil résumé, Pauvreté et condition de vie des ménages, PNUD, RDCongo, 20pages, 2009.
- [22] ANONYME, Programme d'action national (PAN) de lutte contre la dégradation des terres et la déforestation, Rapport du Ministère de l'environnement, Conservation de la Nature, Eaux Et Forêts, RD Congo, 65 Pages, 2006.
- [23] SENGIYUMVA R, Rapport de mission d'évaluation du projet transfrontalier de gestion des agro systèmes dans le Bassin de l'Akagera- TAMP, Etat des lieux du bassin de l'Akagera Burundi 36 pages, 2006.
- [24] DUGUE P, DJAMEN NANA P, FAURE G, LE GAL PY, Dynamiques d'adoption de l'agriculture de conservation dans les exploitations familiales : de la technique aux processus d'innovation. Cah Agric 24 : 60-8. doi : 10.1684/agr.2015.0748 Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA (France), 2015.
- [25] CAMPAGNE P., PECQUEUR B., Le développement territorial : une réponse émergente à la mondialisation? Paris (France): Editions Charles Léopold Mayer. 268 pages, 2014.

## **Processus de minéralisation des eaux souterraines et transfert de flux en milieu de socle fissuré: cas du bassin versant transfrontalier de la Comoé (Côte d'Ivoire, Burkina Faso, Ghana, Mali)**

### **[ Groundwaters mineralization process and transfer of flow within fissured aquifers: Case of transboundary basin of Comoé (Côte d'Ivoire, Burkina Faso, Ghana, Mali) ]**

*Ismaila OUATTARA, Bamory KAMAGATÉ, Amidou DAO, Dabissi NOUFÉ, and Issiaka SAVANÉ*

Laboratoire GéoSciences et Environnement (LGE), UFR Sciences et Gestion de l'Environnement (SGE),  
Université Nangui Abrogoua (UNA), 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

---

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

**ABSTRACT:** This study is a preliminary reflection on monitoring of waters physicochemical quality and contaminants transfer within fissured aquifers of Comoé Basin (Côte d'Ivoire). It aims to understand the mechanisms of water flow transfer and the hydrogeochemical processes controlling waters mineralization. Statistical and geochemical methods have been applied on physicochemical data obtained during two sampling campaigns (dry and wet season). Statistic method by means of SOM(s) (Self Organizing Maps) enabled waters classifying. As regards Piper's diagram and the saturation index (obtained with PHREEQC model) were applied to include chemical specificities of classes and water renewal processes. The water flow transfers appear guided by a hydraulic continuity either within each aquifer (internal continuity) or between these aquifers themselves. These transfers are also characterized by a strong relationship between groundwater and rivers with possibility of aquifers refill via the rivers. The origins of dissolved elements are mainly due to natural processes (interaction between bedrock and water, dissolution/precipitation, ion exchanges). However, secondary processes such as anthropic pollution by the agricultural and/or domestic effluents would influence waters mineralization. This study will be used as reference to a more detailed study on monitoring of waters quality and the transfer of contaminants within comoe river catchment.

**KEYWORDS:** mineralization, SOM model, groundwater-river relation, fissured aquifers, Comoé Basin.

**RESUME:** Cette étude s'inscrit dans un cadre plus global de surveillance de la qualité physicochimique des eaux et des flux de contaminants en milieu fissuré dans le bassin de la Comoé (Côte d'Ivoire). L'objectif est de comprendre les principaux mécanismes de transfert de flux d'eau et les processus hydrogéochimiques qui gouvernent la minéralisation des réservoirs hydriques. Une approche couplée statistique-géochimie a été adoptée sur des données d'analyses physicochimiques acquises à l'issue de deux campagnes d'échantillonnages (saison sèche et humide). La statistique au moyen des SOM (*cartes auto-organisatrices*) a permis de classer les eaux en fonction de leur similarité physico-chimique. Le diagramme de piper et les indices de saturation à travers le modèle PHREEQC ont permis de comprendre les spécificités chimiques au sein des classes d'eaux et les processus de renouvellement des eaux qui y règnent. Les transferts de flux apparaissent être guidés par une continuité hydraulique à la fois interne aux aquifères d'altérites et de socle fissuré et entre ces aquifères eux-mêmes. Ces transferts se caractérisent également par une forte interaction nappe-rivière avec possibilité de recharge des nappes via les cours d'eau. La minéralisation des eaux du bassin versant de la Comoé est à la fois régie par des processus naturels (interaction eau-roche et mise en solution de produits d'altération, dissolution/précipitation et échange de bases) et des activités anthropiques essentiellement d'origine domestique et agricole. Dans une perspective plus large, cette étude servira de base de référence à une étude plus détaillée de surveillance et de suivi de la qualité des eaux et des flux de contaminants dans le bassin de la Comoé.

**MOTS-CLEFS:** minéralisation, modèle SOM, relation nappe-rivière, aquifères fissurés, Bassin Comoé.

## **1 INTRODUCTION**

Le bassin versant de la Comoé est d'un intérêt stratégique sous régional du fait de son caractère transfrontalier. Les ressources naturelles en eau de ce bassin sont en effet partagées entre la Côte d'Ivoire, le Burkina Faso, le Ghana et le Mali. Il présente également un intérêt scientifique du fait d'un fonctionnement hydro-géo-logique différencié et complexe, partant des zones de socle cristallin et cristallophyllien du bouclier canadien dans la moitié Nord (roches silicatées recouvertes de dépôts superficiels discontinus et fortement hétérogènes d'altérites[1]) aux recouvrements sédimentaires côtiers de l'Atlantique au Sud (sables et roches carbonatées [2], [3], [4], [5]), en passant par les roches clastiques et métamorphiques sédimentaires au Centre [1], [6]. Cet intérêt scientifique est renforcé par un gradient bioclimatique continental et un important contraste de sensibilité à l'occupation du sol ; ceci en liaison avec un régime de mousson à climat semi-aride et savanes herbeuses au Nord et guinéen humide à forêt dense au Sud [7], [8], [9].

Par ailleurs, le bassin de la Comoé se caractérise par une importante mutation socio-économique aux impacts grandissants sur l'environnement et les ressources naturelles (déforestation, destruction des sols, dégradation de la qualité des eaux...[7]). Ces mutations sont essentiellement le fait d'une agriculture extensive à usage incontrôlé d'intrants chimiques et d'une forte croissance démographique augmentant la pression sur les ressources en eau en particulier. Dans le bassin versant de la Comoé, les eaux souterraines constituent la principale source d'approvisionnement en eau des populations. Celles-ci sont logées dans les aquifères superficiels d'altérites (captés via des puits villageois mal entretenus) potentiellement vulnérables car peu profonds et sensibles aux variations du climat et aux activités humaines. Ces réservoirs d'altérites sont assimilables à un milieu poreux du fait de leur nature argilo-sableuse. Sous-jacentes à ce premier réservoir, des fractures profondes du socle cristallin et cristallophyllien accédés au moyen de forages d'hydraulique villageoise plus modernes, constituent un deuxième réservoir généralement pérenne et mieux protégé dont les potentialités en eau sont étroitement liées à la densité et à l'importance de la fracturation [10].

Il est bien connu qu'en milieu de socle fissuré, l'hétérogénéité physique du milieu est un facteur déterminant d'acquisition et de contrôle de la qualité chimique des eaux naturelles [11], mais sur le bassin de la Comoé, les processus de minéralisation de ces importantes ressources et les mécanismes qui gouvernent les transferts de flux restent encore très peu connus. Les interactions hydrauliques entre les réservoirs et la part de la minéralisation naturelle des eaux et celle induite par les activités humaines le sont davantage. Les composés dissous constituant des traceurs environnementaux indispensables à la compréhension du chimisme de l'eau [12], [13], [14] peuvent être introduits dans l'eau soit naturellement [13], [15] soit par les activités anthropiques par le biais de contamination d'origine agricole ou fécale [3], [16], [17].

Ce travail se positionne comme une réflexion préliminaire à la mise en place d'un dispositif plus intégré de surveillance de la qualité physico-chimique des eaux de ce bassin et des flux de contaminants. L'objectif est de comprendre les processus majeurs qui régissent la minéralisation et la qualité des eaux naturelles et leur transfert dans le bassin de la Comoé à travers une approche croisée statistique et géochimie.

### **PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE**

Le Bassin versant transfrontalier du fleuve Comoé (Fig.1) est d'une superficie de 78 000 km<sup>2</sup> dont 90% repose sur la Côte d'Ivoire et le reste est partagé entre la Burkina Faso, le Ghana et le Mali. Avec un régime climatique sous contrainte de mousson, il regroupe une zone climatique de type tropical de transition au nord (1350 à 1500 mm de pluie/an), une autre de type équatorial de transition atténué au centre (1150 à 1400 mm de pluie/an) et une zone climatique de type équatorial de transition (1400 à 2300 mm de pluie/an) au sud [8], [9]. Ce bassin repose sur trois principales provinces géologiques. La première est constituée de granites syn-tectoniques qui se présentent en massifs extrêmement vastes (granites calco-alcalins tels que les granites à muscovite, granites à deux micas, granites à amphibole et biotite et granodiorites), la seconde est formée de granites post-tectoniques qui forment de petits massifs circonscrits et dont la nature peut être calco-alcaline (granodiorites de Bondoukou et Aboisso) ou hyper-alcaline (petits massifs de Dabakala) et la troisième située dans la région sub-littorale de la basse côte est constituée de sédiments tertiaires [1], [18]. Ces différentes formations géologiques ont été affectées par des fractures de direction préférentiellement Nord-Sud (aquifères de fractures) et ont été également touchées par le phénomène d'altération. Cette altération sur le substratum schisteux est argileuse et d'une épaisseur particulièrement variable (moins d'un mètre à près de 60 mètres avec une moyenne de 30 mètres): c'est l'aquifère d'altérites.

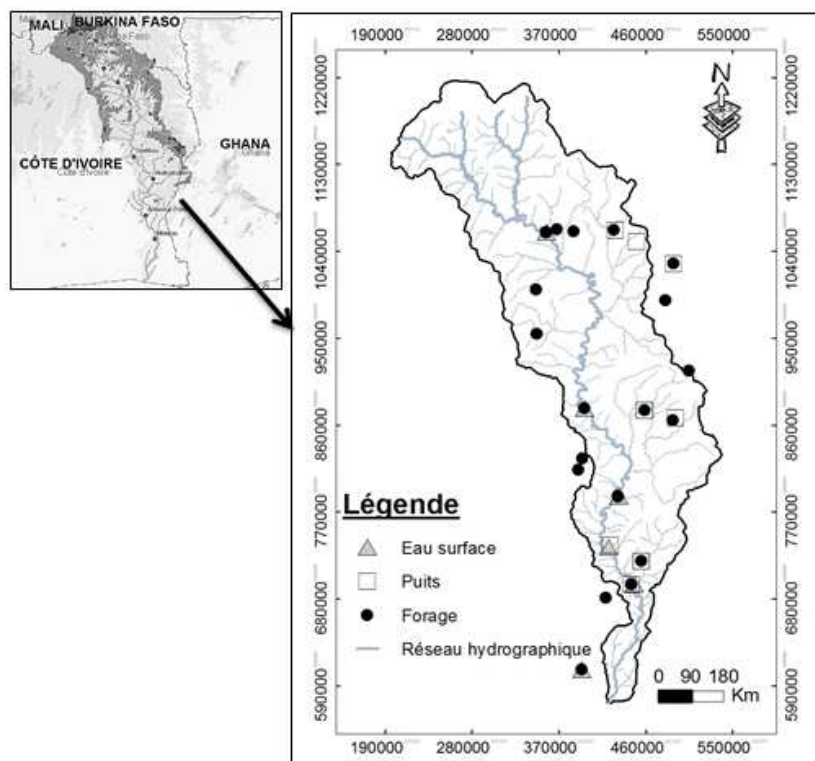


Figure 1. Situation géographique du bassin de la Comoé et points de mesure physicochimique.

## 2 MATERIELS ET METHODES

### 2.1 DONNÉES DE L'ÉTUDE

Trente-quatre points de mesures physicochimiques d'eaux souterraines (puits pour les aquifère d'altérites et forages pour les aquifères de socle) ont fait l'objet de prélèvement à la fois en saison sèche et humide. Six points d'eau de surface ont également fait l'objet d'échantillonnage à titre de comparaison. La figure 1 ci-dessus présente la répartition spatiale des points d'eau prélevés. Les paramètres physicochimiques mesurés *in situ* dans les différentes eaux sont : la température ( $T^{\circ}\text{C}$ ), le potentiel d'hydrogène (pH), l'oxygène dissous (OD), la conductivité électrique (CE) mesurés à l'aide d'une sonde multi-paramètres CRISON MM 40. Les analyses pour la détermination des concentrations en ions majeurs sont effectuées au laboratoire National d'Appui et d'Aide au Développement Agricole (LANADA) d'Abidjan (Côte d'Ivoire). Ce sont  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  et  $\text{SiO}_2$  analysés par spectrométrie d'absorption moléculaire,  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$  par spectrométrie d'absorption à la flamme (PHF 90D) et  $\text{HCO}_3^-$  par titrimétrie.

Pour la suite du travail et pour une meilleure compréhension, les initiales des échantillons de la saison sèche sont codées en majuscule et celle des échantillons de la saison humide sont codées en minuscule suivi du numéro d'ordre de l'échantillonnage. Ainsi, les eaux de surface seront représentées par les initiales « ES » et « es », les puits par « P » et « p » et les forages par « F » et « f » respectivement en saison sèche et en saison humide suivi du numéro d'ordre d'échantillonnage. A titre illustratif, « ES1 » représentera l'échantillon d'eau de surface n°1 prélevé en saison sèche et son équivalent en saison humide sera noté « es1 ».

### 2.2 MÉTHODES

#### 2.2.1 DISCRIMINATION STATISTIQUE DES EAUX : APPLICATION DU MODELE SOM (SELF ORGANIZING MAPS)

##### DÉFINITION

Les cartes auto-organisatrices de Kohonen ou *Self Organizing Maps (SOM)* sont des réseaux de neurones non-supervisés qui permettent d'ordonner et de classer des échantillons en fonction de leur similarité. Le modèle SOM se compose d'une couche d'entrée qui est la matrice de présence-absence des individus (matrice des points de mesures) qui est directement

reliée à une couche bidimensionnelle de sortie dite carte de Kohonen. Celle-ci est composée des neurones artificiels de sortie (Fig.2). Le modèle estime les intensités de connexion entre les couches d'entrée et de sortie en utilisant un procédé concurrentiel non supervisé, décrit par [19]. Ce procédé recherche itérativement des similarités parmi les données observées et les représente dans la carte de sortie avec les valeurs finales des poids où les neurones de sortie se trouvent en lignes et les points de mesure en colonnes.

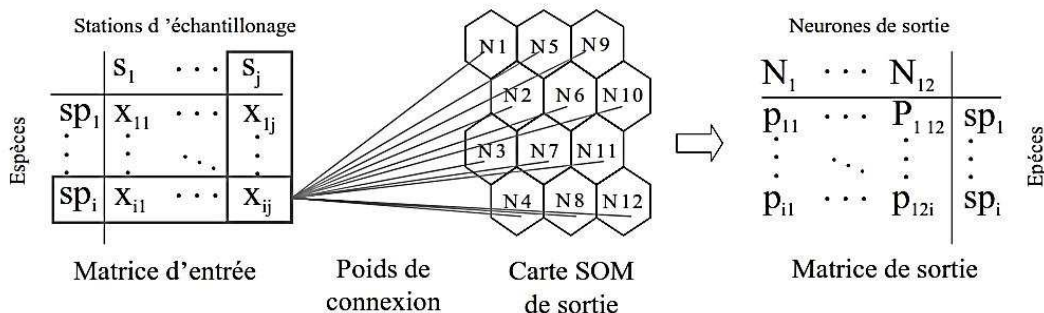


Figure 2. Matrice (ou couche) d'entrée et de sortie de la Carte auto-organisatrice simplifiée [20].

### PHASE D'APPRENTISSAGE DU MODÈLE

Elle met en correspondance l'espace des entrées et la carte et aura pour but d'adapter les poids  $W$  de telle sorte que des individus proches dans l'espace d'entrée soient associés au même neurone ou à des neurones proches dans la carte de sortie. L'apprentissage se fait avec différentes tailles de cartes et la taille optimale est choisie en minimisant les erreurs dites de quantification ( $QE$ ) et de topographie ( $TE$ ) [20]. Les neurones obtenus à partir de la carte sont ensuite regroupés à l'aide d'une procédure de classification hiérarchique ascendante (CAH). Cette classification consiste à définir un critère d'agrégation des classes qui peut être défini par la mesure du degré de ressemblance ou de dissemblance qui existerait entre les échantillons en fonction des paramètres étudiés. Le critère de regroupement est le critère de *Ward* qui semble la plus pertinente selon [21]. Le nombre de regroupements provenant de cette classification guidé par la valeur de la distance euclidienne est laissé au choix de l'utilisateur et doit donc être déterminé selon les objectifs de l'application et l'appréciation de l'analyste [22]. L'interface SOM Toolbox (version 2) sous Matlab utilisée pour la réalisation de la carte de Kohonen et de la classification a été développée par l'Université de Technologie d'Helsinki (<http://www.cis.hut.fi/projects/somtoolbox/>).

Avant l'utilisation des données dans le modèle SOM, les variables (valeurs des paramètres physicochimiques) sont ramenées à une même hiérarchie. Elles sont donc standardisées à travers une transformation des échantillons d'origine en leur moyenne centrée-réduite. La valeur standardisée de la variable est notée  $Z_{ij}$  et s'écrit selon l'équation (1) :

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij} - X_m}{S_j} \quad Eq.1$$

$X_{ij}$  désigne la valeur réelle de la variable,  $X_m$  représente la valeur moyenne de la série et  $S_j$  l'écart type de celle-ci.

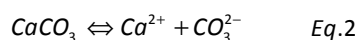
### 2.2.2 CARACTÉRISATION GÉOCHIMIQUES DES EAUX

#### DIAGRAMME DE PIPER

Le diagramme de Piper, diagramme ternaire d'évaluation géochimique des eaux introduit par [23] a été utilisé pour l'identification et la représentation des faciès hydrogéochimiques majeures qui déterminent la prédominance des ions primaires. La réalisation du diagramme a été possible grâce à la version 6.5 du logiciel DIAGRAMMES de l'université d'Avignon, France (<http://www.lha.univ-avignon.fr/>). Une description détaillée de la méthode est consultable dans [24].

#### INDICES DE SATURATION

Les indices de saturation (IS) permettent d'apprécier l'état d'équilibre (ou de déséquilibre) physicochimique de l'eau vis-à-vis des minéraux primaires et néoformés au contact de la roche [25]. L'état d'équilibre d'une réaction de solubilité d'un minéral est caractérisé par sa constante d'équilibre  $K$  [26]. En considérant l'équation de solubilité de la calcite suivante:



$$K_s = (a_{Ca^{2+}})_{eq} \times (a_{CO_3^{2-}})_{eq} \quad Eq.3$$

Où  $a_{Ca^{2+}}$  et  $a_{CO_3^{2-}}$  sont les activités des espèces  $Ca^{2+}$  et  $CO_3^{2-}$  lorsque l'équilibre de la réaction est atteint. L'état d'avancement de la réaction est caractérisé par le quotient de réaction  $Q_R$ , aussi appelé produit d'activité ionique, qui s'écrit de manière identique à la constante d'équilibre seulement qu'ici la réaction se déroulant n'est plus à l'équilibre. Le calcul de l'indice de saturation ( $IS$ ) se fait selon l'équation (4):

$$IS = \text{Log} \frac{Q_R}{K_s} \quad Eq.4$$

Du fait de l'imprécision des mesures de pH *in situ*, [27] propose de considérer comme saturée une eau ayant un indice de saturation compris dans l'intervalle +/- 0,5 :

- $IS > 0,5$ , la solution est sursaturée par rapport au minéral, et le minéral peut potentiellement précipiter ;
- $IS = 0,5$ , la solution est en état d'équilibre avec le minéral ;
- $IS < 0,5$ , la solution est sous saturée et le minéral peut potentiellement se dissoudre.

La détermination des indices de saturation a été effectuée en utilisant le code de calcul PHREEQC [28] incorporé au logiciel DIAGRAMMES 6.5.

### 3 RESULTATS

#### 3.1 CLASSES STATISTIQUES DES POINTS D'EAU ECHANTILLONNES

##### 3.1.1 CHOIX DES MATRICES DE SORTIE (DIMENSION DE LA CARTE DE KOHONEN)

A l'issue de la phase d'apprentissage, les dimensions des matrices retenues (carte de Kohonen) sur la base des valeurs minimales de QE et TE sont indiquées en gras dans le tableau 1. Ainsi, la matrice retenue pour la saison sèche est de dimension [5x6] soit 30 cellules (Fig.3) pour des erreurs minimales de quantification (QE) égale à 0,531 et de topographie (TE) de 0,000 et celle retenue pour la saison humide est [4x8] soit 32 cellules (Fig.3) pour des erreurs minimales de quantification (QE) égale à 0,529 et de topographie (TE) de 0,000.

**Tableau 1. Choix des matrices en fonction de la taille (N) de l'échantillon et des erreurs de quantification (QE) et de topographie (TE) ; la matrice retenue est en gras.**

Saison	N	√N	Matrice possible	QE	TE
Sèche	36	30	<b>5x6</b>	<b>0,531</b>	<b>0,000</b>
			6x5	0,533	0,000
Humide	40	31,62	6x5	0,525	0,025
			5x6	0,552	0,050
			8x4	0,533	0,050
			<b>4x8</b>	<b>0,529</b>	<b>0,000</b>

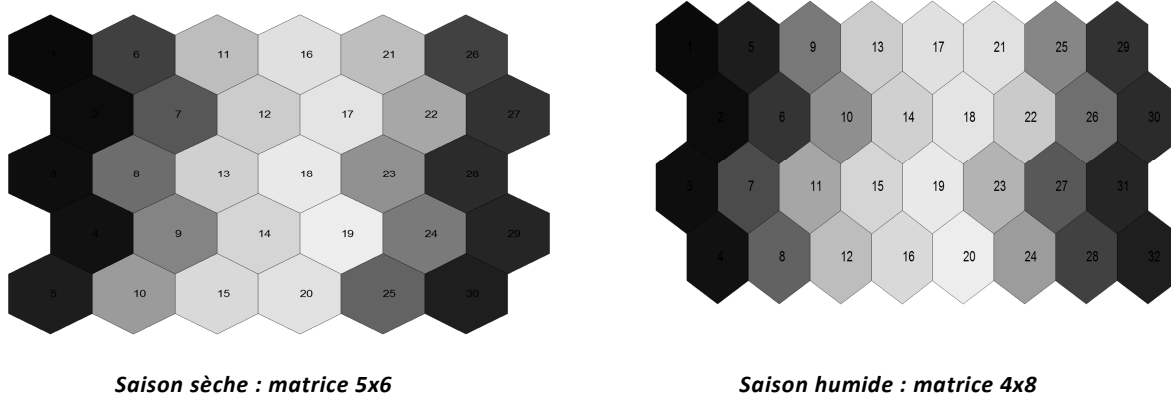


Figure 3. Cartes auto-organisatrices de Kohonen générées à partir des matrices choisies.

### 3.1.2 DENDROGRAMMES DE CLASSIFICATION HIÉRARCHIQUE

La classification ascendante hiérarchique (CAH) a permis de regrouper l'ensemble des eaux de la saison sèche en 3 classes distinctes chimiquement (**C.I** ; **C.II** ; **C.III**) avec un niveau de coupure de l'arbre à 1 (Fig.4a). Au-delà d'une distance euclidienne de 1 soit 1,4 les échantillons des classes C.I et C.II se rapprochent pour en former une seule classe distincte de la classe C.III. Quant à la saison humide, une classification plus distinctive apparaît lorsque la distance euclidienne est de 0,75 (Fig.4b). Pour cette distance, les échantillons sont regroupés en 4 classes (**C'.I** ; **C'.II** ; **C'.III** ; et **C'.IV**). Par contre, avec un niveau de coupure de l'arbre à 1, on obtient 3 groupes tout comme la classification obtenue en saison sèche. Ainsi, les échantillons des classes C'.II et C'.III formeraient une même classe et seraient différents des classes C'.I et C'.IV.

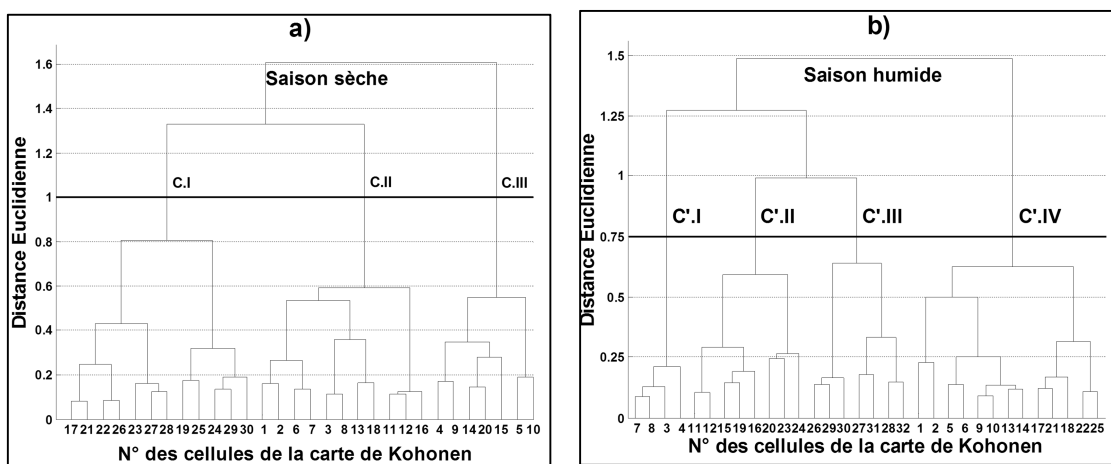


Figure 4. Denogramme de classification des cellules de la carte de Kohonen en fonction des paramètres physico-chimiques : (a) saison sèche, (b) saison humide.

### 3.1.3 REPARTITION DES ECHANTILLONS SUR LA CARTE DE KOHONEN

Pendant la saison sèche, les échantillons constitutifs des différentes classes, générés à partir du dendrogramme à une distance euclidienne de 1 sont repartis sur la carte de Kohonen de la figure 5a. Aussi la représentativité des réservoirs dans chaque classe est discutée dans le tableau 2. Toutes les classes apparaissent hétérogènes à divers degrés :

- **La classe C.I** (P5, P9, F2, F3, F4, F9, F11, F12, F14, F17, F18, F19, F20, F21), exceptée la présence de deux échantillons de puits (P5 et P9), reste majoritairement constituée d'eau de la nappe de socle avec près de 33% de représentativité.
- **La classe C.II** (ES1, ES2, ES3, ES4, ES5, ES6, P1, P2, P3, P4, P7, F1, F7, F10, F13, F15) apparaît particulièrement hétérogène car caractérisée par le regroupement d'eaux de surface, de nappes d'altérites et de nappes de socle (puits et forages) à des proportions presque identiques.

- **La classe C.III** (P6, P8, F5, F6, F16, F22) se distingue par le regroupement d'eaux souterraines (nappe d'altérites et de socle) avec une légère prédominance des eaux de la nappe de socle.

**Pendant la saison humide**, les classes demeurent plus ou moins hétérogènes tout comme en saison sèche (Fig.5b et tab.2) :

- **la classe C'.I** qui était caractéristique des nappes de socle en saison sèche devient caractéristique des nappes d'altérites à près de 80% (présence d'un seul échantillon de forage (f22)).
- **Les classes C'.II et C'.III** à elles seules contiennent la quasi-totalité des eaux de la nappe de socle avec près de 38% des échantillons.
- **La classe C'.IV** est mixte comme la classe C.II en saison sèche avec une parité entre nombre de puits et échantillons d'eaux de surface.

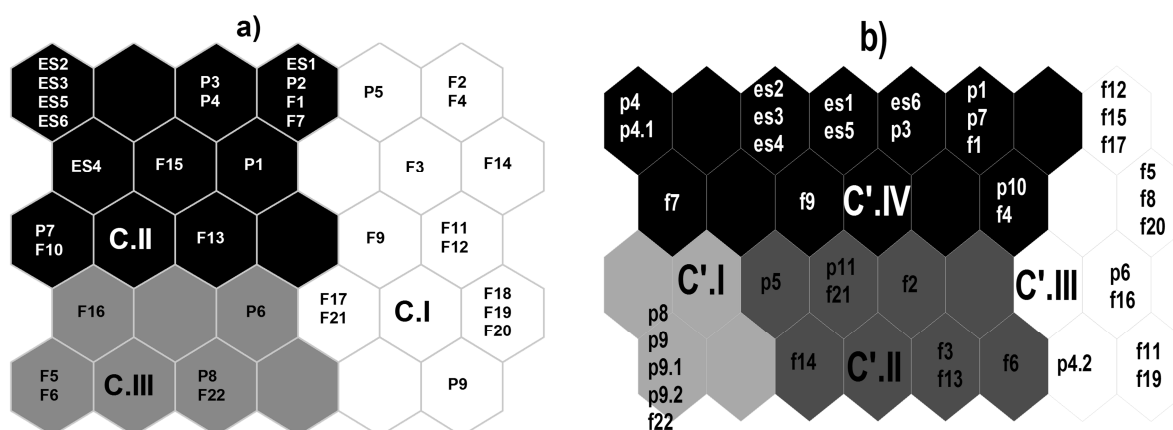


Figure 5. Répartition des classes d'eau issues du dendrogramme sur la carte de Kohonen : (a) saison sèche, (b) saison humide

Tableau 2. Nombre d'échantillons et représentativité des eaux de surface, des puits et des forages dans chaque classe de Kohonen.

Type d'eau	Saison sèche			Saison humide			
	C.I	C.II	C.III	C'.I	C'.II	C'.III	C'.IV
Total points d'eau	14	16	6	5	8	11	16
% Eaux de surface	0	16,67	0	0	0	0	15
% Puits (altérites)	5,56	13,89	5,55	10	5	5	15
% Forages (socle)	33,33	13,89	11,11	2,5	15	22,5	10

### 3.1.4 DIFFERENCIATION PHYSICO-CHEMIE DES CLASSES D'EAU

L'importance des paramètres physicochimiques dans la classification des points d'échantillonnage est indiquée dans la figure 6 et le tableau 3.

**En saison sèche** (Fig.6a et Tab.3) :

- **La classe C.I** majoritairement constituée d'eau de nappes de socle (Fig.5) présente une conductivité moyenne caractéristique de concentrations moyennes en éléments dissous ; seuls les éléments SiO<sub>2</sub> et PO<sub>4</sub><sup>2-</sup> et F<sup>-</sup> présentent des fortes concentrations, les autres étant moyennement ou faiblement représentés.
- **La classe C.II** étant la plus hétérogène (présence à la fois d'eaux de surface, d'altérites et de socle) présente une conductivité électrique plus faible que celle de la classe C.I avec des concentrations en éléments dissous également plus faibles. Ici seul Na<sup>+</sup> présente une concentration moyenne particulièrement élevée, les autres étant faiblement ou très faiblement représentés.

- **La classe C.III**, composée uniquement d'eaux souterraines (légère prédominance des nappes de socle), apparaît être la plus riche en minéraux dissous avec une plus forte conductivité électrique. Cette classe présente des teneurs particulièrement très fortes en  $PO_4^{3-}$  et  $Na^+$ , et fort en  $HCO_3^-$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Cl^-$  et  $NO_3^-$ , le tout accompagné d'une faible acidité.

En saison humide (Fig.6b et Tab.3) :

- **La classe C'I**, avec une moyenne de 578,75  $\mu S.cm^{-1}$  (Tab.4), est la plus minéralisée. Tout Comme la classe **C.III** en saison sèche, la classe **C'I** est plus riche en minéraux issus de l'altération avec un pH moyen légèrement basique de  $7,20 \pm 0,08$ .
- **La classe C'II**, tout comme la **classe C'III**, est riche en silice comparativement aux autres groupes. Ces deux classes renferment à elles seules la quasi-totalité des échantillons de **C.III**. Elles seraient l'équivalentes de cette classe en saison humide. Toutefois, la **classe C'II** se distingue de la **classe C'III** par ses teneurs plus importantes en  $HCO_3^-$ ,  $Ca^{2+}$  et  $PO_4^{3-}$  (Tab.4)
- **La classe C'III** renferme dans l'ensemble des échantillons à forte minéralisation avec une conductivité moyenne de 349,25  $\mu S.cm^{-1}$  (Tab.4). Ces eaux restent les plus riches en  $SiO_2$  et en ions  $F^-$  et  $NO_3^-$  comparativement à la **classe C'II**.
- **La classe C'IV** pauvre en  $SiO_2$  est caractéristique des eaux les moins minéralisées avec les plus faibles teneurs possibles en anions et en cations. Certains échantillons de cette classe s'assimilent à la **classe C'III** en terme d'importance des teneurs en  $NO_3^-$ .

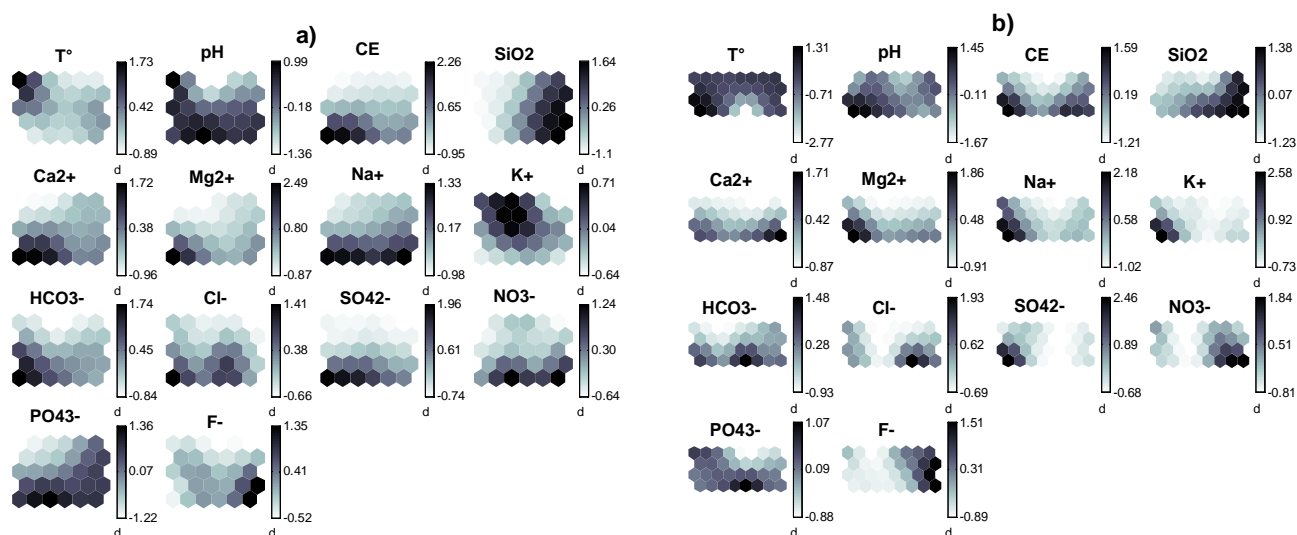


Figure 6. Poids des paramètres physico-chimiques dans la définition des classes : a) saison sèche et b) saison humide.

Tableau 3. Différenciation physico-chimique des classes d'eau en saison sèche et humide.

Période	Classe	Paramètre physicochimique													
		T	pH	CE	SiO <sub>2</sub>	Ca	Mg	Na	K	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	F	NO <sub>3</sub>
Saison sèche	C.I	++	++	++	++++	++	+	+++	+	++	++	++	+++	+++	++
	C.II	+++	+	+	+	+	+	++	++++	+	++	+	++	+	+
	C.III	+	++++	+++	++	+++	+++	++++	++	+++	+++	+++	++++	++	+++
Saison humide	C'.I	+++	++++	++++	++	+++	++++	++++	++++	+++	++	++++	++	+	+
	C'.II	++	++	++	+++	++	++	+	+	+++	+++	+	+++	+	++
	C'.III	+++	++	+++	++++	+++	++	++	++	++	++	+	++	+++	+++
	C'.IV	+++	++	+	++	+	+	+	+	+	+	++	+	+	+

Tableau 4. Valeurs moyennes et écart-types en méq.L-1 des paramètres physico-chimiques des classes de Kohonen.

Période	Classe	T	pH	CE	SiO <sub>2</sub>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	F <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Saison sèche	C.I	28,81	6,76	225,36	67,68	1,46	0,77	0,52	0,08	1,79	1,07	0,14	0,01	0,03	0,06
		±1,27	±10,58	±121,94	±112,83	±10,76	±10,66	±10,34	±10,04	±11,03	±11,05	±10,23	±10,00	±10,02	±10,07
	C.II	29,99	6,64	150,93	21,91	0,77	0,37	0,32	0,12	1,17	0,67	0,04	0,01	0,02	0,06
		±2,08	±1,55	±111,18	±8,43	±0,83	±0,36	±0,22	±0,06	±1,08	±0,74	±0,04	±0,00	±0,02	±0,07
	C.III	28,14	7,46	656,00	21,00	3,39	1,96	0,84	0,07	3,72	1,82	0,61	0,02	0,02	0,10
		±1,16	±2,78	±287,48	±11,35	±1,29	±1,02	±0,36	±0,40	±1,54	±1,37	±0,50	±0,44	±0,63	±0,63
Saison humide	C'.I	25,07	7,20	578,75	28,13	0,89	0,62	0,01	0,59	1,25	0,81	0,45	0,01	0,00	0,04
		±1,79	±0,08	±172,01	±8,83	±0,47	±0,21	±0,00	±0,34	±0,49	±0,42	±0,39	±0,00	±0,00	±0,01
	C'.II	20,95	6,43	412,35	33,63	0,82	0,34	0,00	0,11	1,10	1,35	0,02	0,01	0,00	0,05
		±4,68	±0,05	±402,62	±10,62	±0,46	±0,16	±0,00	±0,08	±0,60	±2,11	±0,03	±0,00	±0,00	±0,04
	C'.III	23,48	5,72	349,25	50,53	0,60	0,34	0,01	0,14	0,89	0,76	0,08	0,01	0,02	0,08
		±0,58	±1,12	±96,22	±4,59	±0,40	±0,24	±0,001	±0,09	±0,44	±0,34	±0,14	±0,00	±0,01	±0,04
	C'.IV	23,73	6,20	226,40	21,43	0,41	0,23	0,001	0,07	0,36	0,37	0,001	0,00	0,00	0,07
		±0,24	±0,91	±100,48	±9,55	±0,19	±0,11	±0,001	±0,03	±0,30	±0,27	±0,00	±0,00	±0,00	±0,03

### 3.2 PROCESSUS DE MINÉRALISATION DES EAUX

#### 3.2.1 FACIÈS HYDROCHIMIQUES

En saison sèche, la signature chimique des eaux reste contrôlée par deux principaux hydro-faciès hydrochimiques : l'hydro-faciès bicarbonaté calco-magnésien et l'hydro-faciès chloruré nitraté calco-magnésien. Quelques échantillons (de la classe II principalement) se caractérisent toutefois par l'hydro-faciès bicarbonaté sodi-potassique (Fig. 7).

En saison humide, les deux principaux hydro-faciès de la saison sèche se maintiennent (bicarbonaté calco-magnésien et chloruré nitraté calco-magnésien) mais le troisième hydro-faciès n'apparaît plus (Fig. 7).

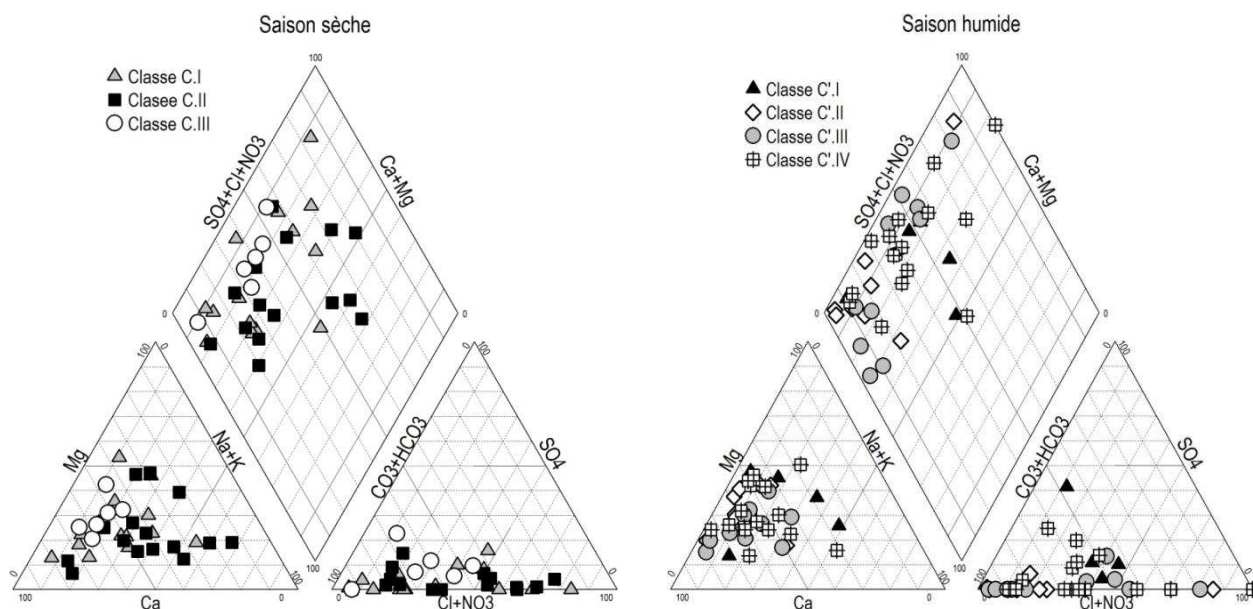


Figure 7. Diagramme ternaire de Piper des classes d'eau de Kohonen en saison sèche et en saison humide

### 3.2.2 ETAT D'EQUILIBRE PHYSICO-CHIMIQUES DES CLASSES D'EAU

L'état d'équilibre des eaux est apprécié à partir des indices de saturation vis-à-vis de la calcite et la dolomite. Les gammes de variation des indices montrent que l'IS-Calcite varie entre -5,28 et +1,48 et l'IS-Dolomite entre -10,99 et +2,27 pour les deux saisons.

**En saison sèche**, la figure 8 indique que les eaux des classes **C.I** et **C.II** sont sous-saturées par rapport à la calcite avec des IS-médians respectifs de -1,21 et -1,76. Toutefois, la **classe C.I** reste plus encline à la saturation que la **C.II**. On enregistre le même cas de figure de sous-saturation vis-à-vis de la dolomite. Pendant la même saison, tous les échantillons de la classe **C.III** sont en équilibre vis-à-vis de la calcite ( $-0.5 \leq IS \leq 0.5$ ) quand seulement 25% le sont pour la dolomite.

**En saison humide**, toutes les classes sont sous-saturées par rapport à la dolomite et à la calcite. Les indices varient entre -0,48 et -5,09 pour la calcite et entre -1,68 et -10,91 pour la dolomite (Fig.9). Comparativement à la saison sèche, les indices en saison humide baisse avec des valeurs médianes plus faibles. Toutefois, les classes **C'.I** et **C'.II** ont une propension à la dissolution. Ces deux classes, de par la distribution des valeurs des indices, se rapprochent plus de la zone d'équilibre que les eaux des classes **C'.III** et **C'.IV**.

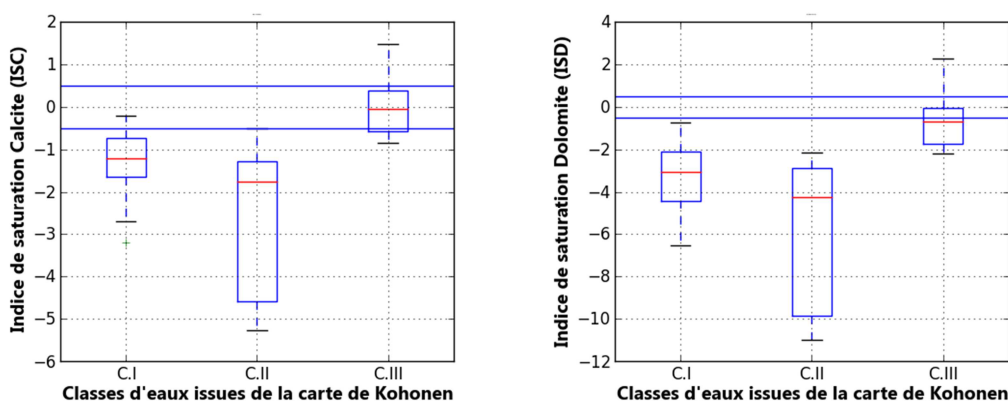


Figure 8. Distribution des indices de saturation par rapport à la calcite (ISC) et la dolomite (ISD) des classes d'eau en saison sèche.

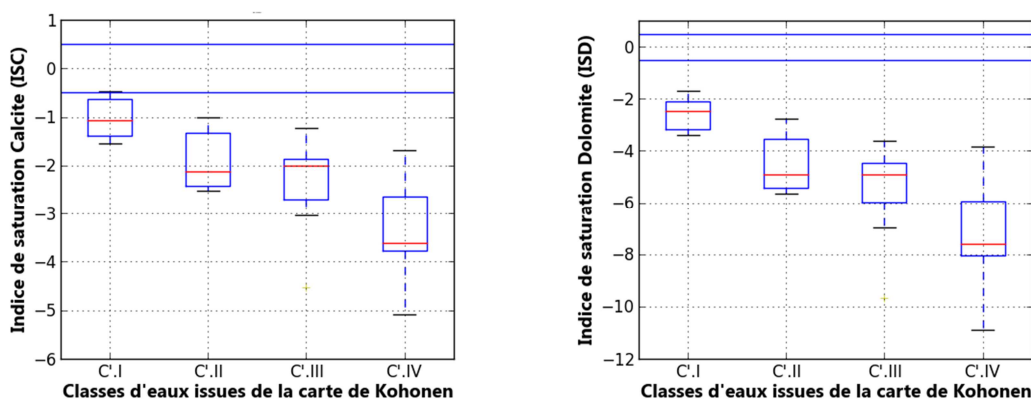


Figure 9. Distribution des indices de saturation par rapport à la calcite (ISC) et la dolomite (ISD) des classes d'eau en saison humide.

## 4 DISCUSSION

La discrimination statistique et géochimique des échantillons a permis de classer les points d'eau de surface, de nappes d'altérites et de nappes de socle fissuré en fonction des similarités liées aux compositions chimiques et à leurs variations saisonnières. Parmi les principales classes identifiées indépendamment de la saison, certaines présentent une homogénéité

interne (classes formées d'eaux de même origine) tandis que d'autres en présentent une forte hétérogénéité traduite par la présence dans une même classe d'eaux de surface, de nappes d'altérites et de nappes de socle montrant ainsi que l'origine de l'eau et la nature de l'aquifère n'influencent pas significativement cette classification.

Cependant, si la présence de classes à composition homogène, c'est à dire formées d'eaux ayant des caractéristiques similaires du fait d'une unique origine apparaît logique, les classes hétérogènes formées d'eaux d'origines différentes mais ayant des caractéristiques similaires sont à relier à des processus plus complexes. Il est établi que la minéralisation des eaux souterraines, en conditions naturelles, provient d'une part de la nature des roches traversées au cours de l'infiltration et d'autre part du temps de contact entre l'eau et les minéraux [29], [30]. Si tel était le cas ici, les eaux de surface du fait de leur caractère ouvert aux précipitations devraient être moins minéralisées que les eaux de puits. Ensuite le socle cristallin fissuré recevant l'eau des couches plus superficielles des altérites sus-jacentes devraient être davantage minéralisé. Selon cette règle d'évolution croissante de la minéralisation avec la profondeur, une nette discrimination sur la base du différentiel de minéralisation entre eaux de surface, eaux des altérites et eaux du socle fissuré devrait prévaloir. Cette absence de discrimination nette entre les eaux pourraient traduire alors d'une part, une connexion hydraulique avec possibilité de mélange d'eau entre les différentes nappes logées dans les altérites [31], [32], [33] et d'autre part entre les fissures du socle cristallin [34]. A cette première connexion hydraulique, pourrait s'ajouter une continuité hydraulique entre les aquifères d'altérites et les aquifères du socle fissuré, continuité qui aura tendance à rapprocher les caractéristiques physico-chimiques des eaux de ces deux aquifères. Mais, la présence de classes à composition homogène laisse toutefois penser que cette deuxième continuité hydraulique est localisée et ne concernerait pas l'ensemble de la surface des aquifères ; une présence probable de nappes perchées isolées par endroit [31] pourrait expliquer également les compositions homogènes des classes.

Par ailleurs, le rapprochement des caractéristiques physico-chimiques des eaux de surface de celles des eaux souterraines (classes hétérogènes) pourrait traduire aussi une forte interaction nappe-rivière [35] avec possibilité pour les cours d'eau de constituer des drains de vidange pour les aquifères du socle fissuré, mais aussi pour les fractures qui pourraient constituer des couloirs permettant l'évacuation de ces eaux de surface. Cette idée est confortée par l'assertion selon laquelle les grands cours d'eau ivoiriens sont généralement logés dans les fractures du socle cristallin et cristallophyllien [36]. En accord avec cette interaction nappe-rivière, l'hétérogénéité interne des classes montre en outre que les eaux souterraines plus récentes car recevant directement les précipitations pourraient être des zones préférentielles de recharge de la nappe où le temps nécessaire à la mise en solution des minéraux est relativement court selon [37], [38] traduisant un fort taux de renouvellement (temps de séjour court) en eau des aquifères. Cette idée du temps de séjour court est confortée par les niveaux de sous-saturation vis-à-vis de la calcite et de la dolomite de la plupart des eaux. Cette sous-saturation traduit un niveau de renouvellement élevé et un âge récent des eaux souterraines selon [39].

En marge de la minéralisation naturelle (interaction eau-roche) des eaux caractérisée par un faciès bicarbonaté calco-magnésien dominant, une part de minéralisation induite caractéristique d'un faciès chloruré nitraté calco-magnésien est enregistrée. Cette minéralisation induite est traduite par une forte prévalence de nitrate et chlorure dans certaines eaux souterraines due certainement aux activités humaines en surface et au pluvio-lessivage qui conduiraient ces éléments dissous via les infiltrations vers les nappes [40], [17], [41]. Selon [42], [41], [43], l'excès de chlorures et nitrates dans les eaux proviendrait d'effluents de système d'assainissement inadéquat et/ou d'effluents agricoles qui percolent dans la zone saturée atteignant la nappe.

## 5 CONCLUSION

L'approche couplée statistique-géochimie adoptée dans cette étude a permis de comprendre les processus majeurs qui régissent les transferts de flux et la minéralisation des eaux naturelles sur le bassin versant de la Comoé. Les transferts de flux sont en effet guidés par une continuité hydraulique à la fois interne aux aquifères (altérites et socle fissuré) et entre les aquifères d'altérites et de socle. Ces transferts se caractérisent par une forte interaction nappe-rivière avec possibilité de recharge des nappes (régulièrement renouvelées) via les cours d'eau. La minéralisation des eaux du bassin versant de la Comoé est à la fois le fait de processus naturels (interaction eau-roche et mise en solution de produits d'altération, dissolution/précipitation, et les phénomènes d'échanges de bases) et des activités anthropiques (domestiques et agricoles) qui introduisent essentiellement les nitrates et chlorures dans le milieu.

Ces résultats préliminaires importants constitueront la base d'orientation à une étude plus détaillée pour la mise en place d'un dispositif plus intégré et une chaîne d'approches scientifiques de surveillance et de suivi de la qualité des eaux et des flux de contaminants dans le bassin transfrontalier de la Comoé.

## REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, nous adressons nos sincères remerciements aux animateurs du Programme d'Appui à l'Enseignement Supérieur (PAES) dans l'espace UEMOA pour avoir accepté de financer notre projet de recherche. Au-delà de ce remerciement, c'est à l'endroit de l'UEMOA que va notre reconnaissance, notre institution sous régionale sans laquelle nous n'aurions pas pu atteindre ces importants résultats scientifiques.

## REFERENCES

- [1] J. M. Lamachère, "Développement de l'agriculture dans l'ORD de la Comoé. Phase II, étude hydrologique," 1987.
- [2] K. K. Jean, J. J. Patrice, S. M. Bachir, D. S. Kouakou, A. A. Tawa, L. Yves, C. Vincent, and B. Jean, "Modeling of groundwater flow and drawdown evolution simulation of Abidjan aquifer (Côte d'Ivoire)," *J. Asian Sci. Res.*, vol. 3, no. 4, pp. 344–364, 2013.
- [3] I. K. Kouamé, L. K. Kouassi, B. Dibi, I. D. Rascanu, G. Romanescu, and I. Sandu, "Potential Groundwater Pollution Risks by Heavy Metals from Agricultural Soil in Songon Area (Abidjan, Côte d'Ivoire)," *J. Environ. Prot. (Irvine, Calif.)*, vol. 4, no. December, pp. 1441–1448, 2013.
- [4] B. Adiaffi, C. Marlin, Y. Marie, S. Oga, R. Pichon, and J. Biemi, "Approche semi-quantitative de la minéralisation des aquifères schisteux en zone équatoriale de transition : cas de la région Sikensi-Agboville ( Côte d ' Ivoire )," *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 6, no. 5, pp. 2228–2240, 2012.
- [5] Y. M. S. Oga, T. Lasm, M. Massault, D. Baka, G. Ake, C. Marlin, J. Biemi, and C. Hillaire-Marcel, "Caractérisation et suivi isotopique des eaux de la nappe semi-captive du Maestrichtien de la Côte d ' Ivoire," *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 5, no. 3, pp. 991–1004, 2011.
- [6] B. Dabin, N. Leneuf, and G. Riou, "Carte pédologique de la Côte d'Ivoire au 1/2.000.000, Notice explicative," Abidjan, 1960.
- [7] D. Noufé, G. Mahé, B. Kamagaté, É. Servat, a. Goula Bi Tié, and I. Savané, "Climate change impact on agricultural production: the case of Comoe River basin in Ivory Coast," *Hydrol. Sci. J.*, vol. 6667, no. September, pp. 1–12, 2015.
- [8] D. Noufé, "Changement hydroclimatique et transformations de l'agriculture: l'exemple des paysanneries de l'Est de la Côte d'Ivoire," Thèse de Doctorat, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, p. 375, 2011.
- [9] K. E. Kouakou, "Impacts de la variabilité climatique et du changement climatique sur les ressources en eau en Afrique de l'Ouest: Cas du bassin versant de la Comoé," Thèse de Doctorat, Université d'Abobo-Adjamé, p. 204, 2011.
- [10] P. Lachassagne and R. Wyns, "Aquifères de socle : Nouveaux concepts. Application à la prospection et à la gestion de la ressource en eau," *Rev. Géoscience du BRGM*, vol. 2, no. Septembre, pp. 33–37, 2005.
- [11] V. Ayraud, "Détermination du temps de résidence des eaux souterraines : application au transfert d'azote dans les aquifères fracturés hétérogènes," Thèse de Doctorat, Université Rennes 1, p. 312, 2005.
- [12] S. Diop, F. Diome, M. Samb, and R. Sarr, "Hydrogeochemical Relationships between Spring and Subsurface Waters in the Dindéfello Area of South Eastern Senegal," *J. Water Resour. Prot.*, vol. 6, no. December, pp. 1743–1754, 2014.
- [13] R. Brodie, B. Sundaram, R. Tottenham, S. Hostetler, and T. Ransley, "An Overview of Tools for Assessing Groundwater-Surface Water Connectivity," *Bur. Rural Sci. Canberra.*, p. 133, 2007.
- [14] C. Fetter, *Contaminant hydrogeology*. New York, USA: Macmillan Publishing Co., 1993.
- [15] E. Giménez-Forcada, A. Bencini, and G. Pranzini, "Hydrogeochemical considerations about the origin of groundwater salinization in some coastal plains of Elba Island ( Tuscany , Italy )," *Env. Geochem Heal.*, vol. 32, pp. 243–257, 2010.
- [16] S. M. Rashrash, B. M. Ben Ghawar, and A. M. Hweesh, "Evaluating Groundwater Pollution Using Hydrochemical Data : Case Study ( Al Wahat Area East of Libya )," *J. Water Resour. Prot.*, vol. 7, no. March, pp. 369–377, 2015.
- [17] A. Shorieh, G. Porel, and M. Razack, "Assessment of Groundwater Quality in the Dogger Aquifer of Poitiers , Poitou-Charentes," *J. Water Resour. Prot.*, vol. 7, no. February, pp. 171–182, 2015.
- [18] S. Touré, J.-P. Pupin, and R. Yobou, "Nouvelles caractérisations pétrologiques et géochronologiques du granite sub-alcalin potassique d'Ayamé, Sud-Est de la Côte d'Ivoire," *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, vol. 13, pp. 115–137, 2009.
- [19] T. Kohonen, "Self-Organizing Maps," in *Springer Series in Information Sciences*, 30th ed., Springer-Verlag, Berlin., 2001.
- [20] I. A. Aguilar, "Les peuplements de poissons comme outil pour la gestion de la qualité environnementale du réseau hydrographique de la Garonne," Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse, p. 134, 2004.
- [21] V. Cloutier, R. Lefebvre, R. Therrien, and M. M. Savard, "Multivariate statistical analysis of geochemical data as indicative of the hydro-geochemical evolution of groundwater in a sedimentary rock aquifer system," *J. Hydrol.*, vol. 355, pp. 294–313, 2008.

- [22] A. N. Rousseau, P. D. Lafrance, R. D. Quilbé, E. M. Caron, M. M. Grenier, M.-P. Lavignen, and S. Savary, "Développement de normes de performance agro-environnementales atteignables (NPA) sur quatre bassins versants canadiens," *Rapp. N° R-924*, p. 217, 2007.
- [23] A. M. Piper, "A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analysis," Washington, 1953.
- [24] J. D. Hem, *Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water*, Third Edit. U.S. Geological Survey Water Supply, 1989.
- [25] R. Cidu, R. Biddau, and L. Fanfani, "Impact of past mining activity on the quality of groundwater in SW Sardinia (Italy).," *J. Geochemical Explor.*, vol. 100, pp. 125–132, 2009.
- [26] C. A. J. Appelo and D. Postma, "Ion Exchange," in *Geochemistry, Groundwater and Pollution*, 2nd ed., Balkema, pp. 241–309, 2005.
- [27] T. Paces, "Chemical characteristics and equilibration in natural water-felsic rock-CO<sub>2</sub> system," *Geochim. Cosmochim. Acta*, Oxford, vol. 36, p. 217-240, 1972.
- [28] D. L. Parkhurst and C. A. J. Appelo, "User's Guide To PHREEQC (version 2) — a Computer Program for Speciation, and Inverse Geochemical Calculations," *Water-Resources Investig. Rep. 99-4259*, no. 2, p. 326, 1999.
- [29] L. Sigg, W. Stumm, and P. Behra, *Chimie des milieux aquatiques: chimie des eaux naturelles et des interfaces dans l'environnement*. Paris: Masson, 1992.
- [30] C. A. J. Appelo and D. Postma, "Variable dispersivity in a column experiment containing MnO<sub>2</sub> and FeOOH-coated sand," *J. Contam. Hydrol.*, vol. 40, pp. 95–106, 1999.
- [31] L. Séguis, S. Galle, M. Arjounin, S. Boubkraoui, J. Bouchez, I. Braud, F. Cazenave, C. Depraetere, M. Gosset, L. Le Barbé, F. Malinur, B. Cappelaere, G. Favreau, C. Peugeot, J. Seidel, V. Demarez, V. Le Dantec, A. Legchenko, H. Robain, C. Camerlynck, C. Otle, I. Zin, M. Zribi, F. Jacquin, B. Kamagate, and E. Lawin, "Caractérisation des processus hydrologiques sur le super-site de la Donga. Haut bassin de l'Ouémé (Bénin), ORE AMMA-CATCH," in *Atelier Instrumentation et Expérimentation, Paris 23-24 mars 2004 INSU – METEO France - IFREMER Caractérisation*, 2004.
- [32] B. Kamagaté, L. Séguis, G. Favreau, J.-L. Seidel, M. Descloîtres, and P. Affaton, "Processus et bilan des flux hydriques d'un bassin versant de milieu tropical de socle au Bénin (Donga, haut Ouémé)," *Comptes Rendus Géosciences, Elsevier Masson*, vol. 339, no. 6, pp. 418–429, 2007.
- [33] S. Galle, L. Séguis, M. Arjounin, T. Bariac, J.-M. Bouchez, I. Braud, J.-M. Cohard, M. Descloitre, G. Favreau, B. Kamagaté, J.-P. Laurent, M. Le Lay, F. Malinur, C. Peugeot, H. Robain, and J. Seghieri, "Evaluation des termes du bilan hydrologique sur le bassin versant de la Donga par mesure et modélisation," *multigr.*, p. 6, 2007.
- [34] B. Kamagate, A. Mariko, L. Séguis, A. Dao, H. Bokar, and D. L. Goné, "Différenciation hydrogéochimique entre les nappes superficielles des altérites et profondes du socle fissuré dans le bassin versant de Kolondieba (Sud du Mali): approche statistique par la méthode SOM des réseaux de neurones," in *Global Change: Facing Risks and Threats to Water Resources (Proc. of the Sixth World FRIEND Conference, Fez, Morocco, October 2010)*. IAHS Publ., 2010, vol. 340, p. 9.
- [35] A. Dao, B. Kamagaté, A. Mariko, L. Séguis, H. B. Maïga, B. T. A. Goula, and I. Savané, "Deconvolution of the flood hydrograph at the outlet of watershed Kolondieba in the south of Mali," *Int. J. Eng. Res. Appl.*, vol. 2, no. 5, pp. 1174–1181, 2013.
- [36] I. Savané, B. B. Goze, Q. H. J. Gwyn, and J. Biémi, "Application de la télédétection à la recherche des eaux souterraines en milieu cristallin: cas d'Odienné, Côte d'Ivoire. Télédétection des ressources en eau," *AUPELF-UREF, Les Press. l'Université du Québec*, pp. 111–120, 1993.
- [37] F. Hamzaoui Azaza, R. Bouhlila, and M. Gueddari, "Caractérisation de la minéralisation des eaux de la nappe des grès du Trias ( Sud-Est Tunisien ) par les méthodes géochimiques et statistiques," *Geo-Eco-Trop.*, vol. 36, pp. 49–62, 2012.
- [38] S. Diop and M. N. Tijani, "Chemical Evolution of Groundwater in the Dindéfello Plain Area in South-Eastern," *J. Water Resour. Prot.*, vol. 6, no. December, pp. 1793–1815, 2014.
- [39] M. S. Oga, T. Lasm, T. K. Yao, N. Soro, M. B. Saley, D. Kouassi, and F. Gnamba, "Caractérisation chimique des eaux des aquifères defracture: Cas de la région de Tiassalé en Côte d'Ivoire," *Eur. J. Sci. Res.*, vol. 31, no. 1, pp. 72–87, 2009.
- [40] M. H. Rezaie-boroon, J. Chaney, and B. Bowers, "The Source of Arsenic and Nitrate in Borrego Valley Groundwater Aquifer," *J. Water Resour. Prot.*, vol. 6, no. November, pp. 1589–1602, 2014.
- [41] S. A. Mande, M. Liu, F. Liu, M. L. Bawa, and H. Chen, "Factor analysis as an example of qualitative and quantitative method for modeling hydrogeochemical processes of coastal sedimentary basin of Togo," *African J. Microbiol. Res.*, vol. 5, no. 31, pp. 5554–5559, 2011.
- [42] A. Alassane, R. Trabelsi, L. F. Dovonon, and D. J. Odeloui, "Chemical Evolution of the Continental Terminal Shallow Aquifer in the South of Coastal Sedimentary Basin of Benin ( West-Africa ) Using Multivariate Factor Analysis," *J. Water Resour. Prot.*, vol. 7, no. April, pp. 496–515, 2015.
- [43] M. Prasad Bala Krishna and A. L. Ramanathan, "Solute Sources and Processes in the Achankovil River Basin , Western Ghats , Southern India / Sources de Solutés et Processus Associés Dans le Bassin du Fleuve Achankovil , Ghats Occidentaux , Inde du Sud Solute sources and processes in the Achankovil Riv," *Hydrol. Sci. J.*, vol. 50, no. 2, pp. 340–354, 2005.

## ROLE OF EDUCATION IN POVERTY ELIMINATION IN PAKISTAN WITH SPECIAL REFERENCE OF SOUTH PUNJAB

*Sajid Pervez*

Scholar of Gender Studies, Bahauddin Zakaria University, Multan, Pakistan

---

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

**ABSTRACT:** Poverty is a prominent concern from many years which has become the danger for nations and creating many problems for them. Nations cannot be advanced without devoted in education. Education has multifaceted process. At one hand, it upgrade the economic growth and on other hand, it curtails the poverty and to raise the level of productivity. Education is playing a vital role in the mitigation of poverty and in enhancing economic growth. The basic objectives of the research were 1) to explore the difference between the public and private school, colleges and universities education and its impact on employment, 2) to see the effect of education on earnings, decision making power and status of people, 3) to assess the effect of education on poverty and 4) to analysis the ways of how to eradicate poverty.

**KEYWORDS:** poverty, education, economic growth, employment, earnings, status of people.

### 1 INTRODUCTION

Poverty has been a striking issue for the last few decades. It has been a conspicuous quandary throughout history and has troubled nations for thousands of years. Poverty is the lack of essential necessities like health, education, clean water and nutrition etc. It is a state in which one's earnings is not sufficient adequate to accomplish one's needs. Apart from this, poverty has become a responsible factor for effecting one county's economy and gives rise to discrimination among the people in a society. Education is the imperative part of human competency and sovereignty. The importance of well-educated labor force as it is considered necessary in the diffusion and adoption of new technology and new methods of production. It plays a crucial role in developing countries like Pakistan, as; they have shortage of physical and human capital. The quantity as well as the quality of education at each level with its linkages to demand for skills is very critical for economic growth.

### 2 REVIEW OF LITERATURE

Ellis (1984) elaborated that poverty is becoming the cause to affect the welfare of the community. Afzal (2012) defined the relationship among education, poverty and economic growth in Pakistan. He defined that nations cannot be developed without investing in education. Education is a multidimensional process which enhances the economic growth and on the other side it reduces poverty by increasing the productivity. Poverty has strong relations with education and economic growth. Squire (1993) stated that economic growth should be encouraged to provoke the productive use of labour so that the poor can earn to escape poverty. Omoniyi (2013) defined that Poverty is a foremost intimidation to the existence of humanity in modern times especially in the developing world. Education in every sense is one of the essential features of achieving sustainable economic development through speculation in human capital. Education fosters self understanding, improves quality of lives and raises people's productivity and creativity thus promoting entrepreneurship and technological advances. In addition it plays extremely vital roles in securing economic and social progress thus improving income distribution which may consequently salvage the people from poverty. Omoniyi (2014) elaborated that Education provides a foundation for eradicating poverty and fostering economic development. It is the groundwork on which much of economic and social well-being of the citizens is built. Education is the key to increasing economic efficiency and social consistency, by

increasing the value and efficiency of the labor force and consequently raises the poor from poverty. Education increases the overall productivity and intellectual flexibility of the labor force and ensures that a country is competitive in world market now characterized by changing technologies and production methods. The primary determinants of a country's standard of living is how well it succeeds in developing and utilizing the skills and knowledge, and furthering the health and educating the majority of its population. No country has achieved constant economic development without considerable investment in education and human capital. Shirazi, (1994) investigated the proportion of poor households having highly educated heads is extremely low majority of the educated heads of the poor household fall in the primary or below matriculation category of education.

### 3 SIGNIFICANCE OF THE STUDY

This study is based on theoretical as well as empirical observations and is distinctive because it investigates education as an additional determinant of poverty in contrast to conventional income-based determinants. Absolute poverty is a fundamental barrier to development, particularly for developing countries, which spend large amounts of funds in coordination with international organizations with the aim of poverty alleviation. A cheaper and more effective policy for poverty alleviation is crucial as public resources are not unlimited. Ascertaining the strength of different determinants of poverty can help establish appropriate policy recommendations. Obviously, a world with a large number of poor people is neither socially nor economically acceptable. The central motivation to work on this issue was the yet unresolved poverty problem of Pakistan. A prominent view in the literature on economic development is that the poor have certain common characteristics that force them to stay poor: this is usually known as the "poverty trap." Therefore, useful results can be produced by analyzing the collective datasets of different countries to ascertain the causality of poverty. For Pakistan, the results of other countries cumulative experience in recent years could provide a better path to move on.

The present study is based on the following objectives:

1. To explore the difference between the public and private school, colleges and universities education and its impact on employment.
2. To see the effect of education on earnings, decision making power and status of people.
3. To assess the effect of education on poverty.
4. To analysis the ways of how to eradicate poverty.

### 4 RESEARCH METHODOLOGY

The researcher used Quantitative Research Design. In this descriptive research, researcher used survey method for data collection. The universe/ population of the present study comprised of all the educated but working people of southern Punjab. The researcher selected the data from 530 educated people who are working on the basis of simple random sampling techniques. The researcher selected interview schedule to collect data and this interview schedule is a kind of questionnaire in which questions are asked from the respondents in face to face situation. After completing the data collection, researcher used the SPSS software for analysis the data and researcher applied the tests of Chi-square and Regression to check that hypothesis is rejected or accepted.

#### 4.1 HYPOTHESIS

- 1- Education as the most significant contributor to poverty alleviation.
- 2- The greater contribution of the education, the greater chances of employment.
- 3- The greater enhancement of educational level, the greater productivity and intellectual flexibility of labour class.

**Table 1. Effect of education upon poverty**

Variables	<i>B</i>	<i>S.E</i>	<i>B</i>	<i>T</i>	<i>p</i>
Education	2.50	0.116		21.487	.000
Poverty	-0.261	0.063	-0.228	-4.168	.000

Note.  $R^2 = 0.052$ , ( $F(17.374)$ ), \* $P < 0.05$

The above table shows the result of impact of education on poverty of respondent. The results show that people's education is directly and significantly impact on the income of respondent which improve the living standard of people and consequently the eradication of poverty.

**Table 2. To what extent education is directly associated with employment.**

Variables	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	T	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Education	2.386	.114		20.953	.000
Improve employment status	-.252	.078	-.178	-3.218	.001

Note.  $R^2 = 0.032$ , (F (10.356), \*P<0.05)

The above table shows the result of education has impact on employment status of people. The results indicate that the education has significant impact on employment status of people.

**Table 3. There is significance effect of income and income inequality as determinants of poverty.**

Variables	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Education	2.500	.116		21.487	.000
Family income is improved.	-.261	.063	-.228	-4.168	.000

Note.  $R^2 = 0.052$ , (F (17.374), \*P<0.05)

The above table shows the result of education impact on family income of people. The result shows that the education is significant impact on the people family income, which directly improve their living standard.

**Table 4. The effect of different levels of education, experience and gender of the employed individuals (employers, self-employed, wage earners and unpaid family workers) as the determinants of poverty**

Variable	Categories	Determinants of Poverty			Total	Chi-Square	p-value
		To Great Extent	To Some Extent	Not At All			
Age	20	26	14	1	41	34.045 <sup>a</sup>	0.000
	25	13	19	1	33		
	30	58	120	26	204		
	35	8	34	0	42		
	Total	105	187	28	320		
Gender	Male	43	115	28	186	33.767	0.000
	Female	62	72	0	134		
	Total	105	187	28	320		
Marital Status	Single	103	122	0	225	107.447 <sup>a</sup>	0.000
	Married	2	65	28	95		
	Total	105	187	28	320		
Residence	Urban	94	142	12	248	28.239 <sup>a</sup>	.000
	Rural	11	45	16	72		
	Total	105	187	28	320		
Education level	Matric	35	6	28	69	172.999 <sup>a</sup>	0.000
	Intermediate	30	139	0	169		
	Graduation	40	42	0	82		
	Total	105	187	28	320		

The above table shows the results of demographic variables on the employment of people. Age is most important factor which impact on the employment of any person, the result show that respondent who belong to 30 years of age categories have more chance of employment. Gender is another important factor which play a role during employment, male respondent have more chance of employment with respect to female. Marital status is also an important factor of giving

chance of employment of any person. Single person have more chances of employment rather than married person. People belong to urban areas have more chance of employment rather than rural areas people. The most important factor is education which plays an important role in creating job opportunities for people, the level of education has impact on the grade of employment. The results shows that higher the education higher your grade at work.

## 5 CONCLUSION

The present study was conduct on the role of education in poverty elimination in Pakistan. The access to education and effect of education on economic generation's activities of people which elimination their poverty. To gain the specific results researcher test the hypothesis by using SPSS, and apply regression and chi-square test. The results of present study show that education has significant impact on poverty level of people while another hypothesis depict that education improve the employment status of people. It is concluded that the education has significant impact on the income generation activities and their living standards. Thus this study demonstrated that the education is playing a vital role in eliminating the poverty from Pakistan.

## 6 SUGGESTIONS

1. The education up-to higher secondary level must be free. Government should adopt different welfare policies to reduce poverty. There must be reduction of prices of food times. Government must provide employment to people according to their qualification and skills. Every person has capabilities. And government should utilize these capabilities of people by giving them employment in different institutions.
2. Merit based education is a key factor in the development of nations in every aspect.
3. Build a model that inspires a sense of hope and those delvers on that promise with jobs.
4. To improve the condition and economical development, education quality based to be more improved.
5. Basic necessities of life should be provided by the current government for every child from the age of birth to adult age according to the Islamic law.
6. Education should be in mother language of Pakistan and differences in public and private school, collages and universities educational system should be finished and make just one kind of syllabus for all public and private institutions.
7. Technical education essential for everyone.
8. By increasing the "Quality of education" whether it is government or private institutions education.
9. Education is a great tool for the improvement in country and same quality of level of education is most important in all over the country.
10. By investing technical education we improve the living standard of people.
11. We can finish the poverty through investing in technical education and creating more opportunities for employment people.

## REFERENCES

- [1] Afzal, M., Ehsan, M. M., Ishrat, B., Kafeel, S., Hina, F., 2012. "Relationship Among Education, Poverty and Economic Growth in Pakistan", *Journal of Elementry Education*. Vol: 22, Issue No: 1, Pp: 23-45
- [2] Ellis, G.F.R. (1984). "The Dimensions of Poverty", *Social Indicators Research*, 15(3), 229-253.
- [3] Omoniyi, M. B. I., 2013. "The role of education in poverty alleviation and Economic development: a theoretical perspective and counselling implications", *British Journal of Arts and Social Sciences*. Vol:15, Issue No: II, ISSN: 2046-9578.
- [4] Omoniyi, M. B. I., Omoniyi, A. O., 2014. "Unlocking Potentials in Developing Country through Education: A Panacea for Economic Growth and Poverty Alleviation", *Literacy Information and Computer Education Journal (LICEJ)*. Volume: 5, Issue: 2.
- [5] Shirazi, N. S. (1994). "An Analysis of Pakistan's Poverty and its Alleviation through *Infaq*. (Unpublished doctoral dissertation)", *International Islamic University, Islamabad*.
- [6] Squire, L. (1993). "Fighting Povert", *American Economic Review*, 83(2), 377-382.

## Gestion de l'eau de consommation et problèmes de santé des populations dans les communes du département du Mono (République du Bénin)

S. Dimitri Miriac AHOUANSE<sup>1,2</sup>, Parfaite KOTCHARE<sup>1</sup>, Expédit W. VISSIN<sup>1</sup>, Noukpo AGOSSOU<sup>2</sup>, and S. Christophe HOUSSOU<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire Pierre Pagney « Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement » (LACEEDE/UAC), Abomey-Calavi, 03 BP 1122 Cotonou, Bénin

<sup>2</sup>Laboratoire d'Aménagement Régional & Développement (LARD), Cotonou, Bénin

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

**ABSTRACT:** Mono department which is located in south-est in Benin Republic is facing to many problems about water management. This is works aims to study the impacts of water consumption on people's health in the townships of Mono department. In fact, a lot of plannings have been done for the availability of drinking water to the people of this department. But the use of products or harmful substances to the consumer's health has brought waterborne diseases among the population. These information's have been proved true, trough the analysis of some water samples, done by the water head office laboratory. These analyses from laboratory have allowed to appreciate the physico-chemical consumption and also the quality of the water consumed by people. Five (05) water samples have been taken in the townships of Comè, Possotomè, Bopa, Houéyogbé. The results show a contamination of the water samples by the nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) fluctuant from 4.4 mg/L to 44.44 mg/L, by the total coliforms fluctuant between 90/100 mL and 368/100 mL and the fecal coliforms fluctuant from 32/100 mL and 160/100 mL. From the results analyses, we point out that the bad management of water consumption impacted people's health.

**KEYWORDS:** Management, water consumption, people's health, Mono department.

**RESUME:** Le département du Mono situé au sud-ouest de la République du Bénin est confronté à des problèmes de gestion de l'eau. Le présent travail a pour objectif d'étudier les effets sur la santé de la gestion de l'eau de consommation dans les communes du département du Mono. En effet, de nombreux aménagements ont été réalisés pour la fourniture de l'eau de boisson aux populations du département. Mais l'introduction dans l'eau de produits ou substances nuisibles à la santé du consommateur entraînent des maladies hydriques au niveau des populations. Ces informations ont été confirmées par l'analyse de quelques échantillons d'eau au laboratoire de la Direction Générale de l'Eau. Ces analyses de laboratoire ont permis d'apprécier la composition physico-chimique ainsi que la qualité de l'eau consommée par les populations. Cinq (05) échantillons d'eau ont été prélevés dans les communes de Comè, Possotomè, Bopa, Houéyogbé. Les résultats montrent une contamination des échantillons d'eau par les Nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) variant entre 4,4mg/L et 44,44mg/L, par les coliformes totaux variant entre 90/100mL et 368/100mL et par les coliformes fécaux variant entre 32/100mL et 160/100mL. De l'analyse des résultats, il ressort que la mauvaise gestion de l'eau de consommation affecte la santé des populations.

**MOTS-CLEFS:** Gestion, eau de consommation, santé des populations, département du Mono (Bénin).

### 1 INTRODUCTION

L'eau est une ressource indispensable pour tout être vivant. L'eau en sa qualité d'élément indispensable pour la vie et la santé, est désormais inscrite dans les droits fondamentaux de l'être humain [1]. L'importance de l'eau dans la vie et dans les activités de l'homme est si incontestable qu'après la conférence de Mar-Del-Plata (Argentine) en 1977, l'Organisation des

Nations Unies a lancé la croisade de l'eau à travers la DIEPA pour la période 1981-1990, afin que tout pays ait une politique nationale de l'eau. De même, la question de l'eau a été débattue à la conférence sur l'eau et l'environnement de Dublin en 1992.

La question de la gestion de l'eau constitue un problème essentiel aussi bien dans les pays industrialisés que dans les pays en développement. [2]. La situation de l'eau étant devenue assez préoccupante dans presque toutes les régions du monde, le Bénin comme plusieurs pays du monde a signé ou ratifié la plupart des accords et conventions internationaux ayant trait à la gestion de l'eau, de l'environnement et des écosystèmes associés.

Le Bénin dispose d'un potentiel de ressources en eau de 13,106 milliards de m<sup>3</sup>/an en moyenne pour les eaux superficielles et 1,870 milliard de m<sup>3</sup>/an en moyenne pour la recharge de la nappe souterraine. Cependant, il n'est pas épargné de la pénurie d'eau. La disponibilité des ressources en eau par personne et par an diminue. De 12.316 m<sup>3</sup> en 1955, elle est passée à des valeurs inférieures à 5.625 m<sup>3</sup> en 1990 [3] et a régressé à 3.945 m<sup>3</sup> par personne et par an en 2002 [4]. Ces chiffres témoignent d'une forte pression de la population sur les ressources en eau du Bénin.

Pour assurer l'approvisionnement en eau des populations dans les communes du département du Mono, le gouvernement béninois en collaboration avec certains organismes internationaux et les communautés villageoises a exécuté des programmes d'hydraulique villageoise qui ont favorisé dans le cadre de l'exploitation des eaux souterraines la mise en place des postes d'eau autonome, des forages équipés de pompe à motricité humaine et des adductions d'eau villageoise. Le constat fait aujourd'hui après toutes ces campagnes est que le problème de l'eau de boisson dans le département se pose aussi bien du point de vue de la quantité que de la qualité. Les populations sont exposées aux maladies liées à l'eau qui sévissent surtout dans les milieux ruraux.

Le présent travail vise à étudier les effets sur la santé de la gestion de l'eau de consommation dans les communes du département du Mono.

## 2 CADRE DE RECHERCHE ET METHODE

### 2.1 CADRE DE RECHERCHE

Le département du Mono situé au sud-ouest de la République du Bénin, est compris entre 6° 13' et 6° 46' de latitude Nord d'une part et entre 1° 34' et 2° 02' de longitude Est. Il couvre une superficie de 1396 km<sup>2</sup>. Le département est limité à l'ouest par le Togo, à l'est par le département de l'Atlantique, au nord par le département du Couffo, au sud par une frange côtière d'environ 40 km sur l'Océan Atlantique. Il compte six communes à savoir : Lokossa, Athiéme, Bopa, Comé, Grand-Popo et Houéyogbé (figure 1) avec une population d'environ 259339 habitants [5].

L'ensemble de la région jouit d'un climat de type subéquatorial ou béninien avec la succession de quatre saisons alternées : une grande saison pluvieuse de mi-mars à mi-juillet, une petite saison sèche de mi-juillet à mi-septembre, une petite saison pluvieuse de mi-septembre à mi-novembre, une grande saison sèche de mi-novembre à mi-mars.

On distingue dans le département du Mono, selon leur localisation et leurs caractéristiques physico-chimiques, cinq (5) types de sols qui ont des influences sur la qualité de l'eau : les sols ferrugineux tropicaux sur socle cristallin, les terres de barre des plateaux, les vertisols ou terres noires de la dépression des Tchi, les sols alluviaux et colluviaux de la vallée du Mono, les sols sableux du cordon littoral.

Il existe encore dans certaines régions, quelques espèces d'iroko (*Milicia excelsa*), de baobab (*Adansonia digitata*), de fromager (*Ceiba pentandra*) et de samba (*Triplochiton scleroxylon*) qui sont sujets à une exploitation anarchique. On rencontre également dans certaines localités des espèces d'acacias (*Acacia auriculiformis*), d'eucalyptus (*Eucalyptus torreliana*), et des plantations de teck (*Tectona grandis*), de fraké (*Terminalia superba*), de palmiers à huile (*Elaeis guineensis*), de neem (*Azadirachta indica*)<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Programme d'Appui au Démarrage des Communes, 2004 : Commune de Lokossa ; l'homme : notre force et notre richesse. Digital plus, 15p.

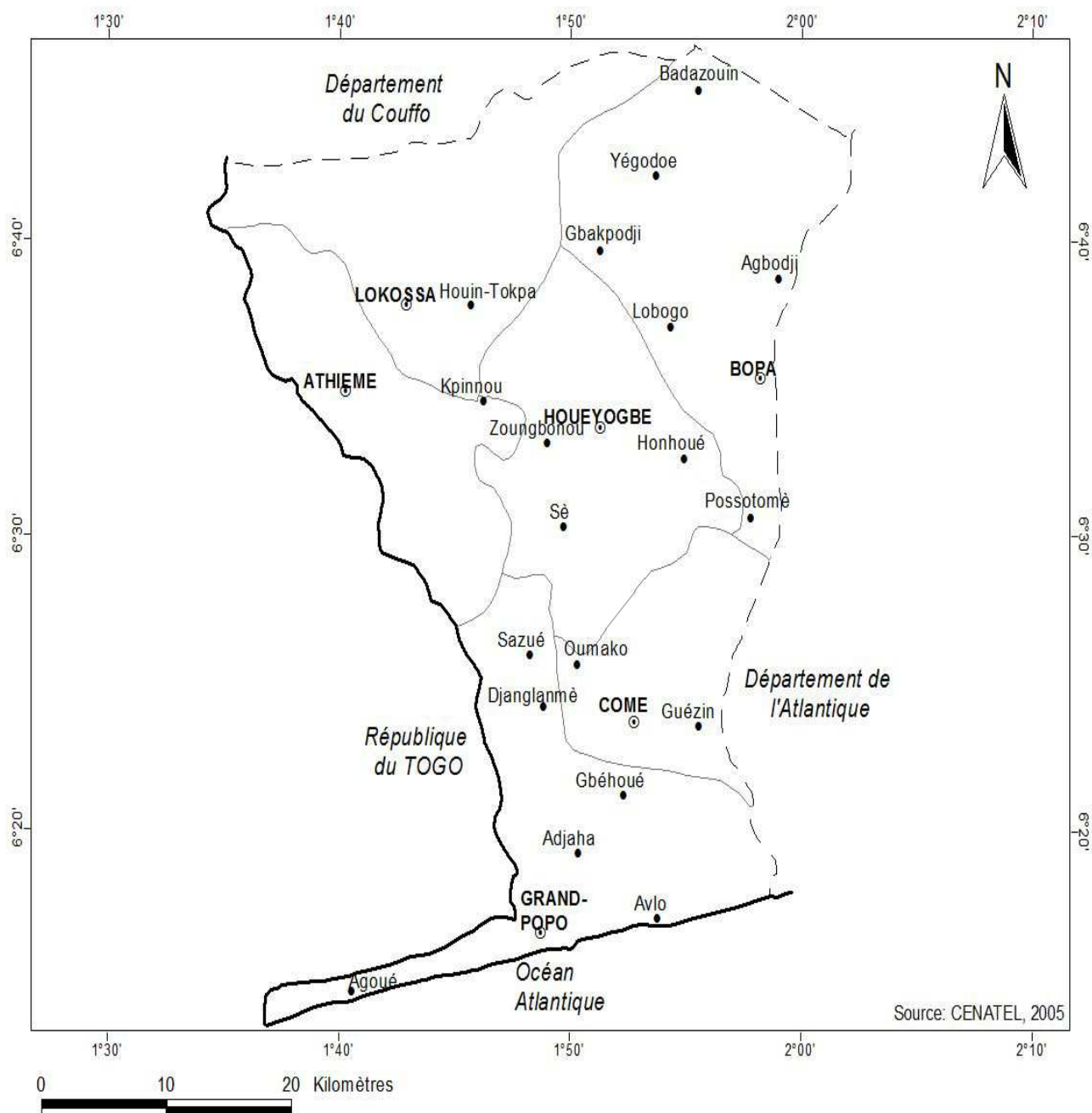


Figure 1 : Carte administrative du département du Mono

## 2.2 METHODES

### 2.2.1 METHODE D'ANALYSE DES EAUX AU LABORATOIRE

Pour le prélèvement des eaux à analyser, des flacons en verre de 500 mL ont servi à faire des prélèvements pour les analyses bactériologiques et des flacons plastiques d'un litre et demi pour les analyses physico-chimiques. Ces flacons ont été lavés et rincés trois fois à l'eau distillée. Après séchage, l'ouverture des flacons en verre est bouchée avec du coton cardé. Ils sont ensuite emballés dans du papier kraft en aluminium et stérilisés à l'autoclave. Les bouchons sont aussi lavés, rincés, séchés, emballés dans du papier kraft en aluminium et stérilisés à l'autoclave. Une fois le prélèvement fait, les échantillons sont étiquetés, conditionnés dans une glacière avec des conservateurs et convoyés vers le laboratoire de la Direction

Générale de l'Eau pour les analyses. Les échantillons ont été conservés à 4° C au frais jusqu'à la fin des opérations. Ils ont été soumis aux analyses physico-chimique et bactériologique. Les résultats obtenus sont comparés aux normes en vigueur au Bénin.

La méthode de prélèvement d'échantillon d'eau varie selon les points de prélèvement :

- Au niveau des puits, une ficelle est fixée au bout du flacon stérilisé que l'on fait descendre pour prélever l'eau à environ 50 cm de la surface libre.
- Au niveau des robinets des adductions d'eau et forages équipés de pompe à motricité humaine, on laisse couler l'eau pendant deux (2) minutes puis on fait un prélèvement aseptique tout en tenant le flacon stérilisé à une distance d'environ 30 cm du robinet.
- Au niveau des cours d'eau, on s'est servi d'un récipient pour prélever l'eau qui a été transvasée dans le flacon stérilisé.

### 2.2.2 ANALYSES PHYSIQUES

Ces analyses concernent la température, le pH, la conductivité, la turbidité et la couleur.

#### ✓ *Potentiel d'hydrogène pH*

Le pH d'une solution est le cologarithme décimal de sa concentration en ion hydronium  $[H_3O^+]$  ;  $pH = -\log [H_3O^+]$ . Il est un indicateur de l'alcalinité ou de l'acidité de l'eau. Le pH idéal est situé entre 6.5 et 8.5. En dessous, l'eau est corrosive et au-dessus, il y a risque d'entartrage et de mauvaise efficacité du chlore [6]. Il est mesuré à l'aide d'un pH mètre.

#### ✓ *Conductivité électrique*

Elle détermine l'ensemble des minéraux présents dans une solution. Sa mesure a été effectuée au laboratoire avec un conductivimètre EC/TDS HI 98 311 et s'exprime en  $\mu S/cm$  ;

#### ✓ *Oxygène dissous*

La qualité d'une eau dépend de sa teneur en oxygène dissous. C'est la concentration d'oxygène gazeux qui se trouve à l'état dissous dans une eau. L'oxygène dissous disponible est limité par la solubilité de l'oxygène qui décroît avec la température et la présence de polluants dans les eaux de rivière. Une faible teneur en oxygène dissous est synonyme d'une forte charge polluante ou d'une température élevée de l'eau. Il est exprimé en mg/L et a été mesurée par la méthode de Winkler.

#### ✓ *Turbidité*

Elle est le premier indicateur de la présence de particules en suspension et dissoutes dans un milieu.

A défaut de déterminer les paramètres in situ conformément à la réglementation ; à cause de la non disponibilité des appareils, la mesure de la turbidité a été prise au laboratoire. Elle s'exprime en FTU

#### ✓ *Azote*

Il s'agit de la teneur en nitreux ( $NO_2^-$ ), en nitrique ( $NO_3^-$ ) et en ( $NH_4^+$ )

### 2.2.3 ANALYSES CHIMIQUES

Elles ont été faites au laboratoire de la DHAB pour doser l'ammonium, les nitrates, le phosphate, les nitrites, le chlorure, les sulfates, le chlore libre, le fluorure.

#### ✓ *Nitrate et nitrite*

Pour mettre en évidence le nitrate ( $NO_3^-$ ), on a pris 25 mL d'échantillon d'eau dans une cuve auquel est ajouté le réactif, le nitra ver 5, qu'on a agité pendant une minute avant de l'introduire dans le spectrophotomètre DR 2800 et 5 min après sa valeur s'affiche à l'écran en mg/L.

#### ✓ *Ammonium*

Pour mettre en évidence l'ammonium ( $NH_4^+$ ), on a pris 25 mL de l'échantillon auquel on a ajouté trois gouttes de minéral stabilisateur dans un premier temps et trois gouttes d'alcool polyvinyle dans un second temps, et après homogénéisation on

a ajouté 1 mL de solution Nesler puis 5 min après, on met cela dans le spectrophotomètre et la valeur s'affiche à l'écran en mg/L.

✓ *Chlorure*

Pour mettre en évidence le chlorure ( $\text{Cl}^-$ ), on a pris 10 mL de l'échantillon. On ajoute 0.8 mL de solution de Thiocyanate mercurique et 0.4 mL de la solution d'ion ferrique et 2 min après, on met la cuve dans le spectrophotomètre et la valeur s'affiche à l'écran en mg/L.

✓ *Sulfate*

Pour mettre en évidence le sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), on a pris 25 mL d'échantillon d'eau dans une cuve auquel on a ajouté le réactif, le sulfa ver 4, qu'on a agité pendant une minute avant de l'introduire dans le spectrophotomètre DR 2800 et 5 min après sa valeur s'est affichée à l'écran en mg/L.

✓ *Phosphate*

Pour mettre en évidence le phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), on a pris 25 mL d'échantillon d'eau dans une cuve. Puis, on a ajouté le réactif, le phos ver 3. On a agité pendant une minute avant de l'introduire dans le spectrophotomètre DR 2800 et 5 min après, sa valeur s'affiche à l'écran en mg/L.

✓ *Fluorure*

Pour mettre en évidence l'ion fluorure ( $\text{F}^-$ ), on a pris 10 mL de l'échantillon auquel on a ajouté 4 mL de réactif de SPADNS. Puis 1 min après, on l'introduit dans le spectrophotomètre puis sa valeur s'est affichée à l'écran en mg/L.

✓ *Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )*

✓ *Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ )*

✓ *Bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ )*

#### **2.2.4 ANALYSES BACTÉRIOLOGIQUES**

Les analyses bactériologiques qui ont été effectuées concernent la détermination des coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux. Les méthodes de recherche et de dénombrement des germes utilisées sont celles de référence retenue par la norme. Les coliformes sont recherchés sur le milieu Chrom Agar, sur lequel ils donnent des colonies de couleur rose. Les streptocoques fécaux sont déterminés par la technique d'ensemencement dans la masse avec le milieu Slanetz et Bartley.

### **3 RÉSULTATS**

Les analyses de laboratoire ont permis de vérifier si les échantillons d'eau sont sains ou pollués. Les données du laboratoire ont été comparées aux normes recommandées par les directives de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) pour l'eau de boisson et aux normes béninoises. Cette comparaison a permis d'apprécier la qualité des eaux prélevées dans les différentes localités du département du Mono au cours des travaux de terrain et de faire si possible des recommandations pour une amélioration de la qualité de ces eaux. En effet, d'après l'Organisation Mondiale de la Santé (1977), une eau potable est une eau propre à la consommation. Elle ne doit contenir en quantités dangereuses, ni germes, ni substances chimiques, ni germes nocifs pour la santé. Ainsi, l'OMS a défini des normes pour apprécier la qualité de l'eau potable. Il en est de même du gouvernement béninois qui, par le décret 2001-094 du 20 février 2001 fixant les normes de qualité de l'eau potable en République du Bénin a défini des valeurs guides pour estimer la qualité de l'eau potable. C'est en effet ce qui nous a amené à comparer les échantillons d'eau prélevés aux normes béninoises et de l'OMS.

Les résultats des analyses d'eau au laboratoire sont consignés dans les différents tableaux ci-dessous.

La qualité organoleptique prend en compte la couleur et la turbidité des échantillons d'eau prélevés (tableau 1)

**Tableau 1 : Qualité organoleptique des échantillons d'eau prélevés dans le département du Mono**

	Couleur	turbidité
Normes OMS	154uc	5 FTU
Normes Béninoises	-	5 FTU
Eau de puits à Comè (Akodéha)	0uc	0 FTU
Eau d'AEV à Comè (Ouèdèmè-Pédah)	0uc	0 FTU
Eau du lac Ahémé à Bopa (Possotomè)	239uc	48 FTU
Eau de forage à Possotomè	0uc	0 FTU
Eau de puits à Houéyogbé (Dahè)	8uc	2 FTU

**Source :** Travaux de laboratoire (Laboratoire d'analyse des eaux, DGEau), 2011

Pour les paramètres physico-chimiques, les travaux de laboratoire se sont intéressés aux aspects suivants : température, conductivité, potentiel Hydrogène (pH), minéraux : chlorures (Cl<sup>-</sup>), sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), calcium (Ca<sup>2+</sup>), magnésium (Mg<sup>2+</sup>), bicarbonates (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Les résultats de ces paramètres sont consignés dans le tableau 2.

**Tableau 2 : Paramètres physico-chimiques des échantillons d'eau prélevés dans le département du Mono**

	Normes OMS	Normes Béninoises	Puits de Comè (Akodéha)	AEV à Comè (Ouèdèmè-Pédah)	Lac Ahémé à Bopa (Possotomè)	Forage à Possotomè	Puits à Houéyogbé (Dahè)
pH	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,1	5,47	7,03	7,3	6,67
Conductivité	500µS/cm	-	279µS/cm	46, µS/cm	1856µS/cm	758µS/cm	534µS/cm
Température	25°C	-	27,8°C	28,4°C	28°C	28,1°C	27°C
Calcium (Ca <sup>2+</sup> )	-	100mg/L	20,04mg/L	5,61mg/L	78,56mg/L	73,75mg/L	36,873mg/L
Magnésium (Mg <sup>2+</sup> )	-	50mg/L	2,432mg/L	0,973mg/L	9,728mg/L	8,76mg/L	6,323mg/L
Bicarbonates (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	-	-	97,6 mg/L	24,4mg/L	408,7mg/L	231,8mg/L	176,9mg/L
Chlorures (Cl <sup>-</sup> )	250mg/L	250mg/L	31,95 mg/L	7,1mg/L	710mg/L	110,05mg/L	53,25mg/L
Sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	250mg/L	500mg/L	8 mg/L	3mg/L	2mg/L	0mg/L	45mg/L

**Source :** Travaux de laboratoire, (Laboratoire d'analyse des eaux, DGEau), 2011

En ce qui concerne les substances dites indésirables, sur les eaux prélevées, les éléments examinés sont : nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), fluorures (F<sup>-</sup>). Les résultats de ces paramètres sont consignés dans le tableau 3.

**Tableau 3 : Substances dites indésirables des échantillons d'eau prélevés dans le département du Mono**

	Normes OMS	Normes Béninoises	Puits de Comè (Akodéha)	AEV à Comè (Ouèdèmè-Pédah)	Lac Ahémé à Bopa (Possotomè)	Forage à Possotomè	Puits à Houéyogbé (Dahè)
Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	50mg/L	45mg/L	37,84 mg/L	9,68mg/L	0mg/L	4,4mg/L	44,44mg/L
Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	3mg/L	3,2mg/L	0,033 mg/L	0,0mg/L	0,033mg/L	0mg/L	0,0231mg/L
Fluorures (F <sup>-</sup> )	-	1,5mg/L	0,29 mg/L	0mg/L	0,39mg/L	0,75mg/L	1,11mg/L

**Source :** Travaux de laboratoire, (Laboratoire d'analyse des eaux, DGEau), 2011

Quant aux analyses bactériologiques, elles ont permis de vérifier la présence les quantités de coliformes totaux, de coliformes fécaux et de streptocoques fécaux dans les échantillons d'eau. Les résultats de ces analyses sont consignés dans le tableau 4.

Tableau 4 : Paramètres microbiologiques des échantillons d'eau prélevés dans le département du Mono

	Normes OMS	Normes Béninoises	Puits de Comè (Akodéha)	AEV à Comè (Ouèdèmè-Pédah)	Lac Ahémé à Bopa (Possotomè)	Forage à Possotomè	Puits à Houéyogbé (Dahè)
Coliformes totaux	0/100mL	0/100mL	368/100mL	120/100mL	288/100mL	90/100mL	356/100mL
Coliformes fécaux	0/100mL	0/100mL	62/100mL	46/100mL	76/100mL	32/100mL	160/100mL
Streptocoques fécaux	0/100mL	0/100mL	53/100mL	0/100mL	160/100mL	0/100mL	83/100mL

Source : Travaux de laboratoire, (Laboratoire d'analyse des eaux, DGEau), 2011

Les entretiens ont permis de collecter les données sur les affections les plus fréquemment évoquées en consultation dans le bassin (tableau 5)

Tableau 5 : Répartition affections les plus fréquemment évoquées en consultation dans le département du Mono (moyennes annuelles, 2005-2011)

N°	Affections	Nombre de cas	
		Total	%
1	Paludisme	60 216	43,81
2	Infections respiratoires aiguës	20 328	14,79
3	Maladies diarrhéiques	16 344	11,89
4	Reste des affections	10 109	7,36
5	Traumatismes	10 009	7,28
6	Anémie	9 784	7,11
7	Affections dermatologiques	4 853	3,53
8	Hypertension artérielle	3 053	2,22
9	Conjonctivite	1 405	1,02
10	Autres affections respiratoires	1 341	0,99

Source : Système National Intégré de Gestion Sanitaire (SNIGS), 2005 à 2011

#### 4 DISCUSSION

Pour les échantillons d'eau prélevés, la couleur et la turbidité varient d'un échantillon à un autre. Pour ces deux paramètres (couleur et turbidité), seul le prélèvement du lac Ahémé à Bopa a donné 239uc pour la couleur et 48 FTU pour la turbidité, des chiffres qui dépassent les normes béninoises (5 FTU pour la turbidité) et de l'OMS (154uc pour la couleur et 5 FTU pour la turbidité). Pour les autres prélèvements, la couleur est située entre 0 et 8uc et la turbidité varie entre 0 et 2 (tableau 1). La valeur élevée pour le paramètre de la couleur au sujet du lac Ahémé s'explique par la décomposition de matières organiques qui confèrent leur couleur à l'eau. La turbidité élevée au niveau du lac indique la présence de matières en suspension dans l'eau qui lui donnent un aspect trouble. La consommation de cette eau peut être source de maladies hydriques.

L'analyse des paramètres physico-chimiques des eaux prélevées montre que ces prélèvements ont un pH compris entre 5,47 et 7,3, une température comprise entre 27 et 28,4°C, une conductivité située entre 46,3 et 279µS/cm sauf les eaux du forage de Possotomè (758µS/cm) et du puits de Houéyogbé (534µS/cm). Ces données sont consignées dans le tableau II. De ces résultats, 100% des prélèvements ont une température au-delà des normes béninoises et de l'OMS. Les degrés élevés de température peuvent s'expliquer par l'influence de la température ambiante sur les eaux prélevées. Mais selon Makoutodé et al [7], une eau de température située entre 25 et 28°C constitue un milieu favorable au développement de micro-organismes ; ce qui veut dire que l'élévation de la température des eaux de puits crée des conditions favorables à la pollution de ces eaux. 80% des prélèvements ont un pH situé dans les normes recommandées. Pour la conductivité, 60% des prélèvements ont des valeurs acceptables. La valeur du pH de l'AEV de Comè étant de 5,47, valeur inférieure à la normale (entre 6,5 et 8,5), les procédés de catalyse enzymatique sont réduits au niveau des points d'eau, limitant la capacité d'autoépuration des puits dans le secteur d'étude. Du point de vue des minéraux, l'eau des différentes localités contient du

calcium, du magnésium, du bicarbonate, de chlorure, de sulfate. Les concentrations des minéraux de l'eau des localités sélectionnées exceptée la concentration de chlorure du lac Ahémé 710mg/L au lieu de 250mg/L respectent les directives de la qualité de l'eau fixées par l'OMS et le Bénin (tableau 2).

Les données recueillies sur la quantité de ces substances dans les eaux prélevées sont acceptables. Mais il faut remarquer que la quantité de nitrates dans l'eau des échantillons de puits de Houéyogbé (Dahè) et de Comè (Akodéha) est presque à la limite (respectivement 44,44mg/L et 37,84 mg/L) si on tient compte des normes béninoises (45mg/l) (tableau 3). Au-delà d'un seuil de concentration (45mg/l selon les normes béninoises et 50mg/l selon les normes de l'OMS), les nitrates peuvent causer à une absorption très importante, chez l'enfant et surtout les nourrissons très sensibles, un empoisonnement du sang appelé une méthémoglobinémie, ou encore maladie bleue. Même à faible concentration, les nitrates peuvent engendrer à long terme des maladies cutanées chez les adultes lorsqu'ils sont associés à certains pesticides avec lesquels ils forment des composés cancérigènes.

De l'analyse de résultats, on peut déduire que l'eau des puits prélevée est toxique et impropre à la consommation. Les populations qui consomment ces qualités d'eau s'exposent à des maladies liées à l'eau et courent de graves problèmes de santé. Les données du tableau 5 (qui présente les affections les plus fréquemment évoquées en consultation dans le département entre 2005 et 2011) confirment ces résultats. Il ressort de l'analyse du tableau 5 que les maladies diarrhéiques qui sont souvent des maladies liées à l'eau viennent en troisième position avec un taux de 11,89% sur les dix affections les plus fréquemment évoquées en consultation dans le département.

L'analyse de tous les échantillons d'eau prélevés (puits, lac, Adduction d'Eau Villageoise, et forage) révèle que l'eau de toutes ces sources est polluée par les coliformes totaux, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux à un taux élevé. Les coliformes totaux sont des germes bactériologiques d'origine fécale dont la présence même en infime quantité donne la preuve d'une pollution d'origine fécale surtout pour les eaux de boisson. C'est donc un indicateur de pollution bactériologique. Seule l'eau de l'AEV et du forage ne renferme pas de streptocoques fécaux. Le nombre de coliformes et de streptocoques dénombrés dépasse largement pour tous les cas celui recommandé par les directives de l'OMS pour l'eau de boisson (voir tableau n°4). Ces résultats confirment que le mode de gestion des ressources en eau peut constituer une source de pollution des eaux et peut avoir des conséquences négatives sur la santé des populations. Les résultats des analyses bactériologiques de la présente étude se rapprochent de ceux obtenus par Makoutodé et al [7], Dégbey [8], Eдорh [9] qui ont trouvé au cours de l'analyse de l'eau des germes (*Escherichia coli*, *Salmonella Spp*, *Streptocoques fécaux*, *Staphylocoque*, *Shigella Spp*, *Clostridium perfringens*, *Entérobactérie cloacae*, *Klebsiella pneumoniae*, *Citrobacter diversus*) qui rendent l'eau impropre à la consommation. Ces auteurs ont révélé les mêmes facteurs que les nôtres pour la pollution bactériologique de l'eau.

## 5 CONCLUSION

L'eau est un élément essentiel dans la vie biologique, économique et sociale. Malgré l'immensité de son utilité, la gestion de l'eau n'est pas toujours efficace. La qualité de l'eau de consommation est liée à la nature des points d'eau et aux comportements des populations qui peuvent constituer des facteurs de pollution de l'eau. Les analyses de laboratoire ont montré la pollution de l'eau de consommation, ce qui explique les problèmes de santé des populations et les maladies liées à l'eau.

## REFERENCES

- [1] Bouguerra, M., L., Les batailles de l'eau pour un bien être de l'humanité. Paris, éditions Charles Léopold Mayer, 2003.
- [2] Baud, P., Bourgeat, S., et Bras, C., Dictionnaire de géographie, deuxième édition. Paris : Hatier, 510p, 1997.
- [3] Odoulami, L., Approvisionnement en eau potable dans les grandes villes du Bénin : Quelles politiques pour l'avenir ? Cas de Cotonou, Porto-Novo et Parakou, Mémoire de DEA, UNB, 55p, 1999.
- [4] [www.unesco.org](http://www.unesco.org)
- [5] INSAE, Troisième recensement général de la population et de l'habitation, Cotonou, 2002.
- [6] Assani, A., A., Qualité et mode de gestion de l'eau de boisson dans la Sous-Préfecture de Grand-Popo, Mémoire de maîtrise en Santé Publique à l'Institut Régional de Santé Publique, Cotonou, 129p, 1995.
- [7] Makoutodé M., Assani A., K., Ouendo E., M., Agueh V., D., & Diallo P., Qualité et mode de gestion de l'eau de puits en milieu rural au Bénin : Cas de la sous-préfecture de Grand-Popo. pp.528-534, 1999.
- [8] Degbey C., C., La qualité de l'eau de puits dans la commune d'Abomey-Calavi et les facteurs exogènes de sa pollution. Mémoire de DEA en Environnement et Santé, FLASH/UAC, 111p, 2003.
- [9] Eдорh P., et al., Qualité de l'eau des nappes et son impact sur la santé des populations à Kérou, Revue scientifique semestriel, LECREDE, Cotonou, 12p, 2007.

## Mixed convection heat transfer of Cu-water nanofluid in a lid driven square cavity with several heated triangular cylinders

*Zoubair Boulahia, Abderrahim Wakif, and Rachid Sehaqui*

Hassan II University, Faculty of Sciences Aïn Chock, Laboratory of Mechanics,  
BP 5366 Maarif, Casablanca, Morocco

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

**ABSTRACT:** The problem of mixed convection heat transfer of nanofluid in a lid driven square cavity containing several heated triangular cylinders is studied numerically using the finite volume discretization method. The upper and bottom walls are thermally insulated while the left and right walls are cooled at constant temperature,  $T_c$ . The present investigation considered the effects of pertinent parameters such as; size and number of the heated triangular cylinders on the flow and Nusselt number. The other parameters governing the problem are the Richardson number ( $0.1 \leq Ri \leq 100$ ), the Prandtl number of the pure water ( $Pr = 6.2$ ) and the volume fraction of nanoparticles ( $0 \leq \varphi \leq 0.05$ ). Results show that increasing size and number of the heated triangular cylinders leads to increase the heat transfer rate. It is also found that by reducing Richardson number and increasing the volume fraction of nanoparticles, the average Nusselt number increases.

**KEYWORDS:** Mixed convection, Cavity, Triangular cylinder, Nanofluid.

### 1 INTRODUCTION

Mixed convection heat transfer with lid-driven cavity flow is frequently encountered in numerous engineering applications such as heating and cooling nuclear systems of reactors, lubrication technologies, cooling of electronic devices and heat exchangers. Islam et al. [1] performed a numerical study on a lid-driven cavity with a heated square blockage. They found that size, location and Richardson number of the heater eccentricities affect the average Nusselt number of heater. Work of Khanafer and Aithal. [2] was concentrated on the effect of mixed convection flow and heat transfer characteristics in a lid-driven cavity with a circular body inside. The results showed that the average Nusselt number increases with an increase in the radius of the cylinder for various Richardson numbers and the optimal heat transfer results are obtained when placing the cylinder near the bottom wall. Kalteh et al. [3] considered laminar mixed convection of nanofluid in a lid-driven square cavity with a triangular heat source. Their simulations indicate that increasing the volume fraction, the nanoparticles diameter and Reynolds leads to an increase in average Nusselt number. Boulahia et al. [18] studied mixed convection of the nanofluids in two-sided lid-driven square cavity with a pair of triangular heating cylinders. Work of Oztop et al. [4] can be mentioned as example of such studies, in which they numerically studied mixed convection in square cavities with two moving walls. Their results suggest that when the vertical walls move upwards in the same direction, the heat transfer decreases significantly compared to when the vertical walls move in opposite directions. Sheikholeslami et al. [5] studied the problem of magnetohydrodynamic natural convection heat transfer of nanofluid in a horizontal cylindrical enclosure with an inner triangular cylinder. They found that the results indicate that Nusselt number increase with increasing Rayleigh number and augmentation of the Hartmann number causes the Nusselt number to decrease. El Abdallaoui et al. [6] performed a numerical simulation of natural convection between a decentered triangular heating cylinder and centered triangular heating cylinder [7] in a square outer cylinder filled with a pure fluid or a nanofluid using the lattice Boltzmann method. The results indicate that the horizontal displacement from the centered position to decentered position leads to a considerable increase of heat transfer at weak Rayleigh and the vertical displacement has most important effect on heat transfer at high values of Rayleigh. Boulahia and Sehaqui [16] studied a natural convection of nanofluid in a square cavity including a square heater. They found that by increasing size of the heater, the heat transfer rate enhances.

Oztop et al. [8] investigated mixed convection in a lid driven cavity with a cylindrical blockage inside. The vertical left sidewall was moving up or down. The computation was carried out for wide ranges of Richardson number, inner cylinder diameter, center and location of the inner cylinder. They concluded that the most effective parameter on flow field and temperature distribution was the direction of the moving lid. Pishkar et al. [9] studied mixed convection of nanofluid in a horizontal channel. They found that at low Richardson numbers the heat transfer is increased by enlarging the volume fraction of nanoparticles. In addition, their results showed that at low values of Reynolds number, the effects of Richardson number rising on the heat transfer rate for both the nanofluid and pure fluid are negligible. Chen et al. [14] investigated the natural and mixed convection of  $Al_2O_3$ -water nanofluids in a square enclosure. They found that the forced convection cause better heat transfer than natural convection. Moumni et al. [15] studied the nanofluid mixed convection in two-sided lid driven cavity including discrete heat Sources by using the finite volume method. The results showed that by increasing Richardson and Reynolds numbers and the solid volume fraction, the heat transfer rate increases. Muthtamilselvan and Doh [17] presented a steady state two-dimensional mixed convection in a lid-driven square cavity filled with Cu–water nanofluid. They found that Richardson number and solid volume fraction affect the fluid flow and heat transfer in the cavity.

This research intends to explore the heat transfer rate of mixed convection in a lid driven cavity with several heated triangular cylinders. The first case under investigation is characterized the numerical models used in our study. The computational procedure elaborated in this study is validated against the numerical results of other investigations. We studied the effects of size and number of the heated triangular cylinders on the heat transfer fluid flow. Wide range of parameters such as Richardson number ( $0.1 \leq Ri \leq 100$ ), and volume fraction ( $0 \leq \varphi \leq 0.05$ ) have been used. The new models of the thermal conductivity and effective viscosity investigated by Corcione et al. [10] are used to estimate thermophysical proprieties of the nanofluid. Our numerical results are presented in the form of plots of isotherms, streamlines and average Nusselt numbers to show the influence of nanofluid and pertinent parameters.

## 2 PROBLEM STATEMENT

The system of interest is a lid driven square cavity with several heated triangular cylinders inside the cavity. A schematic diagram of the cavity with triangular cylinders is shown in Fig. 1. The cavity is a square with the height of  $H$ , while the size of triangular block is  $W$ . The Triangular heat source is maintained at a temperature  $T_h = 310 K$ . The vertical walls are cooled at constant temperatures  $T_c = 290 K$ , while the horizontal walls are adiabatic. It is assumed that the nanofluid is newtonian, incompressible and laminar and the base fluid and the nanoparticles are in a thermal equilibrium state. The thermo-physical properties of the nanofluid used in this study are evaluated at the average fluid temperature  $(T_c + T_h)/2$  as listed in Table 1.

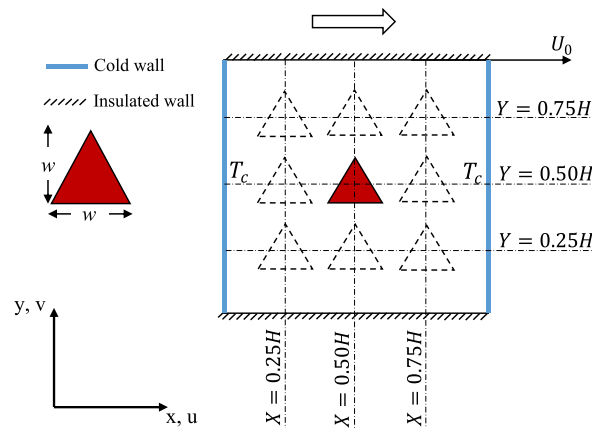


Fig. 1. Schematic of the cavity with triangular heat sources and boundary conditions

Table 1. Thermo-physical properties of water and nanoparticles at  $T = 300 K$  [19]

	Copper (Cu)	Water (H <sub>2</sub> O)
$C_p$ (J/Kg K)	385	4179
$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	8933	997.1
$k$ (W/mK)	401	0.6
$\beta$ (K <sup>-1</sup> )	$1.67 \cdot 10^{-5}$	$27.6 \cdot 10^{-5}$
$\mu$ (kg m <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	–	$0.855 \cdot 10^{-3}$

### 3 MATHEMATICAL FORMULATION

The governing equations including the two-dimensional transient equations of the continuity, momentum and energy for an incompressible flow are expressed in the following format:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{1}{\rho_{nf}} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\mu_{nf}}{\rho_{nf}} \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) \quad (2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{1}{\rho_{nf}} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\mu_{nf}}{\rho_{nf}} \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + \frac{(\rho\beta)_{nf}}{\rho_{nf}} (T - T_c) \quad (3)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} = \alpha_{nf} \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) \quad (4)$$

Where the nanofluid effective density, heat capacity, thermal expansion coefficient and thermal diffusivity are calculated from the following equations [12-11]:

$$\rho_{nf} = (1 - \varphi)\rho_f + \varphi\rho_s \quad (5)$$

$$(\rho C_p)_{nf} = (1 - \varphi)(\rho C_p)_f + \varphi(\rho C_p)_s \quad (6)$$

$$(\rho\beta)_{nf} = (1 - \varphi)(\rho\beta)_f + \varphi(\rho\beta)_s \quad (7)$$

$$\alpha_{nf} = k_{nf}/(\rho C_p)_{nf} \quad (8)$$

Corcione model [12-10] for dynamic viscosity and thermal conductivity of the nanofluid are given by:

$$\mu_{nf} = \mu_f / \left( 1 - 34.87(d_p/d_f)^{-0.3} \varphi^{1.03} \right) \quad (9)$$

$$\frac{k_{nf}}{k_f} = 1 + 4.4 Re_B^{0.4} Pr^{0.66} \left( \frac{T}{T_{fr}} \right)^{10} \left( \frac{k_p}{k_f} \right)^{0.03} \varphi^{0.66} \quad (10)$$

$$Re_B = \frac{\rho_f u_B d_p}{\mu_f} \quad (11)$$

$$u_B = \frac{2k_b T}{\pi \mu_f d_p^2} \quad (12)$$

All terms are defined in the Nomenclature.

The boundary conditions for mixed convection written as:

$$\begin{aligned} u = 0, \quad v = 0, \quad \partial T / \partial y = 0 & \quad \text{on bottom wall of the cavity} \\ u = U_0, \quad v = 0, \quad \partial T / \partial y = 0 & \quad \text{on upper wall of the cavity} \\ v = 0, \quad v = 0, \quad T = T_c & \quad \text{on right wall of the cavity} \\ u = 0, \quad v = 0, \quad T = T_c & \quad \text{on left wall of the cavity} \end{aligned} \quad (13)$$

The following dimensionless variables for mixed convection are defined based on properties of pure fluid:

$$\tau = \frac{t}{H/U_{ref}}, \quad X = \frac{x}{H}, \quad Y = \frac{y}{H}, \quad U = \frac{u}{U_{ref}}, \quad V = \frac{v}{U_{ref}}, \quad P = \frac{p}{\rho_{nf}U_{ref}^2}, \quad \theta = \frac{T - T_c}{T_h - T_c}, \quad (14)$$

Where  $U_{ref}$  is considered to be  $U_0$  for mixed convection. Dimensionless numbers for the system are defined as:

$$Re = \frac{u_{ref}H}{\nu_{nf}}, \quad Ri = \frac{Gr}{Re^2}, \quad Gr = \frac{g\beta_f(T_h - T_c)H^3}{\nu_f^2}, \quad (15)$$

$$Ra = Gr.Pr = \frac{g\beta_f(T_h - T_c)H^3}{\alpha_f\nu_f}, \quad Pr = \frac{\nu_f}{\alpha_f}, \quad (16)$$

The governing equations (1)–(4) are written in the following dimensionless form:

$$\frac{\partial U}{\partial X} + \frac{\partial V}{\partial Y} = 0 \quad (17)$$

$$\frac{\partial U}{\partial \tau} + U \frac{\partial U}{\partial X} + V \frac{\partial U}{\partial Y} = -\frac{\partial P}{\partial X} + \frac{1}{Re} \frac{\rho_f}{\rho_{nf}} \frac{\mu_{nf}}{\mu_f} \left( \frac{\partial^2 U}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial Y^2} \right) \quad (18)$$

$$\frac{\partial V}{\partial \tau} + U \frac{\partial V}{\partial X} + V \frac{\partial V}{\partial Y} = -\frac{\partial p}{\partial Y} + \frac{1}{Re} \frac{\rho_f}{\rho_{nf}} \frac{\mu_{nf}}{\mu_f} \left( \frac{\partial^2 V}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial Y^2} \right) + Ri \frac{(\rho\beta)_{nf}}{\rho_{nf}\beta_f} \theta \quad (19)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} + U \frac{\partial \theta}{\partial X} + V \frac{\partial \theta}{\partial Y} = \frac{1}{Re.Pr} \frac{\alpha_{nf}}{\alpha_f} \left( \frac{\partial^2 \theta}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial Y^2} \right) \quad (20)$$

Dimensionless form of the boundary conditions can be written as:

$$\begin{aligned} U = 0, \quad V = 0, \quad \partial\theta/\partial y = 0 & \quad \text{on bottom wall of the cavity} \\ U = 1, \quad V = 0, \quad \partial\theta/\partial y = 0 & \quad \text{on upper wall of the cavity} \\ V = 0, \quad V = 0, \quad \theta = 0 & \quad \text{on right wall of the cavity} \\ U = 0, \quad V = 0, \quad \theta = 0 & \quad \text{on left wall of the cavity} \end{aligned} \quad (21)$$

The total mean Nusselt number of all cavity's wall is defined as:

$$\overline{Nu}_{tot} = \frac{1}{H} \int_0^H \frac{k_{nf}(\varphi)}{k} \left\{ \left| \frac{\partial \theta}{\partial X} \right|_{left} + \left| \frac{\partial \theta}{\partial X} \right|_{right} \right\} dY \quad (22)$$

## 4 NUMERICAL DETAILS

A finite volume formulation, given by Patankar [20] on a staggered grid, is applied for discretization of the governing equations (Eqs. (17)–(20)) and boundary conditions described by Eq. (21). SIMPLE (Semi-Implicit Method for Pressure Linked Equations) is used to solve the coupled pressure–velocity equation while Hybrid Differencing Scheme (HDS) of Spalding [21] is used for the convective terms. Line by line application of TDMA (Tri-Diagonal Matrix Algorithm) method [20] is applied on equation systems until sum of the residuals became less than  $10^{-6}$ . The developed algorithm was implemented in FORTRAN program.

### 4.1 GRID INDEPENDENCE STUDY

In order to determine a proper grid for the numerical simulation, a lid driven square cavity filled with Cu–water nanofluid ( $\varphi = 0.05$ ) having a central triangular heat source with size  $w = 0.2H$  is analyzed in two extreme Richardson numbers

( $Ri = 0.1$  and  $100$ ). The mean Nusselt number obtained using different grid numbers for particular cases is presented in Table 2. As can be observed from the table, a uniform  $103 \times 103$  grid is sufficiently fine for the numerical calculation.

Table 2. Effect of the grid size on  $\overline{Nu}_{tot}$  for the cavity filled with the Cu-water nanofluid ( $\phi = 0.05$ ) having a central triangular heat source with size  $W = w/H = 0.2$  (see Fig. 1)

$Ri$	$63 \times 63$	$83 \times 83$	$103 \times 103$	$123 \times 123$
0.1	7,411	7,631	7,794	7,794
100	5,107	5,542	5,608	5,610

#### 4.2 VALIDATIONS

The present numerical scheme was validated against various numerical results available in the literature, three different heat convection problems are chosen. The first case is the numerical results of Iwatsu et al. [13] and Oztop et al. [8] for a top heated moving lid and bottom cooled square cavity filled with air ( $Pr = 0.71$ ). A  $100 \times 100$  mesh was used and the computations were done for three different Richardson numbers. Table 3 demonstrates an excellent comparison of the average Nusselt number between the present results and the numerical results found in the literature [13-8] with a maximum discrepancy of about 1.6 %. The second case is a mixed convection flow and heat transfer characteristics in a lid-driven cavity with a circular body inside. The third case is a mixed convection flow and heat transfer in a lid-driven cavity with a square heater inside. Fig. 2 illustrates a comparison of the isotherms and streamlines with the results reported by Islam et al [1] and the results reported by Khanafer and Aithal. [2] at Reynolds number ( $Re = 100$ ).

Table 3. Comparison of  $\overline{Nu}$  at the hot lid between the present results and those reported in the literature

$Ri$	Average Nusselt number at the hot lid		
	Iwatsu et al. [13]	Oztop et al. [8]	Present
1.0	1.34	1.30	1.36
0.0625	3.62	3.63	3.68
0.01	6.29	6.34	6.29

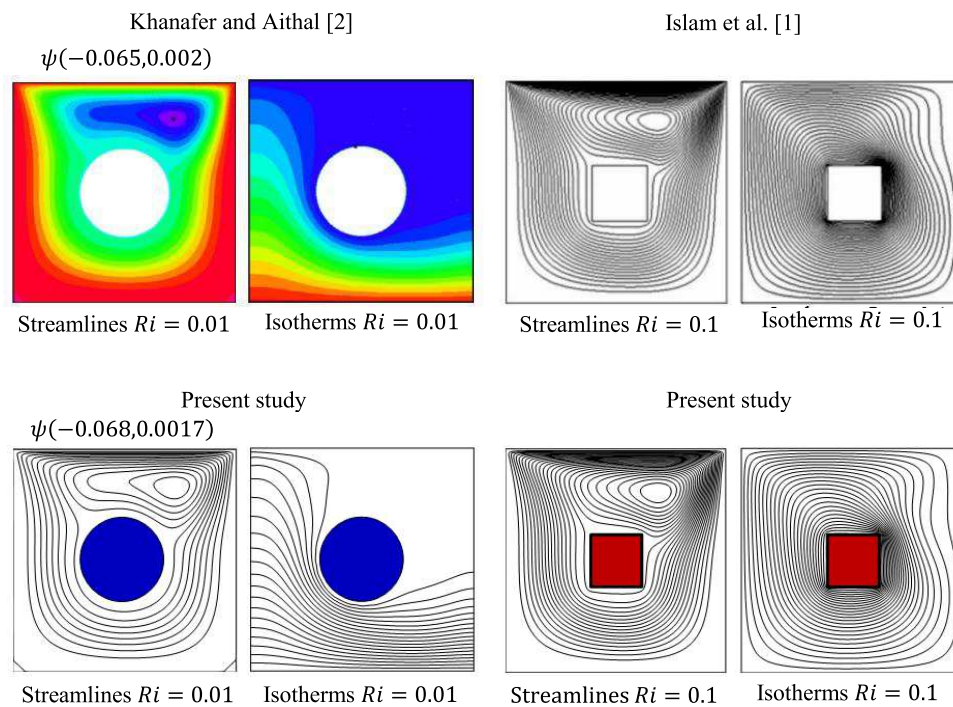
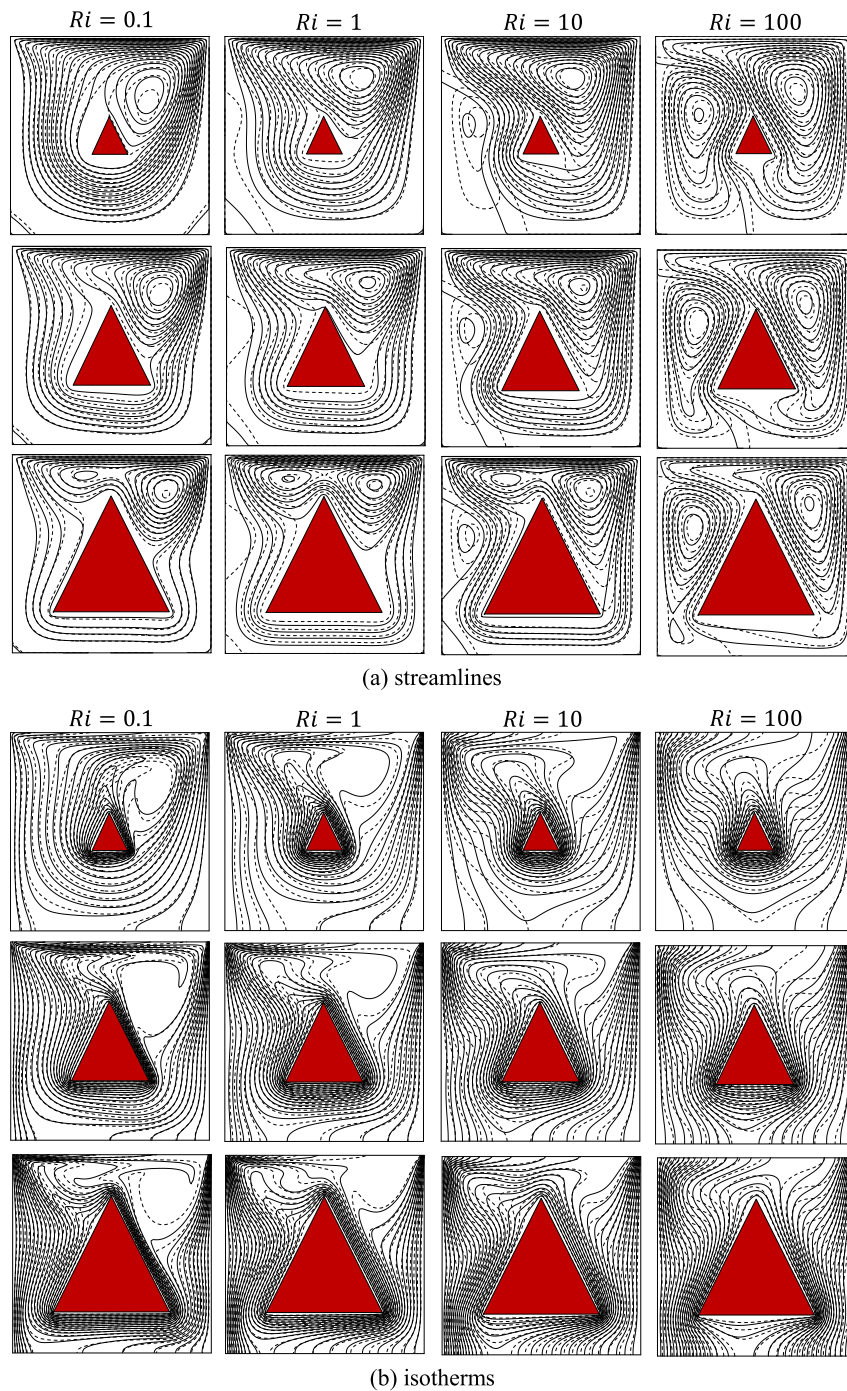


Fig. 2. Comparison of present results with the numerical results of Islam et al. [1] ( $h/H = 0.25, Pr = 0.7, Re = 100$ ) and with results of Khanafer and Aithal [2] ( $Re = 100, Pr = 0.7, r/H = 0.2$ ).

## 5 RESULTS AND DISCUSSION

Mixed convection heat transfer of nanofluid in a lid driven square cavity containing several heated triangular cylinders is numerically simulated. The calculations are carried out in two phases. First, the effect of size of triangular heat source, three different sizes are considered as:  $w = 0.2H$ ,  $w = 0.4H$  and  $w = 0.6H$ . In the second phase, calculations are performed for different number of triangular block while the Richardson number ( $Ri$ ) is ranging from 0.1 to 100 and the volume fraction of the nanoparticles is varying from 0 to 0.05. Results of these simulations are presented and discussed in the following two subsections.



**Fig. 3.** (a) Streamlines and (b) isotherms inside the cavity corresponding to different sizes of triangular heat source, i.e.  $W = w/H = 0.2, 0.4$  and  $0.6$  filled with Cu–water the pure fluid (dashed line) and Cu–water nanofluid (solid line) with  $\phi = 5\%$  and at different  $Ris$ .  $Gr = 10^4$ .

5.1 EFFECTS OF TRIANGULAR BLOCK SIZE

In this section, a square cavity filled with Cu–water containing a central triangular heated block with three different sizes ( $w = 0.2H$ ,  $w = 0.4H$  and  $w = 0.6H$ ) is considered for heat transfer analysis. Fig.3 (a-b) shows the effects of the block size, the forced convection due to the lid motion and the natural convection due to the buoyancy driven flow, on the streamlines and isotherms for various values of  $Ri$  ranging from 0.1 to 100 while Grashof number is fixed at  $Gr = 10^4$ . For comparisons, the streamlines and the isotherms for pure fluid and nanofluid are shown by dashed line and solid line respectively.

As shown in Fig. 3, some differences are observed in streamlines and isotherms of pure fluid and nanofluid. We can explain this by the higher viscosity of nanofluid compared to that of the pure fluid which increases the diffusion of momentum in the nanofluid. It can be seen from Fig. 3(a) that at  $Ri = 0.1, 1$  and  $10$  the general flow trend for the rightward lid motion alone is a clockwise rotating vortex with its center slightly shifted towards the top right corner. This observation shows the higher forced convection effects in the right upper corner of the cavity. As it is clear, the fluid flow under the triangular heated block is very low compare to the upper which is affected by the lid motion. By increasing size of triangular heated block from  $w = 0.2H$  to  $0.6H$ , we can see clearly that the center core of rotating eddy became with two inner vortices. At these Richardson numbers ( $Ri = 0.1, 1$  and  $10$ ), we can see in Fig. 3(b) that the concentration of the isotherms, close to the triangular heated block increases, which indicates that the heat transfer is through forced convection.

According to Fig. 3(b), when the Richardson number decreases, the isotherms are deformed. The plume that forms above the block is seen to be slightly tilted with respect to the vertical and changes dramatically. This important change undergone by the isotherms and characterized by a complexity of their patterns, results from the flow intensification engendered by the increase of the upper lid's speed (decrease of  $Ri$ ). At  $Ri = 10$ , we can see in Fig. 3(a), a small counterclockwise rotating eddy started to appear close to the left wall of the cavity. When  $Ri$  increases to 100, the effects of moving wall decreases due to the enhancement in the buoyancy force. At this  $Ri$ , we can see in Fig. 3(a) that the flow structure is organized into two convection cells, one clockwise vortex on the right side and one counterclockwise vortex on the left side. The uniformly distributed isotherms and the convection cells appear at high  $Ri$  show that the main heat transfer mechanism is through the natural convection.

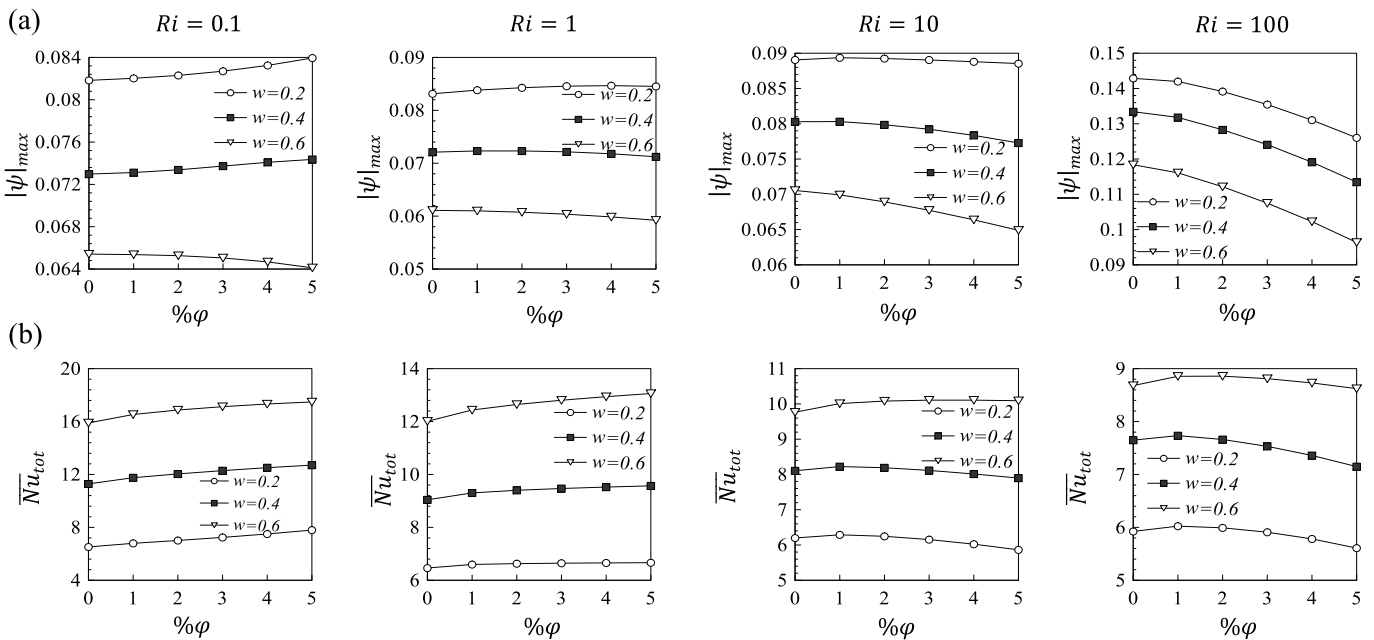
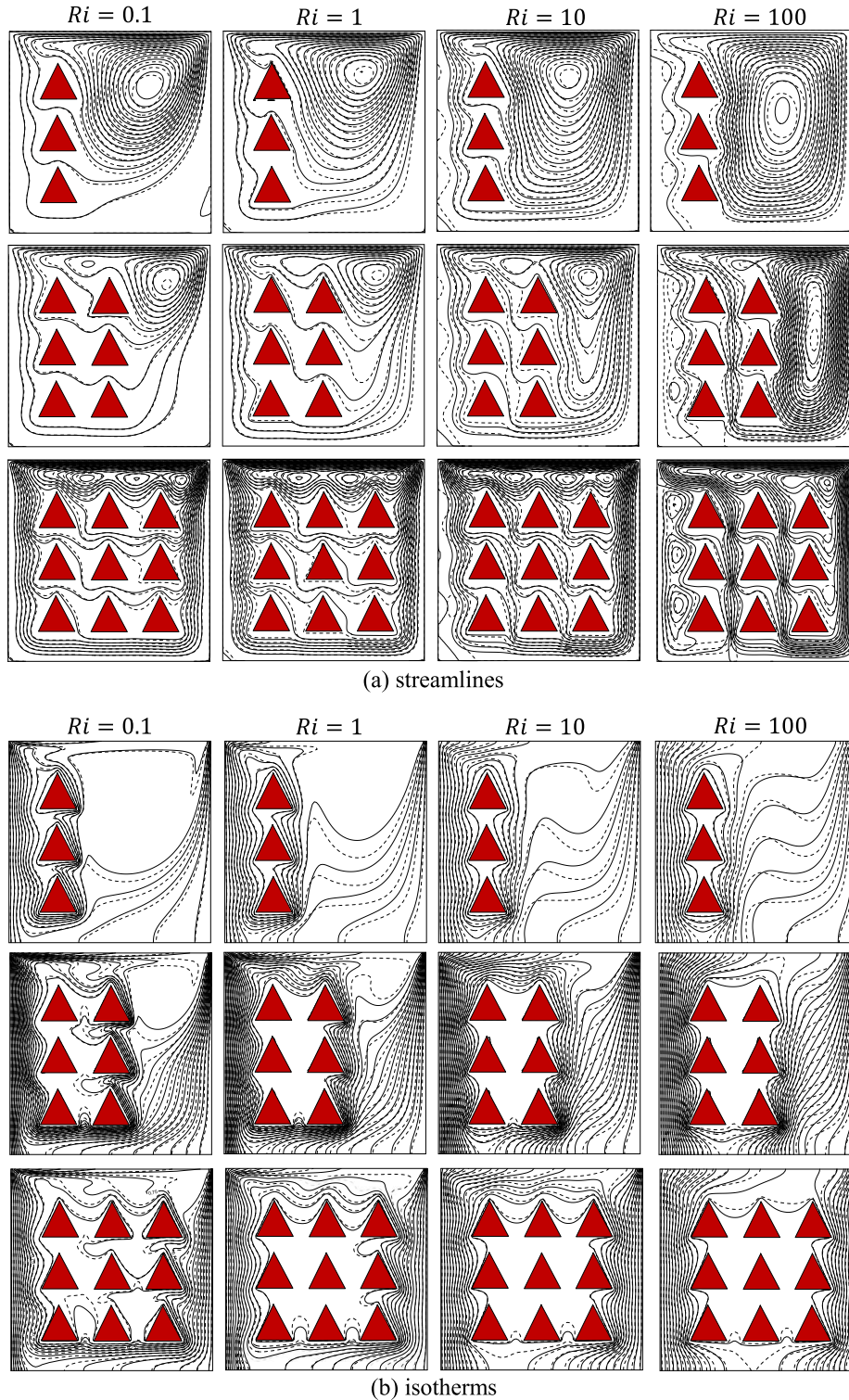


Fig. 4. Variation of (a)  $\psi_{max}$  and (b)  $\overline{Nu}_{tot}$  corresponding to different sizes of triangular heat source, i.e.  $W = w/H = 0.2, 0.4$  and  $0.6$  for different Richardson numbers and volume fraction of the nanoparticles.  $Gr = 10^4$ .

Fig. 4 shows values of  $\psi_{max}$  and  $\overline{Nu}_{tot}$  in the same conditions of Fig. 3 at different block sizes, Richardson number and volume fraction of nanoparticles. According to Fig. 4(b), it is noticed that by increasing volume fraction of nanoparticles and decreasing  $Ri$  the heat transfer rate increases. It is clear that the heat transfer rate enhances with increasing block size from  $w = 0.2H$  to  $0.6H$ . At low Richardson number (forced convection are dominant), the maximum stream function does not

change significantly (see Fig. 4(a)) therefore enhancement of heat transfer rate is maximum for  $\varphi = 5\%$ . At high Richardson number ( $Ri > 10$ ) the effects of natural convection are dominant so there is an optimum volume fraction of nanoparticles which maximize the heat transfer is about 1% in the most cases.



**Fig. 5.** (a) Streamlines and (b) isotherms inside the cavity corresponding to different number of triangular heated blocks, i.e.  $N = 3, 6$  and  $9$  filled with Cu-water the pure fluid (dashed line) and Cu-water nanofluid (solid line) with  $\varphi = 5\%$  and at different  $Ris$ .  $Gr = 10^4$ .

5.2 EFFECTS OF BLOCK’S NUMBER

In this section results on the effects of increase in the number of triangular heated blocks (three, six and nine of triangular heated blocks) inside the cavity filled with Cu–water nanofluid, on the fluid flow and the heat transfer rate is presented.

Fig.5 (a-b) shows the effects of block’s number, on the streamlines and isotherms for various values of  $Ri$  ranging from 0.1 to 100 while Grashof number is fixed at  $Gr = 10^4$  and the size of triangular heat source is fixed at  $w = 0.2H$ . As shown in Fig.5 (a), by increasing Richardson number, the effects of moving wall decreases and the vortex intensity becomes stronger. By increasing the number of triangular heated block from  $N = 3$  to 9, the passage width between the triangular blocks and the cavity wall decreases. When  $Ri \leq 10$  (forced convection), the main recirculation bubble gets gradually trapped between the moving lid and the upper surface of the blockage getting more and more squeezed. We can see in Fig.5 (b), that by decreasing  $Ri$  the concentration of the isotherms, close to the triangular heated blocks increases and their patterns are characterized by a complex form. We can see clearly in Fig.5 (a), at  $Ri = 100$  a vertical recirculation bubbles develop in the left wall of the cavity. This interesting flow is a direct consequence of dominating natural convection at  $Ri = 100$ . The uniformly distributed isotherms at this Richardson number show that the main heat transfer mechanism is through the natural convection.

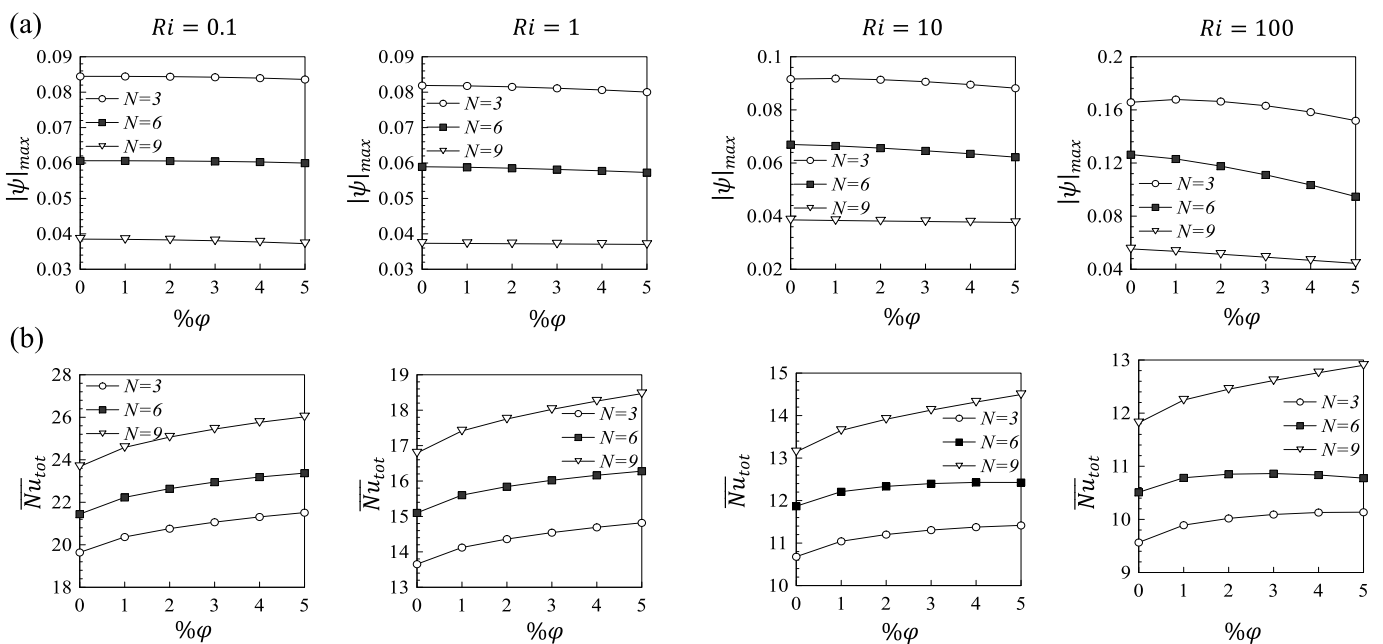


Fig. 6. Variation of (a)  $\psi_{max}$  and (b)  $\overline{Nu}_{tot}$  corresponding to different number of triangular heated blocks, i.e.  $N = 3, 6$  and  $9$  for different Richardson numbers and volume fraction of the nanoparticles.  $Gr = 10^4$ .

Fig. 6 shows values of  $\psi_{max}$  and  $\overline{Nu}_{tot}$  in the same conditions of Fig. 5 at different number of triangular heated blocks, Richardson number and volume fraction of nanoparticles. It is clear that by decreasing the Richardson number and increasing the number of triangular heated blocks, the rate of convective heat transfer is increased (see Fig. 6(b)). On the other hand, in a constant Richardson number, by increasing the number of triangular heated blocks from  $N = 3$  to 9, the convection suppresses and therefore flow intensity decreases (see Fig. 6(a)).

6 CONCLUSION

This study investigates mixed convection heat transfer of Cu-water nanofluid in a lid driven square cavity containing several heated triangular cylinders. The calculations are carried out in two phases. First, the effect of size of triangular heat source, three different sizes are considered as:  $w = 0.2H$ ,  $w = 0.4H$  and  $w = 0.6H$ . In the second phase, calculations are performed for different number of triangular block while the Richardson number ( $Ri$ ) is ranging from 0.1 to 100 and the volume fraction of the nanoparticles is varying from 0 to 0.05. According to the presented results, the following conclusions are drawn:

- By increasing volume fraction of nanoparticles,  $\varphi$ , and decreasing Richardson number,  $Ri$ , the heat transfer rate increases.
- At all Richardson numbers, the heat transfer rate enhances with increasing block size from  $w = 0.2H$  to  $0.6H$ .
- In a square cavity filled with Cu–water containing a central triangular heated block, when  $Ri > 10$  the effects of natural convection are dominant so there is an optimum volume fraction of nanoparticles which maximize the heat transfer is about 1% in the most cases.
- At low Richardson number (forced convection are dominant), the maximum stream function does not change significantly, therefore enhancement of heat transfer rate is maximum for  $\varphi = 5\%$ .
- By decreasing the Richardson number and increasing the number of triangular heated blocks, the rate of convective heat transfer is increased and the flow intensity decreases.

## NOMENCLATURE

$C_p$	specific heat, $Jkg^{-1}K^{-1}$
$d_p$	diameter of the nanoparticle, $m$
$d_f$	diameter of the base fluid molecule, $m$
$g$	gravitational acceleration, $m s^{-2}$
$Gr$	Grashof number ( $= g\beta\Delta TH^3/\nu^2$ )
$H$	enclosure height, $m$
$k$	thermal conductivity, $W m^{-1}K^{-1}$
$k_b$	Boltzmann's constant $= 1.38066 \times 10^{-23}$
$N$	Number of triangular heated blocks
$\overline{Nu}_{tot}$	heat transfer of cavity's wall
$p$	dimensional pressure, $Nm^{-2}$
$P$	dimensionless pressure
$Pr$	Prandtl number ( $= \nu_f/\alpha_f$ )
$Ra$	Rayleigh number ( $= g\beta_f(T_h - T_c)H^3/\alpha_f\nu_f$ )
$Re_B$	Brownian-motion Reynolds number
$Re$	Reynolds number ( $= U_0H/\nu$ )
$Ri$	Richardson number ( $= Gr/Re^2$ )
$T$	temperature, $K$
$t$	time, $s$
$\tau$	dimensionless time ( $t/H/U_{ref}$ )
$u, v$	velocity components, $ms^{-1}$
$u_B$	Brownian velocity of the nanoparticle, $ms^{-1}$
$U, V$	dimensionless velocity components
$w$	dimensional width of the triangular heater
$W$	dimensionless width of the triangular heater
$x, y$	Cartesian coordinates, $m$
$X, Y$	dimensionless Cartesian coordinates ( $x, y$ )/ $H$
Greek symbols	
$\alpha$	thermal diffusivity, $m^2s^{-1}$
$\beta$	thermal expansion coefficient, $K^{-1}$
$\theta$	dimensionless temperature
$\mu$	dynamic viscosity, $kg m^{-1}s^{-1}$

$\nu$	kinematic viscosity, $m^2s^{-1}$
$\rho$	density, $kgm^{-3}$
$\varphi$	volume fraction of the nanoparticles
$\psi$	stream function ( $= - \int_{Y_0}^Y U \partial Y + \psi(X, Y_0)$ )

**Subscripts**

$c$	cold
$f$	fluid
$h$	hot
$nf$	nanofluid
$s$	solid nanoparticles

**REFERENCES**

- [1] A.W. Islam, M.a.R. Sharif, E.S. Carlson, Mixed convection in a lid driven square cavity with an isothermally heated square blockage inside, *Int. J. Heat Mass Transf.* 55 (2012) 5244–5255.
- [2] K. Khanafer, S.M. Aithal, Laminar mixed convection flow and heat transfer characteristics in a lid driven cavity with a circular cylinder, *Int. J. Heat Mass Transf.* 66 (2013) 200–209.
- [3] M. Kalteh, K. Javaherdeh, T. Azarbarzin, Numerical solution of nanofluid mixed convection heat transfer in a lid-driven square cavity with a triangular heat source, *Powder Technol.* 253 (2014) 780–788.
- [4] H.F. Oztop, I. Dagtekin, A. Bahloul, Comparison of position of a heated thin plate located in a cavity for natural convection, *Int. Commun. Heat Mass Transfer* 31 (2004) 121–132.
- [5] Sheikholeslami M, Gorji-Bandpy M, Vajravelu K. Lattice Boltzmann simulation of magnetohydrodynamic natural convection heat transfer of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-water nanofluid in a horizontal cylindrical enclosure with an inner triangular cylinder. *Int J Heat Mass Transfer* 2015;80:16–25.
- [6] M. El Abdallaoui, M. Hasnaoui and A. Amahmid, Numerical simulation of natural convection between a decentered triangular heating cylinder and a square outer cylinder filled with a pure fluid or a nanofluid using the lattice Boltzmann method, *Powder Technol.* 277 (2015) 193–205
- [7] M. El Abdallaoui, M. Hasnaoui and A. Amahmid, Lattice-Boltzmann modeling of natural convection between a square outer cylinder and an inner isosceles triangular heating body, *Num. Heat Transfer, Part A*, vol. 66, pp. 1076-1096, 2014.
- [8] H.F. Oztop, Z. Zhao, B. Yu, Fluid flow due to combined convection in lid-driven enclosure having circular body, *Int. J. Heat Fluid Flow* 30 (2009) 886–901.
- [9] I. Pishkar, B. Ghasemi, Cooling enhancement of two fins in a horizontal channel by nanofluid mixed convection, *Int. J. Therm. Sci.* 59 (2012) 141–151.
- [10] M. Corcione, Empirical correlating equations for predicting the effective thermal conductivity and dynamic viscosity of nanofluids, *Energy Convers. Manag.* 52 (2011) 789–793
- [11] Z. Haddad, H.F. Oztop, E. Abu-Nada, A. Mataoui, A review on natural convective heat transfer of nanofluids, *Renewable Sustainable Energy Rev.* 16 (2012) 5363–5378.
- [12] M. Corcione, Heat transfer features of buoyancy-driven nanofluids inside rectangular enclosures differentially heated at the sidewalls, *Int. J. Therm. Sci.* 49 (2010) 1536–1546.
- [13] R. Iwatsu, J.M. Hyun, K. Kuwahara, Mixed convection in a driven cavity with a stable vertical temperature gradient, *Int. J. Heat Mass Transfer* 36 (1993) 1601–1608.
- [14] C.L. Chen, S.C. Chang, C.K. Chen, C.K. Chang, Lattice boltzmann simulation for mixed convection of nanofluids in a square enclosure, *Appl. Math. Model.* 39 (2015) 2436–2451
- [15] H. Moumni, H. Welhezi, R. Djebali, E. Sediki, Accurate finite volume investigation of nanofluid mixed convection in two-sided lid driven cavity including discrete heat sources, *Appl. Math. Model.* (2014).
- [16] Zoubair Boulahia, Rachid Sehaqui, "Numerical Simulation of Natural Convection of Nanofluid in a Square Cavity Including a Square Heater", *International Journal of Science and Research (IJSR)*, ijsr.net, Volume 4 Issue 12, December 2015, 1718 - 1722
- [17] M. Muthamilselvan, D.H. Doh, Mixed convection of heat generating nanofluid in a lid-driven cavity with uniform and non-uniform heating of bottom wall, *Appl. Math. Model.* 38 (2014) 3164–3174.
- [18] Zoubair Boulahia, Abderrahim Wakif, and Rachid Sehaqui, "Numerical Study of Mixed Convection of the Nanofluids in Two-Sided Lid-Driven Square Cavity with a Pair of Triangular Heating Cylinders," *Journal of Engineering*, vol. 2016, Article ID 8962091, 8 pages, 2016.

- [19] D.F.P. Incropera, D.P. DeWitt, *Introduction to Heat Transfer*, Wiley, New York, 2002.
- [20] S.V. Patankar, *Numerical Heat Transfer and Fluid Flow*, McGraw-Hill, Washington, 1980.
- [21] D.B. Spalding, A novel finite difference formulation for differential expressions involving both first and second derivatives, *Int. J. Numer. Methods Eng.* 4 (1972) 551–559.

## Evaluation de la qualité nutritionnelle des bouillons «cube» les plus consommés au Sud-Bénin

### [ Evaluation of the nutritional quality of the most consumed seasonings named «cube» in South of Benin ]

*Pierre DOSSOU-YOVO<sup>1</sup>, Laure T. C. TOSSOU<sup>1</sup>, Alphonse SEZAN<sup>2</sup>, and Rodogune A. C. YELOUASSI<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Laboratoire de Recherche en traitement et de conservation des Produits Halieutiques (LAREPROH),  
Faculté des Sciences et Techniques (FAST), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Cotonou, Benin

<sup>2</sup>Laboratoire de Biomembranes et Signalisation Cellulaire,  
Faculté des Sciences et Techniques (FAST), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Cotonou, Benin

---

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:** Seasonings are nowadays indispensable ingredients in food preparation in general and especially in South of Benin. They are omnipresent on all displays of saleswomen condiments and various products, and are sometimes exposed to the bad weather. A sociocultural investigation was conducted to South of Benin, from December 2012 to July 2013 (approximately eight month), and was related to the consumption of flavor commonly called "cube" in this area. The purpose is to identify the range of "cube" seasonings the most used. It comes that we may evaluate the nutritional quality of these products. After the analysis, it arises that the glutamate has a higher content of total proteins (36.960%). Then, follow respectively Cookzen (14.840%), Maggi chicken (9.800%), Jumbo chicken (8.68%) and finally, Aroma Maggi (7.560%). The highest content of salt is found in Jumbos Chicken (53.675%), followed respectively by Maggi chicken (47.525%), Cookzen (38.840%), Glutamate (37.307%) and Aroma Maggi (17.660%). The lowest value of the pH is found in Aroma Maggi (4.530), while Maggi chicken (5.860) and Jumbo chicken (5.270) have approximately the same pH.

**KEYWORDS:** proximate composition, nutritional values, "cube" seasonings, South of Benin.

**RESUME:** Les bouillons d'assaisonnement sont, de nos jours, des ingrédients indispensables dans les préparations culinaires en général, et au Sud-Bénin en particulier. Ils sont omniprésents sur tous les étalages des vendeuses de condiments et produits divers, et sont parfois exposés aux intempéries. Une enquête socioculturelle menée au Sud-Bénin de Décembre 2012 à Juillet 2013 (environ huit mois) a porté sur la consommation des exhausteurs de goût communément appelés «cube» dans cette région. Le but est de connaître la gamme de bouillon «cube» la plus usitée. Il est apparu opportun d'évaluer la qualité nutritionnelle de ces produits par la détermination de certains éléments indispensables pour le bon fonctionnement de l'organisme humain. Des résultats des analyses, il ressort que le glutamate possède une teneur plus élevée en protéines totales (36,960%). Ensuite, suivent respectivement les gammes Cookzen (14,840%), Maggi poulet (9,800%), Jumbo poulet (8,68%) et enfin, Arôme Maggi (7,560%). La teneur en sel la plus élevée se retrouve au niveau de la gamme Jumbo Poulet (53,675%), suivies respectivement des gammes Maggi poulet (47,525%), Cookzen (38,840%), Glutamate (37,307%) et Arôme Maggi (17,660%). La valeur la plus faible du pH se retrouve au niveau de la gamme Arôme Maggi (4,530), tandis que les gammes Maggi poulet (5,860) et Jumbo poulet (5,270) ont sensiblement le même pH.

**MOTS-CLEFS:** analyses physico-chimiques, valeurs nutritionnelles, assaisonnement «cube», Sud-Bénin.

## 1 INTRODUCTION

Depuis la fin de la seconde guerre mondiale, l'alimentation humaine a montré des progrès considérables en termes d'abondance, de diversité, de qualité et de sécurité [1]. Selon [2], l'alimentation est l'ensemble des produits consommés par un individu dans le but de se procurer des satisfactions sensorielles et de couvrir les dépenses de son organisme. Ce qui a permis à [3] cité par [4] de résumer les buts de l'alimentation en trois points, à savoir : entretenir un état de santé florissante ; assurer la perpétuité de la race sans dégénérescence et enfin permettre le travail avec un rendement optimum. L'homme doit alors manger équilibré pour diverses raisons telle que : construire et édifier son organisme ; produire suffisamment d'énergie pour assurer le maintien de la température du corps, lutter contre le froid extérieur, et fournir le travail exigé par sa place dans la société et coordonner les réactions de l'organisme.

Une denrée alimentaire doit alors posséder trois types de qualité pour répondre aux trois groupes de fonction (biologique, psychosensorielle et éthico-intellectuelles) qu'elle doit assumer. Dans cette logique, une denrée alimentaire doit : -nourrir, c'est-à-dire apporter un certain nombre de calories et de nutriments indispensables pour l'entretien, le développement et la réparation de la machine humaine ; -exciter nos sensations gustatives et digestives ; -avoir une valeur symbolique d'ordre social, économique et culturel [2]. C'est pour cela que les aliments sont consommés en raison de leur apport d'énergie et/ou de matière, mais aussi en raison de leurs qualités organoleptiques, émotionnelles et sociologiques [5].

Par ailleurs, l'alimentation urbaine est devenue un défi majeur qu'affrontent les villes africaines. Le problème de l'approvisionnement alimentaire urbain s'intensifie de décennies en décennies. Cela se justifie par la croissance des pôles urbains et l'évolution des comportements alimentaires associés à l'urbanisation: restauration rapide, restauration domicile, adoption de produits importés, les agents de sapidité [6].

Le bouillon «cube», lancé sur le marché suisse en 1908 par Julius Maggi, a été introduit en Afrique de l'Ouest pendant l'époque coloniale avec d'autres denrées industrielles comme le concentré de tomates, le lait concentré et les sardines en boîte. Le bouillon «cube» s'est imposé comme un produit alimentaire industriel dans les cuisines africaines. Le bouillon «cube» est omniprésent dans l'espace public des villes ouest africaines [7].

Une enquête menée par nous en 2012-2013 au Sud-Bénin sur l'utilisation des «cubes» montre que ces adjuvants culinaires entrent dans tous les mets traditionnels ou non, et constituent un ingrédient largement utilisé dans la cuisine des populations.

Au Sud-Bénin, les messages publicitaires vantent les bienfaits des «cubes» en mettant l'accent sur leur contribution à l'amélioration de la valeur nutritionnelle et de la qualité organoleptique des préparations dans lesquelles lesdits «cube» sont utilisés.

Dans le souci d'évaluer la composition des éléments nutritifs des bouillons «cubes» au Sud-Bénin, nous déterminerons la composition nutritionnelle de ces adjuvants culinaires, les plus consommés au Sud-Bénin. Spécifiquement, il s'agit de déterminer les teneurs en sodium ( $\text{Na}^+$ ), en ions chlorure ( $\text{Cl}^-$ ), en protéines, en sel, en matières sèches et le potentiel d'hydrogène de ces produits.

## 2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.1 MATÉRIEL

Le matériel utilisé est constitué de tablettes de bouillons d'assaisonnement communément appelés «cube» au Bénin, et achetées au marché international Dantokpa.

### 2.2 ECHANTILLONNAGE

Une pré-enquête basée sur l'observation et un questionnaire, a été réalisée sur l'utilisation des bouillons d'assaisonnement communément appelé «cube» au Sud-Bénin. Elle a permis d'identifier les gammes de bouillon d'assaisonnement communément appelés «cube» au Sud-Bénin, et plus consommées par les populations. Ce qui a permis de retenir cinq gammes de bouillons «cube» utilisées pour différentes analyses.

Ainsi, cinq (5) différentes gammes de «cube» ont été achetées au marché international Dantokpa. Il s'agit des gammes de bouillon «cube», Arôme Maggi, Maggi poulet, Cookzen, Jumbo poulet et glutamate. Ce marché a été retenu parce qu'il est le lieu principal où les revendeuses des marchés intérieurs et certains consommateurs font leur approvisionnement en bouillons «cube».

### 2.3 ANALYSE DES ÉCHANTILLONS

- **Dosage des protéines totales** : elle est réalisée suivant la méthode de Kjeldahl.
- **Dosage l'humidité** : elle est déterminée en mesurant la perte de poids d'une quantité de produit (bouillon «cube») après dessiccation. Elle renseigne sur la teneur en eau des produits.
- **Dosage du chlorure de sodium** : elle est réalisée suivant la méthode de titrimétrie.
- **Dosage des ions Na<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup>** : il a été fait par photométrie à flamme.
- **Détermination du pH** : elle est mesurée selon la méthode [8].

### 3 RÉSULTATS

Les histogrammes suivants montrent respectivement, les résultats des teneurs, en protéines totales (Figure 1) des bouillons «cube», en ions chlorure, sodium ainsi qu'en chlorure de sodium (sel) (Figure 4) d'une part, et d'autre part, les résultats du dosage de l'humidité (Figure 2) et la mesure de la valeur du pH dans les bouillons «cube» (Figure 3).

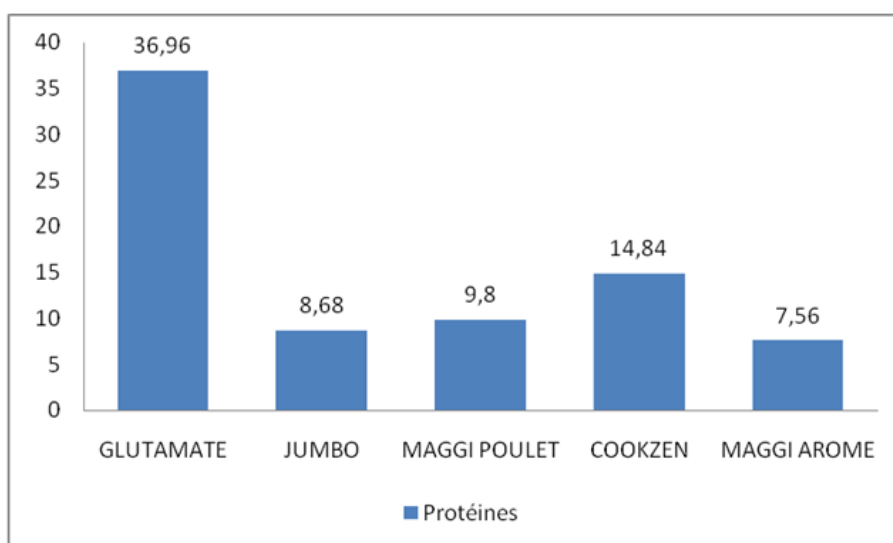


Figure 1 : Teneur en protéines totales des différentes gammes de bouillons «cube» vendus et consommés au Sud-Bénin

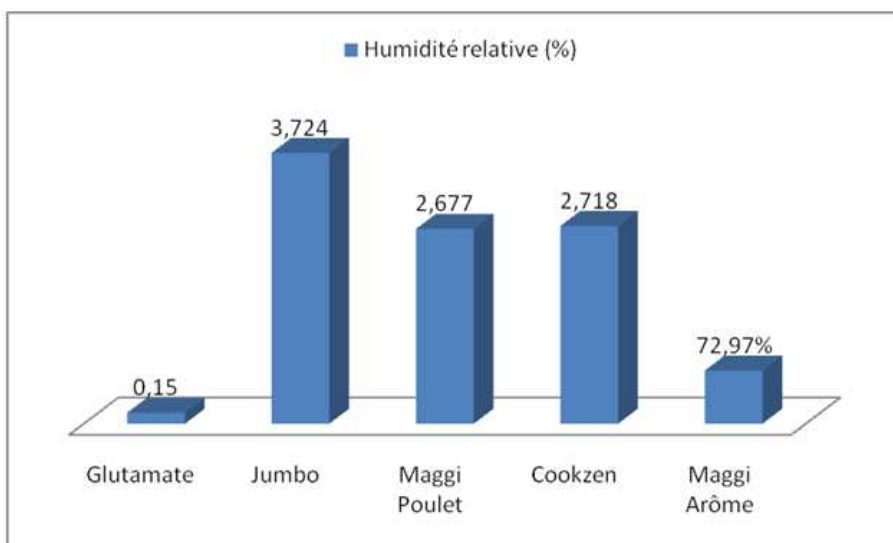


Figure 2 : Humidité des différentes gammes de bouillons «cube» vendus et consommés au Sud-Bénin

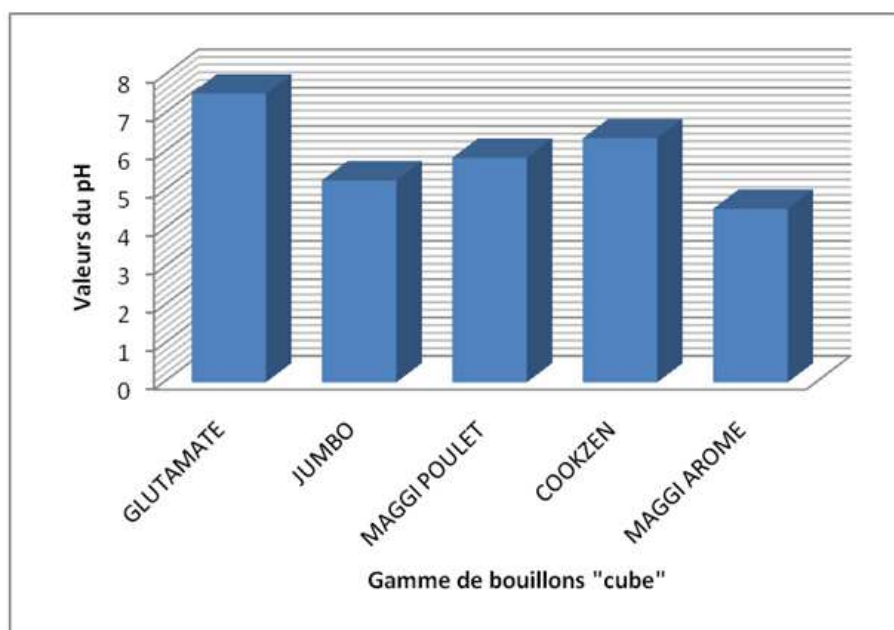


Figure 3 : Valeur du pH des différentes gammes de bouillons «cube» vendus et consommés au Sud-Bénin

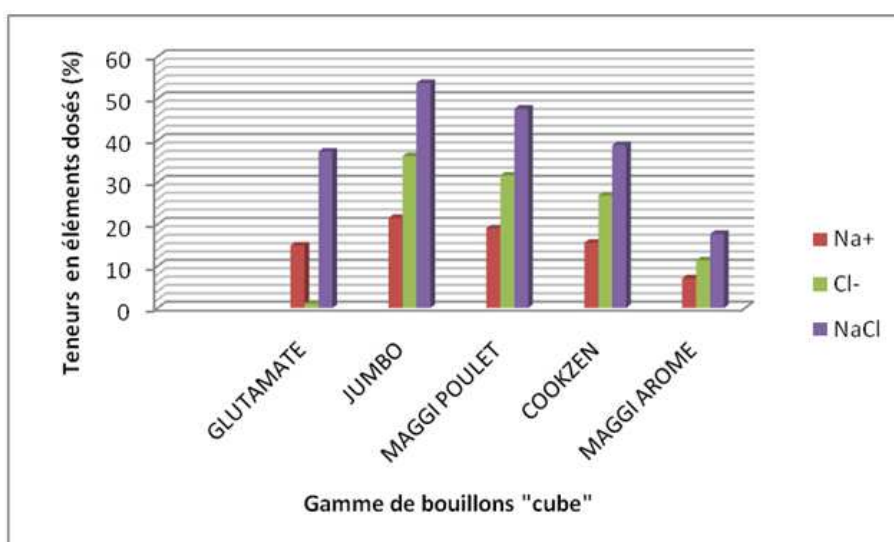


Figure 4 : Teneurs en ions sodium et chlorure et en chlorure de sodium des différentes gammes de bouillons «cube» vendus et consommés au Sud-Bénin

#### 4 DISCUSSION

La figure 1 illustre le dosage de la teneur en protéines totales des différentes gammes de bouillons «cube» vendus et consommés au Sud-Bénin. Au regard de cette figure, le glutamate possède la teneur la plus élevée en protéines totales soit 36,96% par rapport au poids total de l'échantillon de glutamate analysé. Le bouillon «Cookzen» a une teneur en protéines de 14,840%. Ces deux exhausteurs de goût ont des valeurs en protéines brutes très élevées par rapport aux valeurs rapportées par [9] au Nigéria lors de la détermination de la composition approximative et minérale des bouillons «cube» consommés dans ce pays : ce qui varie entre 10,50% et 17,50 %. Contrairement au glutamate et au bouillon «Cookzen», les bouillons Jumbo, Maggi poulet et arôme Maggi ont respectivement des teneurs en protéines totales de : 8,680% ; 9,800% et 7,560%. Ces valeurs de protéines sont semblables à celles signalées par [10] au cours de ses travaux portant sur l'évaluation du bouillon «cube» à base de champignons et de sa comparaison avec les bouillons «cube» Maggi produits en Arabie Saoudite. Les valeurs de protéines totales de ces bouillons «cube» oscillaient entre 4,8% et 8,6%. Cela explique le goût succulent du

glutamate et du bouillon «Cookzen» par rapport aux autres gammes de bouillons. Ce constat est fait par les consommateurs, lors de l'enquête socio-économique portant sur l'utilisation des bouillons «cube» au Sud-Bénin.

En ce qui concerne l'humidité qui donne une appréciation de la teneur en eau (figure 2), la valeur la plus élevée se retrouve au niveau de Maggi arôme soit 72,968%. Ceci se justifie par le fait que ce produit est un liquide d'assaisonnement ayant une composition proche des autres bouillons «cube». Les bouillons «cube» Cookzen, Maggi poulet et Jumbo poulet ont presque la même humidité soit respectivement 2,718% ; 2,677% et 3,724% tandis que celle du glutamate est 0,150%. Le glutamate est donc le bouillon d'assaisonnement le plus sec et pourrait rester à l'air libre pendant longtemps sans se dégrader contrairement aux autres gammes de bouillons. En effet, lorsque les bouillons «cube» sont déballés et exposés à l'air libre ils captent rapidement l'humidité et ont tendance à se mettre sous une forme pâteuse. Cela pourrait être dû à leur richesse en chlorure de sodium (sel) (figure 4). Ainsi, une fois exposé à l'oxygène de l'air, les ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  contenus dans le sel s'oxydent et ont tendance à liquéfier les bouillons «cube». Aussi, une polémique populaire qui réfute les composés glutamiques ne se justifie pas trop. Car le glutamate monosodique est autorisé dans l'alimentation humaine. Il est classé comme additif alimentaire sous le code E621 [11]. Le glutamate monosodique est un des acides aminés non essentiel. Il est à la fois synthétisé par l'organisme et forme une protéine structurale par combinaison avec d'autres aminoacides [12]. Le glutamate monosodique est aussi retrouvé dans la nature puisqu'il est présent dans de nombreuses protéines animales et végétales. Par ailleurs, le glutamate monosodique ingéré est relativement bien toléré par l'organisme puisque les concentrations en glutamate restent relativement stables en situation post-prandiale. L'organisme est à même de les métaboliser correctement et progressivement [13], [14]. La recherche du potentiel d'hydrogène (pH) s'est avérée nécessaire dans cette étude.

L'analyse de la figure 3 montre que le pH des bouillons «cube» est respectivement de 4,530 pour Maggi arôme ; 5,270 pour Jumbo poulet ; 5,860 pour Maggi poulet ; 6,370 pour Cookzen et 7,540 pour glutamate. Ces bouillons «cube» sont donc pour la plupart des produits plus ou moins acides et donc n'offrant pas de conditions favorables au développement de germes pathogènes en particuliers les Salmonella qui se retrouvent dans les produits dérivés de la viande. Les maladies cardio-vasculaires se généralisant de plus en plus au Bénin par l'ingestion non contrôlée du chlorure de sodium (sel de cuisine), il nous est apparu indispensable de rechercher les teneurs en sodium libre dans ces bouillons d'assaisonnement.

La teneur en sodium libre du glutamate et des bouillons «cube» Jumbo, Maggi poulet, Cookzen et Maggi arôme est respectivement 14,923% ; 21,467% ; 19,010% ; 15,536% et 7,064% (figure 4). En effet, [15], la valeur moyenne de sodium des bouillons «cube» doit être de 10,670%. Alors que tous ces bouillons ont une teneur en sodium nettement supérieure à cette norme exception faite à Arôme Maggi. Or, il est dit que la consommation excessive de sodium est un facteur contribuant à l'hypertension artérielle et est associée aux maladies cardiovasculaires et aux accidents vasculaires cérébraux. Un régime alimentaire à teneur élevée en sodium représente donc un risque sérieux pour la santé de la population humaine, d'après plusieurs organisations telles que l'Organisation mondiale de la Santé [16], l'USDA aux Etats Unis [15], la THL en Finlande [17], l'AFSSA en France [18], [19]. Surtout que, la majeure partie du sodium consommé provient d'aliments transformés, préemballés, prêts à être consommé, et d'origine très variée [20] ; [21]. Donc, les bouillons «cube» contribuent à l'augmentation de la teneur de sodium dans l'organisme humain après consommation. Ceci aurait certainement conduit le groupe Nestlé à prendre des engagements volontaires pour réduire de 5% la teneur en sodium des adjuvants culinaires Maggi [22]. Cette valeur élevée de sodium dans les bouillons «cube» s'explique par l'utilisation d'autres agents conservateur possédant du sodium sous forme combinée dans les exhausteurs de goûts, et figurant sur la liste des ingrédients entrant dans la formulation des bouillons «cube», quelle que soit la gamme. Il s'agit du glutamate de sodium, de l'inosinate de sodium et de guanylate de sodium. Notons que le sodium assure beaucoup de fonction vitale dans l'organisme humain. Ainsi, associés au chlore, ils stabilisent le milieu hydrique interne (liquide et électrolyte) et la tension artérielle du corps humain. Ils assurent le bon fonctionnement des muscles et des nerfs. Le sodium facilite l'absorption des nutriments tels que le glucose et les acides aminés. Un apport quotidien en sodium d'environ 400mg à 500mg suffit à assurer les fonctions organiques d'un adulte. Dans l'organisme humain, la moitié du sodium se trouve dans le sang et les liquides corporels, plus d'un tiers est dans les os et le reste se retrouve dans les cellules [23].

## 5 CONCLUSION

En somme, cette étude a montré que les bouillons d'assaisonnement communément appelés «cube» au Sud-Bénin contiennent des proportions appréciables de protéines. L'appréciation de la teneur en sel (NaCl) a permis de comprendre l'oxydation rapide et accélérée des bouillons «cube» lorsqu'ils sont déballés et exposés à l'air libre. Ils contribuent à l'apport du sel dans l'organisme humain. D'autres travaux doivent être menés sur les bouillons «cube» pour montrer leurs effets néfastes éventuels sur la santé des consommateurs.

**REMERCIEMENTS**

Les auteurs témoignent ici toute leur gratitude au Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique pour les moyens financiers mis à leur disposition. Les auteurs disent également merci au Laboratoire de recherche en traitement et conservation des Produits Halieutiques (LAREPROH) du Département de Chimie et au Laboratoire de Biomembrane et Signalisation Cellulaire du Département de Physiologie Végétale de la Faculté des Sciences et Techniques (FAST) de l'Université d'Abomey-Calavi pour les apports technique et matériel.

**REFERENCES**

- [1] Y. Favennec, Implication des filières de production dans la qualité nutritionnelle des aliments, Rapport de mission, 47p, 2012.
- [2] J. Tremolieres, Y. Serville et R. Jacquot, Manuel d'alimentation humaine ; Tome2: Les Aliments ; ESF. 10<sup>ème</sup> Ed., Paris, 516p, 1984.
- [3] C. Thoulon-Page, Pratique diététique courante; Masson, 4<sup>ème</sup> Ed., paris, 243p, 1993.
- [4] R. Benlacheheb, Score lipidique de certains plats traditionnels consommés à Constantine; Université Mentouri de Constantine - Faculté des Sciences ; Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de Magister en Sciences alimentaires ; Option: Alimentation, Nutrition et Santé; 80p, 2008.
- [5] M. Kaplan, Nutrition Consciente, Les aliments au cœur de votre santé; Grancher 2003; 283p, 2003.
- [6] M.-L. Gutierrez, P. Maïzi, M. C. Nago et J. Hounhouigan, Production et Commercialisation de l'afitin Fon dans la region d'Abomey-Bohicon au Bénin; CERNA, CNEARC, CIRAD; ISBN 2-87614-410-7; 125p, 2000.
- [7] M. Pivot, L'intégration locale des produits mondiaux-le bouillon cube au Sénégal ; Revue Maggi et la magie du bouillon Kub, Paris, Hoëbeke ; 25p, 2002.
- [8] AOAC (Association of Official Analytical Chemists), Official methods of analysis, 14<sup>th</sup> edition, Washington DS, 1990.
- [9] E. O. Akpanyung, Proximate and mineral element composition of bouillon cubes produced in Nigeria; Pak. J. Nutr. 45(5): 327-329, 2005.
- [10] F. M. M. Al-Subhi, Evaluation of Mushrooms Broth Cube and Its Compared With Maggi Broth Cube Products in Saudi Arabia, J. Am. Sci. 2013; ISSN: 1545-1003; 9(5):250-255, 2013
- [11] WHO, Toxicological Evaluation of Certain Food Additives; Series NO 22, Cambridge University Press, 1988.
- [12] C. Boutry and C. Bos, Les besoins en acides aminés, Nutr Clin Met 22 : 151-60, 2008.
- [13] C. Boutry, Influence d'une supplémentation en monosodiumglutamate sur la physiologie gastro-intestinale et le métabolisme chez le rat et l'homme, Thèse de doctorat, l'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (AgroParisTech), UMR914INRA-Agro ParisTech, Physiologie de la Nutrition et du Comportement Alimentaire, 16 rue Claude Bernard, 75231 Paris, 125p, 2010.
- [14] A. Deppenweiler, le glutamate monosodique comme exhausteur de goût : confiance ou méfiance?, Thèse pour l'obtention du Diplôme D'Etat de Docteur en Pharmacie Université Victor Segalen Bordeaux 2 ; U.F.R. Des Sciences Pharmaceutiques, 119p, 2014.
- [15] U.S., Department of Health and Human Services, National Institutes of Health and National Heart, Lung, and Blood Institute, Your Guide to Lowering Your Blood Pressure with DASH, 56 p, 2006.
- [16] Organisation Mondiale de la Santé (OMS), Rapport sur la santé en Europe 2005: L'action de santé publique: améliorer la santé des enfants et des populations; Bureau régional de l'Europe; Copenhague; 144 p, 2005.
- [17] National Institute for Health and Welfare (THL), The National Finrisk Study; Public Health and Chronic Diseases, Finlande, 90p, 2007.
- [18] M. Hirsch, Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à l'évaluation du projet d'arrêtés concernant les nutriments et les substances pouvant être employés dans la fabrication des compléments alimentaires; Agence française de sécurité sanitaire (AFSSA)-Saisine n° 2003-SA-0032, Maisons-Alfort, France, 80p, 2003.
- [19] S. Herberg, Les recommandations du Groupe de Travail «Sel» de l'AFSSA : Sel et politique de santé publique, Paris, 65p, 2004.
- [20] Organisation Mondiale de la Santé (OMS), Rapport sur la santé dans le monde 2002: réduire les risques et promouvoir une vie saine, Genève, 262 p, 2002.
- [21] S. Bodenbach, Initiatives de l'Union européenne, Réunion de consultation du Groupe de travail multi-intervenants sur la réduction du sodium alimentaire; Ottawa, 81p, 2009.
- [22] N. Renaudin, D. Laurent et R. Fabian, Charte d'engagements volontaires de progrès nutritionnel, Paris, 22p, 2010.
- [23] Organisation Mondiale de la Santé (OMS), Réduire les apports en sel au niveau des populations: rapport du forum et de la Réunion technique OMS, Paris, France, 56 p, 2006.

## Production du gambari-lifin (farine raffinée de maïs) de bonne qualité par l'amélioration du procédé traditionnel production au Bénin

### [ Production of good quality of the gambari-lifin (refined flour of corn) by improvement of the traditional process in Benin ]

Paul A. F. HOUSSOU<sup>1</sup>, Sègla W. PADONOU<sup>1</sup>, Marlène C. D. N. VODOUHE<sup>1</sup>, Hermine Djivoh<sup>1</sup>, Valère DANSOU<sup>1</sup>, Abel B. HOTEgni<sup>1</sup>, and Robert Metohou<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programme Technologies Agricole Alimentaire, Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, Porto-Novo, Benin

<sup>2</sup>Direction de l'Alimentation et de la Nutrition Appliquées (DANA), Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la pêche, Porto-Novo, Benin

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:** *Gambari-lifin* is a flour obtained from the shelled and corn. This flour is used to prepare the dough consumed with a sauce. It can also be used, mixed with the wheat flour, in pastry and in bakery. A rapid diagnosis achieved in Porto-Novo, Missérété and Sakété in Benin, permitted to identify three different technologies of production of *gambari-lifin* that differ according to the process and the type of equipment used for the shelling. But the characterization of flours obtained from these three technologies reveals light differences from a physico - chemical point of view (d.m : 85.59 to 90.24 %; ash: 0.07 to 0.52 %; fiber: 0.019 to 0.033 %; lipids: 0.03 to 0.71 %: particle size: 33% to 75% for an opening of stitch of 200µm) and microbiological (lactic acid bacteria: <math>10^2</math> to <math>4.10^4</math>; total coliforms <math>10^2</math> in <math>6,9.10^3</math> CFU/g; yeasts and fungus <math>10^2</math> in L: <math>30</math> CFU/g; M :<math>1,36.10^4</math> CFU/g). The shelling, the soaking and the drying constitute the main critical point of the technology susceptible to affect the quality of *gambari-lifin*. The works on the standardization of this flour permitted to reduce the time of soaking to 16 h instead of 24h or 36h observed for the traditional technologies. Moreover, the use of the hybrid drier (solar drier) permits to dry flour faster with a gain of time of 2 hours at least as compared with the traditional method of drying (sun drying) and protect the flour against environment contamination.

**KEYWORDS:** *Gambari-lifin*, corn, processes, quality, Benin.

**RESUME:** *Gambari-lifin* est une farine obtenue à partir du maïs décortiqué et dégermé. Cette farine est utilisée pour préparer une pâte cuite consommée avec divers sauces. Elle peut être aussi utilisée, mixée avec la farine de blé, en pâtisserie et en boulangerie. Un diagnostic rapide réalisé dans la région de Porto-Novo, Missérété et Sakété ont permis d'identifier trois différentes technologies de production de *gambari-lifin* qui diffèrent suivant le procédé et le type d'équipement utilisé pour le décortiqué. La caractérisation des farines issues de ces trois technologies a révélé de légères différences du point de vue physico-chimique (matière sèche : 85,59 à 90,24 % ; cendre : 0,07 à 0,52 % ; fibres : 0,019 à 0,03% ; lipides : 0,03 à 0,7% ; granulométrie : 33% à 75% pour une ouverture de maille de 200µm) et microbiologique (bactéries lactiques : <math>10^2</math> à <math>4,10^4</math>; coliformes totaux <math>10^2</math> à <math>6,9.10^3</math> CFU/g ; levures et moisissures <math>10^2</math> à L :<math>30</math> CFU/g ; M :<math>1,36.10^4</math> CFU/g). Le décortiqué, le trempage et le séchage constituent les principaux points critiques de la technologie susceptibles d'affecter la qualité de *gambari-lifin*. Les travaux de standardisation de cette farine ont permis de réduire le temps de trempage à 16h au lieu de 24h ou 36h observée pour les technologies traditionnelles. De plus l'utilisation du séchoir hybride permet de vite sécher la farine avec un gain de temps de 2h au moins par rapport à la méthode traditionnelle et protège la farine contre les contaminations environnementales.

**MOTS-CLEFS:** *Gambari-lifin*, maïs, procédés, qualité, Bénin.

## 1 INTRODUCTION

Le maïs est la céréale la plus consommée au Bénin, loin devant le riz et le sorgho. En effet, cette céréale s'intègre aux habitudes alimentaires de toute la population béninoise mais à des degrés divers [1]. La consommation moyenne par habitant et par an varie de 69 à 103 kg [2]. Une centaine de produits dérivés dont quatre-vingt-treize (93) recettes de mets et sept (07) de boissons à base de maïs ont été identifiés dans les systèmes de consommation alimentaire du Bénin [3], [4]. Cette diversité montre l'enracinement culturel profond du maïs et de ses produits dans les habitudes alimentaires [5]. En général, la préparation de ces produits issus du maïs reste encore artisanale et la technique de préparation se transmet de mère en fille [6]. L'un de ces produits dérivés du maïs qui était pendant longtemps négligé mais particulièrement d'intérêt pour certaines communautés est le *gambari-lifin*. Le *gambari-lifin* serait originaire du Mali /ou et du Niger. C'est une farine prestigieuse qu'on utilise au cours des événements spéciaux (cérémonies de mariage, de décès et autres fêtes particulières) pour préparer diverses pâtes prêtes à être consommées avec la sauce. La production de *gambari-lifin* repose sur des techniques artisanales de transformations pratiquées couramment dans la ville de Porto-Novo et ses environs [7]. Ainsi, comme tout aliment transformé de manière artisanale, la production de *gambari-lifin* est sujette à de nombreuses contraintes dont notamment une variabilité au niveau de la qualité de la farine due à la diversité des procédés de production et la non maîtrise des paramètres technologiques [8]; la méthode de séchage à l'air libre qui constitue une source importante de contamination microbienne pour le produit. Très peu d'études ont été consacrées au *gambari-lifin*. La référence [7] a testé au cours de ses travaux, l'effet de la variété de maïs sur la qualité physico-chimique et rhéologique du *gambari lifin*. D'autres travaux ont démarré au Programme Technologies Agricole Alimentaire (PTAA) de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) pour la valorisation du *gambari-lifin* en panification et pâtisserie. La présente étude vise l'évaluation et l'amélioration des techniques traditionnelles existantes de production de *gambari-lifin* pour une meilleure qualité du produit fini.

## 2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 2.1 MATÉRIELS

Le maïs des variétés locales est la matière première utilisée. Les variétés locales les plus utilisées sont le chankpot (TZPB) (communément appelée maïs de Parakou), gangan et èlèkpèlè ainsi nommés en langue locale au Sud du Bénin. Les principaux équipements utilisés sont une décortiqueuse Engelberg et un moulin à meules. La décortiqueuse et le moulin à meules sont actionnés par un moteur électrique. Un séchoir hybride utilisant l'énergie solaire et l'énergie de gaz combustible a été utilisé pour le séchage de la farine.

### 2.2 MÉTHODOLOGIE

Pour atteindre l'objectif fixé l'étude a été déroulée en différentes étapes à savoir :

- Diagnostic rapide auprès de plusieurs formatrices de maïs dans les quartiers de Porto-Novo, de Misséré et de Sakété pour identifier les différents procédés de production de *gambari-lifin* ;
- Suivi technologique de production de *gambari-lifin* à partir des différents procédés technologiques existants ;
- Détermination des caractéristiques et comparaison de la qualité des farines de *gambari-lifin* issues des différents procédés technologiques existants ;
- Amélioration des paramètres technologiques (durée de trempage et séchage) du procédé traditionnel de production du *gambari-lifin*.

#### 2.2.1 ENQUÊTE DIAGNOSTIC

Le diagnostic a été réalisé à travers des interviews non structurés avec différentes productrices de *gambari lifin* de la ville de Porto-Novo, de Misséré et de Sakété ; mais aussi avec des personnes ressources. A cet effet, un questionnaire a été conçu pour collecter des informations sur les pratiques de production de *gambari- lifin* (procédés et équipements utilisés).

### **2.2.2 SUIVI ET CARACTERISATION DES TECHNOLOGIES EXISTANTES DE PRODUCTION DE *GAMBARI LIFIN***

Le suivi des technologies a été effectué auprès de trois transformatrices professionnelles sur leur site de production. Les paramètres tels que la description des opérations unitaires, les ingrédients utilisés, la durée de production et le rendement suite au bilan des matières ont été enregistrés pour permettre la caractérisation des technologies.

### **2.2.3 DETERMINATION DES POINTS CRITIQUES DURANT LES PROCÉDES DE PRODUCTION DE *GAMBARI LIFIN***

La détermination des points critiques a été faite en identifiant tout au long du processus, les étapes qui pourraient être à l'origine de l'altération de la qualité du produit final.

### **2.2.4 ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES**

La couleur des farines a été mesurée avec un chromamètre Minolta CR-400 (Konica Minolta Sensing, Inc, Osaka, Japan) d'après la méthode décrite dans [9]. L'appareil a été étalonné avec une céramique blanche de référence dont les coordonnées de couleur sont :  $Y= 93,2$  ;  $x= 0,3161$  et  $y= 0,3329$  ; les mesures ont été réalisées en système  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  avec :

- $L^*$  représentant la luminance ou la clarté variant de 0 pour le noir absolu à 100 pour la couleur blanche ;
- $a^*$  l'indice de saturation en rouge variant de +60 pour la coloration rouge à -60 pour la coloration verte et
- $b^*$  l'indice de saturation en jaune variant de +60 pour la coloration jaune à -60 pour la coloration bleue.

La granulométrie a été déterminée sur des échantillons de 100g de farine qui ont été tamisées avec un ensemble de deux tamis superposés d'ouverture de maille croissante : 125 $\mu$ m, 200 $\mu$ m. A l'aide d'un pinceau, on remue la farine pendant 10 minutes pour faire passer à travers les mailles les grains fins (temps nécessaire pour tamiser 100g la farine de blé pris comme référence). Le pourcentage passant (PP) de l'échantillon à travers chaque tamis a été déterminé.

La teneur en matière sèche et la teneur en cendres brutes des échantillons ont été déterminées [10]. La teneur en lipides bruts a été déterminée suivant la méthode de Soxhlet [10].

Le pH et de l'acidité titrable ont été déterminés en utilisant la méthode décrite dans [11].

Pour la détermination de la teneur en fibres, la méthode de Weende a été utilisée [12].

### **2.2.5 ANALYSE MICROBIOLOGIQUE**

Après les dilutions décimales des échantillons de *gambari lifin* dans de l'eau peptonée salée faite de 0,1% de peptone bactériologique (Oxoid LP 0037, Basingstoke, Hampshire, England) et de 0,8% de NaCl (Avondale Labs, Branbury, Oxon., England), les coliformes totaux ont été dénombrés en boîtes de pétri sur le milieu de culture Violet Red Bile Glucose Agar (VRBG; Oxoid CM 485, England) après 48 heures d'incubation en anaérobiose à 30°C. Les bactéries lactiques ont été dénombrées sur la gélose de Man, Rogosa and Sharp (MRS agar; Oxoid CM 361) après 48 heures d'incubation en anaérobiose à 30 °C. Les levures et moisissures ont été dénombrées sur le milieu Malt Yeast Glucose Peptone (MYGP) gélosé [3 g/l d'extrait de Malt (Oxoid LP 39), 3 g/l d'extrait de Levure (Oxoid LP 21), 10 g/l de Glucose (Merck), 5 g/l de Peptone Bactériologique (Oxoid LP 37) et 20 g/l d'agar (Oxoid LP 11)] supplémenté de chloramphénicol à 1 % après 48 à 72 heures d'incubation à 28 °C. Les dénombrements ont été réalisés en double sur les boîtes contenant entre 30 et 300 colonies.

### **2.2.6 AMELIORATION DES OPERATIONS DE DECORTICAGE, TREMPAGE ET SECHAGE**

Les tests ont été réalisés sur les trois principales opérations qui ont un impact sur la qualité et le rendement du *gambari-lifin*. Il s'agit du décortilage du maïs (type de machine utilisé), le trempage des gritz (durée de trempage) et le séchage (mode de séchage).

Pour le décortilage, 50 kg de grains de maïs ont été traités. La moitié, soit 25 kg de maïs a été décortiquée suite à un concassage par un moulin à maïs type REX, et la deuxième moitié par la décortiqueuse de type Engelberg. A la fin de l'opération, le temps de décortilage, le rendement en gritz et les taux de décortilage ont été déterminés.

Pour les tests de trempage des gritz dans l'eau, six (06) durées ont été appliquées. Il s'agit de trempage des gritz pour 4 h, 8h 12h 16h, 20h et 24h. Lors de ce trempage le pH a été mesuré toutes les heures et après chaque durée les gritz trempés

ont été moulus et le rendement en farine a été déterminé. La facilité à la mouture a été également enregistrée par l'appréciation des transformatrices ayant participées aux essais.

Enfin, pour le séchage du *gambari lifin*, la méthode de séchage traditionnelle par exposition directe aux rayons solaires a été comparée au séchage avec l'utilisation du séchoir hybride pour le séchage des différents échantillons. La température et la teneur en eau de la farine lors du séchage ont été mesurées à chaque heure jusqu'à ce que les farines atteignent une teneur en de 12%.

A la fin du séchage les analyses physico-chimiques (teneurs en cendres, lipides, et acide lactique) et microbiologiques (flore totale, coliformes totaux et moisissures) ont été effectuées afin d'apprécier la qualité sanitaire des échantillons de farine issus des deux modes de séchage.

### 2.2.7 ANALYSES STATISTIQUES

Les résultats d'analyses ont été traités à l'aide du tableur Microsoft Excel 2007. Les moyennes et écarts-type ont été calculés. La comparaison des moyennes a été faite par l'analyse de variance (ANOVA) en utilisant le logiciel SPSS.

## 3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

### 3.1 TECHNOLOGIES ENDOGENES DE TRANSFORMATION DE *GAMBARI-LIFIN*

La production de *gambari-lifin* est une activité surtout pratiquée par les femmes au Bénin dont les connaissances technologiques sont surtout ancestrales (85% de productrices). Cependant des hommes interviennent quelques fois dans les opérations de décortilage/dégermage et de mouture en prestation de service. Par ailleurs, l'enquête diagnostique a permis de découvrir qu'il existe au Bénin, trois procédés d'obtention de *gambari-lifin*. Parmi les trois technologies trouvées, la plus répandue est pratiquée par 70% des productrices et les deux autres technologies sont pratiquées par les 10% et 20% des productrices restantes. Les deux dernières technologies sont peu répandues et ont été découvertes dans les régions de Missérété (10% des transformatrices) et de Sakété (20% des transformatrices). Le diagramme ci-dessous (Figure 1) retrace les étapes de production du *gambari-lifin* par la technologie la plus répandue dénommée ici la technologie A.

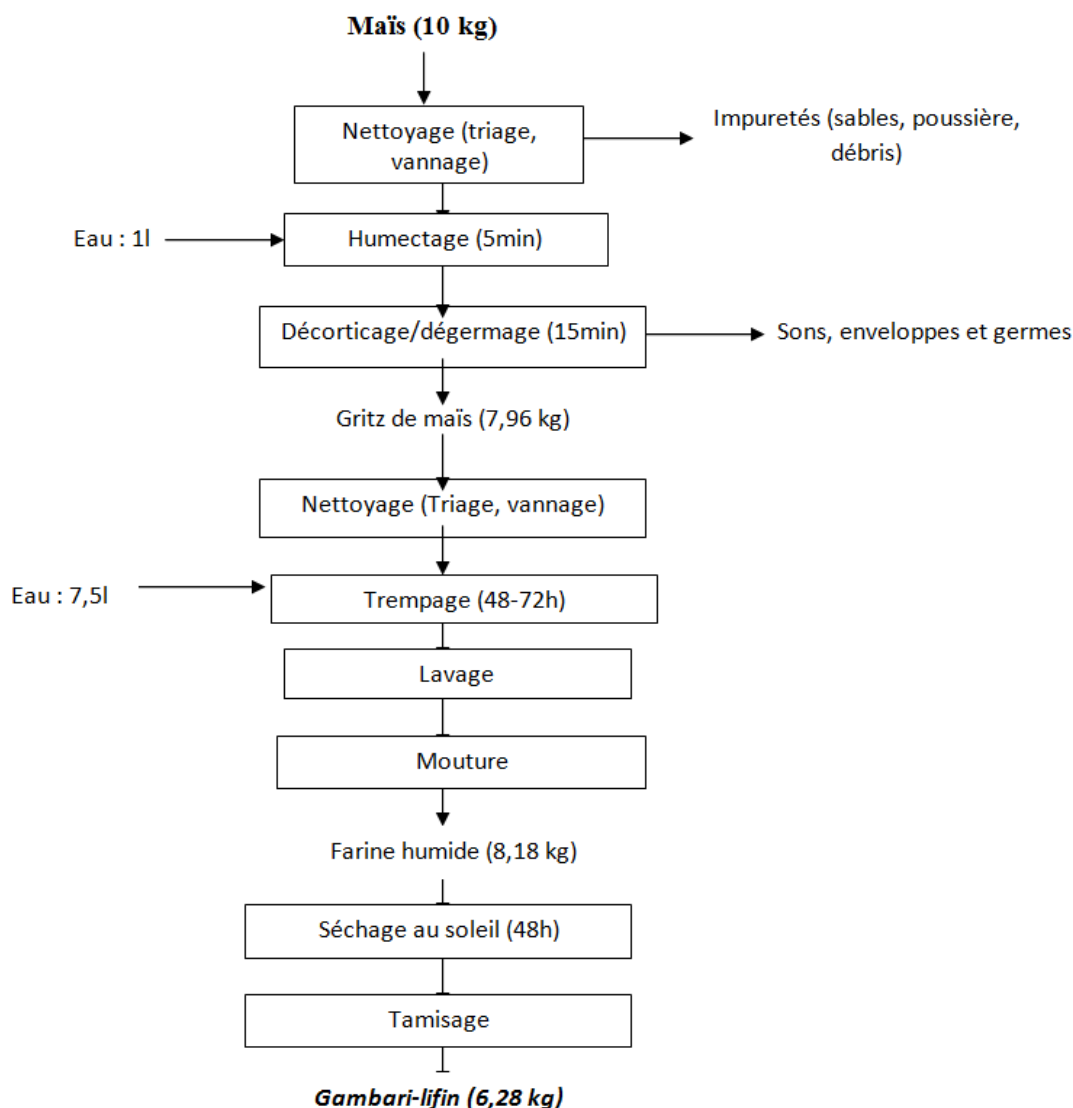


Figure 1 : Diagramme technologique de gambari-lifin (technologie A)

Cette technologie (A) est la plus répandue et est dite 'technologie ordinaire'. Pour cette technologie les grains de maïs sont triés, humectés et décortiqués avec le décortiqueuse Engelberg. Après décorticage, on obtient des gritz qui sont trempés pendant 48h à 72h selon chaque transformatrice. Les gritz sont ensuite égouttés puis moulus pour obtenir la farine humide. Cette farine humide est séchée au soleil soit sur des nattes soit sur des toiles noires pendant au moins 24h puis enfin tamisée.

Pour la seconde technologie découverte à Misséréte et pratiquée par 10% des productrices (technologie B), les grains de maïs sont triés, lavés et concassés au moulin à meule. On sépare le mélange obtenu en trois parties à savoir la farine fine, les gritz et les sons. Les gritz sont trempés dans l'eau pendant 24 h environ et ensuite égouttés. La farine fine est ensuite mélangée aux gritz humide et l'ensemble est moulu pour obtention de la farine humide. Cette farine humide est ensuite séchée au soleil sur une à deux toiles noires étalées à même le sol. Le séchage dure en moyenne 24 h. Après le séchage, la farine sèche est moulue au moulin deux à trois fois et ensuite tamisée pour l'obtention du *gambari-lifin*.

Dans le cas de la troisième technologie découverte à Sakété et pratiquée par 20% des productrices (Technologie C), les grains de maïs sont trempés dans l'eau pendant environ 1 h puis concassés au moulin. On sépare le mélange obtenue en deux parties à savoir les gritz et les sons. Les gritz sont ensuite mis sur une toile noire puis séchés au soleil. Les gritz secs sont moulus au moulin et la farine obtenu est ensuite tamisée pour obtention du *gambari-lifin*.

### 3.2 CARACTERISTIQUE DES DIFFERENTES TECHNOLOGIES DE PRODUCTION DE GAMBARI LIFIN

Les trois technologies de production de gambari-lifin identifiées ont été caractérisées par rapport à la nature de chaque opération unitaire, leur durée, les produits intermédiaires obtenus et les rendements des produits. Les tableaux 1, 2 et 3 présentent le bilan des matières des trois (3) technologies.

**Tableau 1 : Bilan des matières et rendement de la technologie A**

Opérations	Produits intermédiaires	Quantité (kg)	Rendement de chaque opération (%)	Durée par opération (min)
Nettoyage (triage, vannage)	maïs grains nettoyés	10	96,80	20
Humectage	maïs grains mouillés	10	110	5
Décorticage-Dégermage	Gritz de maïs + sons	8,08	80,86	30
Nettoyage (triage, vannage)	Gritz nettoyé	7,96	98,44	10
Trempage	Gritz trempé	13,7	172,11	2160
Lavage et égouttage	Gritz lavé et égoutté	13,5	98,54	30
Mouture	Farine humide	8,18	60,59	30
Séchage	Farine séchée	6,90	84,62	2880
Tamissage	Gambari lifin	6,28	89,98	69
<b>Global</b>	-	-	<b>62,80</b>	<b>5234</b>

**Tableau 2: Bilan-matière et rendement de la technologie B**

Opérations	Produits intermédiaires	Quantité (kg)	Rendement de chaque opération (%)	Durée par opération (minutes)
Nettoyage (triage, vannage)	Maïs grain propre	10	94,78	80
Lavage	Maïs grain lavé	10,5	105	5
Concassage	Gritz de maïs + sons	9,75	92,85	15
Nettoyage (triage, vannage)	Gritz de maïs	8,75	89,74	25
Lavage/Tamissage/	Gritz lavé	8,82	100,8	60
Trempage	Gritz trempé	11,33	128,45	1380
Egouttage	Gritz égoutté	10,88	96,02	60
Mouture	Farine humide	9,02	82,90	1080
Séchage	Farine séchée	7,67	85,03	4320
Mouture	Farine moulue	6,4	83,44	10
Tamissage	Gambari lifin	6,14	95,93	67
<b>Global</b>			<b>61,40</b>	<b>7102</b>

**Tableau 3 : Bilan-matière et rendement de la technologie C**

Opérations	Produits intermédiaires	Quantité (kg)	Rendement de chaque opération (%)	Durée par opération (mn)
Nettoyage (triage, vannage)	Maïs grain propre	10	96,15	45
Lavage	Maïs lavé	10,4	113,13	3
Trempage	Maïs trempé	11,80	96,41	50
Egouttage	Maïs égoutté	11,40	98,27	5
Concassage	Gritz de maïs + sons	10,00	114,03	14
Lavage	Gritz lavé	9,60	89,23	33
Séchage	Gritz séché	7,2	62,06	2940
Mouture	Gambari lifin	5,80	91,66	10
<b>Global</b>		-	<b>58</b>	<b>3100</b>

De l'analyse comparative des trois (03) procédés d'obtention de *gambari-lifin*, en plus de la durée de production qui a varié en fonction de la technologie et suivant le soin apporté par chaque transformatrice, certaines opérations unitaires sont aussi différentes et peuvent avoir un impact sur la qualité du *gambari-lifin*. Il s'agit des opérations de décortilage, de trempage et de séchage. En effet, la technologie A pour laquelle s'effectuent le décortilage et le dégermage ne requiert pas un lavage des gritz long et fastidieux observé pour les deux autres technologies (B et C). A l'opposé, ces deux dernières technologies donnent une farine plus fine car le concassage fragmente les grains en de petites particules contrairement au décortilage dans le cas de la technologie A. Le Tableau 4 présente les spécificités des trois technologies et la qualité physique des farines obtenues.

**Tableau 4 : Spécificités des trois technologies de production de gambari-lifin découvertes**

Technologies	Durée	Opérations unitaires spécifiques	Qualités physiques de la farine selon les transformatrices
Technologie A	2 jours selon le degré de l'ensoleillement	Humectage des grains de maïs, décortilage/dégermage des grains	Moins fine et blanche
Technologie B	4 à 5 jours selon le degré de l'ensoleillement	Lavage des grains de maïs, concassage, pilage des gritz grossiers, triple mouture après séchage	Très fine et plus blanche
Technologie C	1 jour	Trempage des grains de maïs, séchage et mouture des gritz	Très fine et blanche

En terme de rendement global de production de *gambari-lifin*, il a été constaté que la technologie A a un rendement de 62,80% légèrement inférieur à celui de la technologie B qui est de 61,4% et celui de la technologie C qui est de 58,0%.

### 3.3 POINTS CRITIQUES ET MESURE PREVENTIVES LORS DU PROCESSUS DE PRODUCTION DE *GAMBARI LIFIN*

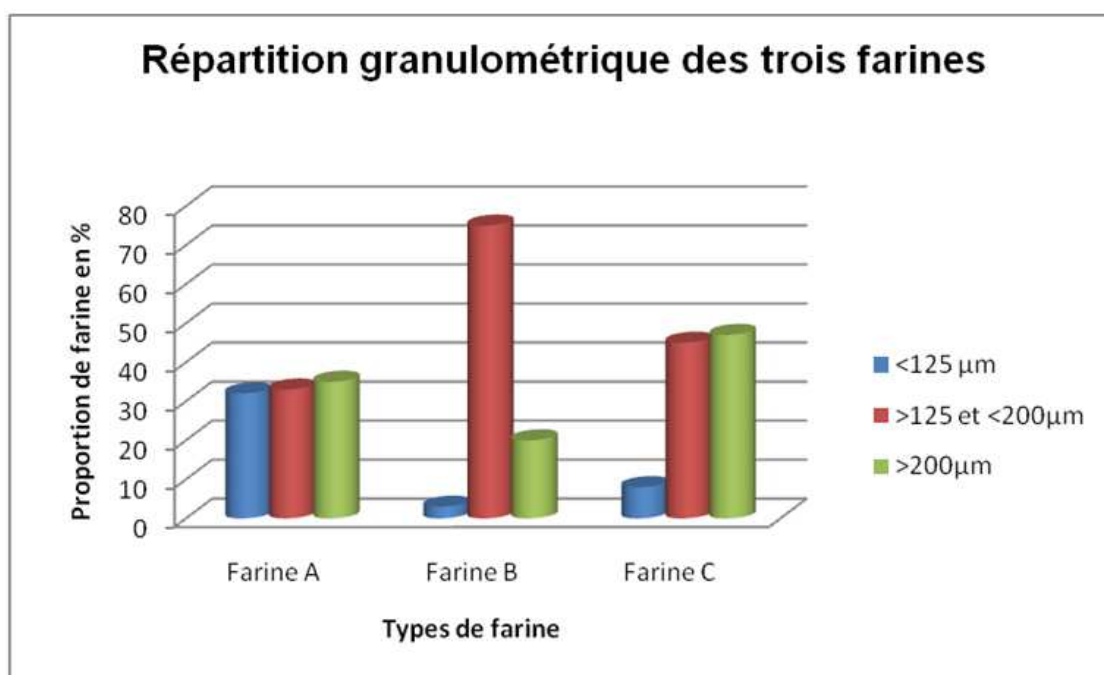
Le suivi technologique des différents procédés d'obtention de *gambari lifin* a permis d'identifier 05 points critiques (Tableau 5). A chacun de ces points critiques des mesures préventives ont été proposées dans la perspective d'obtenir une farine de *gambari-lifin* de bonne qualité.

**Tableau 5 : Points critiques des trois technologies de production de gambari-lifin et mesures de contrôle pour l'assurance de la qualité**

N°	Points critiques	Effet sur le produit	Mesures préventives
1	Décorticage	Si mal fait : le rendement est faible et la farine grossière	Assurer la maintenance de l'équipement et opter pour l'équipement approprié
2	Durée de trempage	Durée longue entraîne un rendement faible et complique la mouture ; acidifie les gritz	Durée de trempage doit être convenable
3	Durée de séchage	Trop courte entraîne durée de conservation pas assez longue. Trop longue entraîne une farine avec un taux d'humidité faible ce qui n'arrangerait pas la transformatrice qui en fait une activité génératrice de revenu	Définir le temps nécessaire pour sécher
4	Conditions environnementales du séchage	Risque de contamination du produit par les corps étrangers et micro-organisme pathogènes et d'altération	Utiliser un séchoir adapté pour éviter de sécher la farine à ciel ouvert
5	Stockage	Conditionnement dans les papiers de ciments	Produire des emballages appropriés

### 3.4 CARACTERISTIQUE PHYSICO-CHIMIQUE DES FARINES DE *GAMBARI-LIFIN* ISSUES DES TROIS TECHNOLOGIES DECOUVERTES

**Granulométrie des farines :** La Figure 2 indique en fonction de la technologie la répartition de la taille des particules des différentes farines.



**Figure 2 : Répartition granulométrique des trois farines de gambari-lifin**

Ainsi, pour une ouverture de mailles de 200μm, le pourcentage de passage est d'environ 33% pour la farine issue de la technologie A, de 75% pour la farine issue de la technologie B et de 45% pour la farine issue de la technologie C. Et pour une ouverture de 125 μm le pourcentage de passage est d'environ 32% pour la farine A tandis qu'il est de 3% pour la farine B et de 8% pour la farine C. Ces résultats montrent que la farine B est plus uniforme et fine que les farines A et C qui semblent

moins uniformes en terme de granulométrie. La farine B a une granulométrie plus proche de celle de la farine de blé contrairement aux deux autres. En effet, la farine de blé prise dans cette analyse comme référence a un taux de 90% de particules dont le diamètre est inférieur à 200 µm. Toutefois, il y a le besoin que la farine B soit encore plus homogène par rapport à la finesse des particules pour respecter la norme pour une farine de maïs panifiable (farine uniforme et de granulométrie < 200 µm).

**Couleur des farines :** La couleur est un facteur d'apparence qui conditionne les choix des consommateurs ; ainsi les paramètres de couleur des différentes farines de *gambari-lifin* obtenues sont consignés dans le Tableau 6.

**Tableau 6 : Couleur des farines de gambari lifin issues des trois procédés**

Couleur	Farine issue de la technologie A	Farine issue de la technologie B	Farine issue de la technologie C
L* (%)	89,61±0,01	91,31±0,02	90,67±0,02
a* (%)	-2,01±0,00	-2,11±0,00	-2,05±0,00
b* (%)	7,03±0,00	5,37±0,01	5,93±0,00
ΔE (%)	5,81±0,01	3,66±0,01	4,44±0,02

Il ressort de l'analyse de ce tableau que les farines avec une valeur L\* (luminance) respective de 91,31%, 90,67% et 89,61% sont blanches. Ces valeurs sont proches de celle obtenue par d'autres auteurs [13] qui donnaient une luminance de 90,02% pour la farine de maïs. Ces valeurs sont aussi largement supérieures à celle obtenue sur les farines de maïs entier (85,1%) [14] et à celle de 86,12% obtenue comme luminance [7]. L'observation des résultats montre qu'à priorité la farine issue de la technologie B est la plus blanche, suivie de celle de la technologie C et enfin celle de la technologie A qui est la moins blanche. Ces résultats peuvent être justifiés par le fait des différentes étapes de lavage au niveau des technologies B et C. La référence [13] a montré que la luminance croit en fonction de la finesse de la granulométrie de la farine. Ainsi le fait que la farine issue de la technologie B soit blanche pourrait être aussi lié à la granulométrie fine que présente cette farine. La blancheur et la finesse sont, de façon générale, des critères de qualité qui déterminent l'acceptabilité d'une farine céréalière sèche. Les deux paramètres sont étroitement liés [14] ; la farine apparaît d'autant plus blanche qu'elle est plus fine [13].

### 3.5 TENEUR EN MATIERE SECHE, EN CENDRES, EN FIBRE, EN LIPIDES ET EN ACIDE LACTIQUE

Les teneurs en matières sèches témoignent de l'humidité relative du produit ou du degré de séchage qui est déterminant dans la conservation du produit. Les teneurs en acide lactique témoignent de l'acidité du produit final résultant d'un séchage trop lent qui favoriserait le démarrage d'une fermentation lactique du produit. Les autres paramètres tels que les teneurs en fibres en cendres et lipides sont mesurés et les résultats présentés dans le Tableau 7.

**Tableau 7 : Composition chimique des farines de gambari-lifin issues des 03 technologies découvertes lors de la présente étude**

Composition (%)	Farine A	Farine B	Farine C
Matière sèche	85,59±0,01	88,79±0,01	90,24±0,02
Cendres	0,52±0,01	0,18±0,01	0,07±0,00
Fibres	0,019±0,00	0,033±0,01	0,026±0,01
Lipides	0,3±0,01	0,7±0,01	0,03±0,01
Acide lactique	0,060±0,000	0,077±0,00	0,40±0,00

La teneur en matières sèches varie en moyenne de 85,59% à 90,24% selon la technologie appliquée. La farine issue de la technologie C paraît plus sèche que les deux autres farines ce qui a pour corollaire sa teneur en matière sèche plus élevée. Cela se justifie en se référant aux durées de trempage au niveau de chaque technologie. Ces résultats se rapprochent des valeurs seuils de la norme Codex Alimentarius qui fixe à environ 89% la teneur en matière sèche de la farine de maïs entier et à environ 85% celle de la farine de maïs dégermée et décortiquée [15]. En comparant les teneurs en cendres à celle de la farine de maïs entier qui est de 1,3% ([16], des pertes seraient intervenues au niveau des farines issues des technologies A, B et C mais ces valeurs en cendres respectent la norme du Codex Alimentarius (cendres inférieures à 1% pour les farines cérésières) [15]. Ces faibles valeurs de cendres enregistrées sont probablement liées à l'intensité des activités de décorticage/dégermage, lavage et tamisage. La disparité entre la teneur en cendres de la farine issue de la technologie A et

celles des farines issues des technologies B et C est essentiellement due à l'inefficacité du décortilage mais aussi au mauvais lavage des gritz avant trempage. Les taux de fibres et de lipides sont significativement faibles dans les trois farines. En se référant à la norme du Codex Alimentarius [15], ces valeurs doivent être supérieures à 2,25%. Par contre la teneur en acide lactique de la farine issue de la technologie C semble plus élevée (0,4) à celle des deux autres farines qui sont respectivement de 0,077 pour B et de 0,06 pour A. Ces écarts s'expliquent par le fait qu'à l'opposé des autres farines, la farine issue de la technologie C ne passe pas par le trempage du gritz.

Du point de vue chimique, les trois farines issues des trois différentes technologies ont des caractéristiques d'une farine qui peut être utilisée en panification. En effet suivant la référence [16] une farine panifiable doit avoir les caractéristiques suivantes : les teneurs en lipides < 12%, cendres <1%, fibres < 1%, acide lactique <1% conformément aux recommandations.

### 3.6 QUALITE MICROBIOLOGIQUES DES FARINES DE GAMBARI-LIFIN

Le dénombrement de la flore bactérienne, de la flore lactique et de la flore microbienne dans les échantillons des trois farines collectées sur le terrain a donné les résultats consignés dans le tableau 8.

**Tableau 8: Comparaison de la qualité microbiologique des trois farines de gambari-lifin**

Flores microbiennes (CFU/g)	Normes	Farine A	Farine B	Farine C
Bactéries lactiques		$4.10^4$	$1,4.10^3$	$<10^2$
Coliformes totaux	$<10^2$	$6,9.10^3$	$4,3.10^3$	$<10^2$
Levures et moisissures	$<10^2$	L :< 30 ; M : $9.10^3$	L :< 30 ; M : $1,36.10^4$	$<10^2$

NB : L=levures et M=moisissures

Ces résultats montrent que la farine issue de la technologie C ne contient pas de micro-organismes détectables ; les levures sont pratiquement absentes tandis que les bactéries lactiques et les coliformes sont présents dans les farines issues des technologies A et B. Le fait que la flore des farines A et B constituée de bactéries lactiques à des taux plus élevés que dans la farine C, justifie le degré d'acidité plus élevé dans le cas des farines A et B. Le faible taux d'acidité et la faiblesse de la charge en bactéries lactiques de la farine C seraient liés à la faible durée de trempage dans l'eau appliquée à cette technologie. Une présence à des proportions anormales de coliformes totaux jusqu'à  $10^3$  pour les farines A et B a été également notée. Ces coliformes sont des indices d'une contamination justifiant ainsi d'un manque d'hygiène et d'une contamination probable lors du séchage (séchage traditionnel et à ciel ouvert) qui dure plus au niveau de ces deux technologies A et B (48 h et 72 h respectivement) comparativement à la technologie C (24 h), ce qui réduit la durée d'exposition du produit à la contamination par la poussière et autres débris de l'environnement. Le nombre considérable de moisissures dans les farines B et A témoigne d'un risque d'altération à court terme de ces farines [17]. Dans le cas de la technologie C, le trempage n'étant pas long et se faisant sur des gritz entiers, on assiste à une faible absorption d'eau et un séchage plus rapide du produit ne permettant pas une prolifération des moisissures.

La technologie de la farine A étant la plus pratiquée par la majorité des acteurs, il était nécessaire de conduire des travaux de recherche pour son amélioration. Cette amélioration a porté sur la durée de trempage des gritz et le mode de séchage afin d'avoir un *gambari-lifin* qui répond au goût des consommateurs et ne soit pas contaminé par les micro-organismes pathogènes qui infectent le produit lors du séchage.

### 3.7 AMELIORATION DU PROCEDE DE PRODUCTION DE GAMBARI-LIFIN

**Opération de décortilage :** L'opération de décortilage des grains de maïs pour avoir des gritz constitue l'une des variantes des procédés de production du *gambari-lifin*. La comparaison des deux (2) équipements (décortiqueuse Engelberg et moulin à maïs) a montré que le rendement obtenu en gritz pour la décortiqueuse Engelberg est de  $85\pm 0,02\%$  contre  $55\pm 0,01\%$  pour le moulin (moulin à meules) à maïs utilisé pour le décortilage. Le résultat obtenu avec l'Engelberg est proche de celle obtenue par d'autres auteurs au Cameroun [18] qui avaient rapporté un rendement de gritz de 80% pour la même machine. Par ailleurs le taux obtenu avec le moulin à meules est proche de celles obtenues d'autres auteurs au Bénin [19] qui ont trouvé des rendements de 61% pour la décortiqueuse de type Mini-PRL. Ces résultats montrent l'efficacité de la décortiqueuse de type Engelberg par rapport au moulin à meules lors de l'opération de décortilage.

**Opération de trempage des gritz :** Selon la référence [7], la durée de trempage des gritz de maïs avant mouture observée par les transformatrices de *gambari lifin* varie entre 24 h et 40 h. Ceci induit la variabilité de la qualité de la farine en termes de degré d'acidité, la qualité de la mouture et autre. En utilisant les gritz issus du décorticage avec Engelberg, il a été observé que plus les gritz durent trop longtemps dans l'eau, plus la farine s'acidifie et que la mouture de ces gritz trop humide est difficile affectant ainsi le rendement. Dans le cadre de cette étude, les durées de trempage appliquées ont révélé qu'un trempage des gritz de 16 h donne le meilleur résultat. Avec l'évolution de la durée de trempage, il a été observé la diminution de pH qui est passé de 6 à 3,96 à 16 h de trempage. A 20 h et à 24 h de trempage, le pH a chuté à 3,6 et à 3,4 rendant ainsi les milieux plus acides. La mouture de ces gritz donnera alors des farines de *gambari-lifin* plus acide. Une telle farine n'est pas recherchée par les consommateurs.

**Opération de séchage de gambari-lifin :** Le séchage du *gambari-lifin* par l'utilisation du séchoir hybride a amélioré la qualité du produit fini. Avec la farine obtenue des gritz trempés pendant 16h, Il a été constaté une réduction de 2 h de la durée de séchage par rapport à la technologie traditionnelle. De plus le produit est protégé contre toute sorte de contamination environnementale. Les qualités physico-chimiques des farines issues de l'utilisation de la méthode traditionnelle et la méthode améliorée de production du *gambari-lifin* avec sont présentées dans le Tableau 9.

**Tableau 9 : Caractéristiques des échantillons des gambari-lifin obtenus par la méthode traditionnelle (MT) et la méthode améliorée avec séchoir hybride (MA)**

Composition (%)	MT	M.A
Matière sèche	85,59±0,01	84,79±0,01
Cendres	0,52±0,01	0,18±0,01
Lipides	0,3±0,01	0,13±0,01
Acide lactique	0,077±0,00	0,060±0,000

Les valeurs (Tableau 9) sont proches même si on constate une légère hausse des cendres lipides et matières sèches dans le *gambari-lifin* issu du séchage traditionnelle. Ceci indique ces deux méthodes n'entraînent pas une différence significative ( $p > 0,05$ ) sur les qualités physico-chimique de la farine. Par contre, d'autres travaux [20] ont montré l'effet de quatre types de séchage (y inclut séchage solaire direct et séchage solaire indirect) sur la qualité nutritionnelle d'un fruit.

Par rapport à la qualité microbiologique des farines de *gambari-lifin* issues des deux types de séchage, il a été observé une réduction considérable de la flore totale, des coliformes totaux et des moisissures avec le séchage amélioré (Tableau 10). Les valeurs obtenues respectent les normes Codex Alimentarius [15]. Ceci n'a pas été le cas pour la farine séchée avec la méthode traditionnelle ou le produit est très contaminé par la flore totale, les coliformes totaux et les moisissures après le séchage.

**Tableau 10 : Qualité microbiologique des farines de gambari-lifin obtenus par la méthode traditionnelle (MT) et la méthode améliorée avec séchoir hybride (MA)**

Flores microbiennes (CFU/g)	norms Codex	M.T	M.A
Flore totale	$< 5.10^6$	$8.10^8$	$2,4.10^4$
Coliformes totaux	$< 10^3$	$6,9.10^3$	$< 1$
Moisissures	$< 5.10^3$	$9.0^3$	$2,10^2$

Ces résultats suggèrent que le séchage traditionnel tel qu'il se pratique par les transformatrices doit être décommandé au profit de la promotion des séchoirs solaires qui non seulement accélèrent le séchage mais aussi protège le *gambari-lifin* contre la contamination microbienne.

#### 4 CONCLUSION

Trois technologies traditionnelles de production de *gambari-lifin* sont en usage dans la région de Porto-Novo, Misséréte et Sakété au sud-est du Bénin. Ces technologies diffèrent les unes des autres, surtout par les équipements utilisés pour l'opération de décorticage et aussi par certaines opérations telles la durée de trempage et la méthode de séchage de la farine. Ainsi, ces variantes influent sur la qualité du produit qui n'est pas standard. L'amélioration de ces technologies de

production de *gambari-lifin* recommande l'utilisation de la décortiqueuse de type Engelberg pour la production de gritz, le trempage de ces gritz dans l'eau pour 16 h de temps et le séchage de la farine moulue à l'aide d'un séchoir hybride ou tout autre séchoir solaire qui protège le produit contre les contaminations environnementales.

## REMERCIEMENTS

Ce travail a été soutenu financièrement par le Centre National de Spécialisation sur le Maïs du Programme de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest au Bénin (CNS-Maïs /PPAAO-Bénin). Nos remerciements à l'endroit de Mr. Jean MONHOUANOU pour la lecture de cet article.

## REFERENCES

- [1] Adegbola P.Y. et Aloukoutou A., 2011. Compétitivité du maïs au Bénin, Programme de Renforcement et de Recherche sur la Sécurité Alimentaire en Afrique de l'Ouest (PRESAO), Rapport final N° 1-2011-11. PRESAO/INRAB.13p.
- [2] Sodjinou E., Adegbola P.Y., Zinsou J. et Oloukoi L., 2008. Stratification des systèmes de production des filières riz et maïs au Bénin. PAPA/INRAB-ADRAO, 46p.
- [3] Nago C.M., Thuiller C. et Hounhouigan D.J., Etude des systèmes techniques de transformations artisanales du maïs au Bénin. In : Alimentation, techniques et innovations dans les régions tropicales. Actes des journées scientifiques du CIRAD, Montpellier, Novembre 1992, Coordinateur : Muchnik J., Eds : l'Harmattan, pp.385-404., 1993.
- [4] Adjadi O., Lokossou C., Azéloknonon O. G., Bankol C. D., Djinadou A. K. A., AhoyoAdjovi R. N. et Adjanohoun A., 2015. Recueil de mets et de boissons à base de maïs consommés au Bénin. INRAB & PPAAO/WAAPP /Bénin. Dépôt légal N° 7931 du 04 juin 2015, 2ème trimestre, ISBN : 978-99919-0-532-7, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin. 155 p.
- [5] Devautour H. et Nago C. M., Le maïs au Sud-Bénin : Innovations technologiques et alimentation. Céréales en régions chaudes. AUPELF-UREF, Eds John Libbey Eurotext, Paris © 1989, pp. 167-177, 1989.
- [6] PSRSA, 2010 : Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole au Bénin : Orientations stratégiques et Plan d'action. Version finale, République du Bénin, Cotonou, 110p.
- [7] A.N. Adjile, A.P.F Houssou, N. Monteiro, M.C. Fainou, N.H. Akissoe, et F., Toukourou, "Caractérisation du procédé de gambari et influence de la variété de maïs sur la qualité chimique et rhéologique", Revue «*Nature & Technologie* » B- Sciences Agronomiques et Biologiques, vol.12, pp.141-149, 2014.
- [8] N. Maoura, M. Mbaiguinam, C. Gaillardin et J. Pourquie, "Suivi technique, analytique et microbiologique du « bili bili », bière traditionnelle tchadienne" *Afrique Science*, vol. 02, pp. 69 – 82, 2006.
- [9] Hounhouigan D.J., 1994. Fermentation of maize (Zea mays L.) meal for mawè production in Benin: physical, chemical and microbiological aspects. Ph.D thesis, Agricultural University, Wageningen, The Netherlands 83p.
- [10] AOAC, "Official Methods of Analysis". 13th edition Washington, pp. 56-132, 1984.
- [11] M.J.R. Nout, F.M. Rombouts et A. Havelaar, "Effect of accelerated natural lactic fermentation of infant good ingredients on some pathogenic microorganism", *Int. J. Food Microbiol.*, vol. 8, pp. 351-361, 1989.
- [12] AOAC, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists (15th edn). Washington, DC,1990.
- [13] M.K. Bolade, I.A. Adeyemi et O.A. Ogunsua, "Influence of particle size fractions on the physicochemical properties of maize flour and textural characteristics of a maize-based non fermented food gel", *International Journal of food Science and Technology*, vol.44, no. 3, pp. 644-650, 2008.
- [14] M.K. Nago, 1997 "La transformation alimentaire traditionnelle du maïs au Bénin : détermination des caractéristiques physico-chimiques des variétés en usage ; relations avec l'obtention et la qualité des principaux produits dérivés". Travaux Universitaires – Thèse de doctorat d'Etat. 1997 (N° : 97 PA07 7258).
- [15] Codex stan, codex standard for wheat flour codex stan 152-1985 (rev. 1-1995) 1-6p.
- [16] R. Taga, "Panification. Les farines composées : une technologie facile à maîtriser". *Bulletin du Réseau TPA* 10, pp.10–11,1995.
- [17] Sall K., 1998 : Contrôle de qualité des farines céréalières mises sur le marché au Sénégal. Mémoire de thèse soutenue en juillet 1998, pp. 60-70.
- [18] Ndjouenkeu R., Mbofung C.M.F. et Etoa F.X., 1989 : Étude comparative de quelques techniques de transformation du maïs en farine dans l'Adamaoua. Département des Sciences de l'Alimentation. ENSIAAC, Centre Universitaire de N'Gaoundéré, B.P. 455, N'Gaoundéré, Cameroun pp 19-22.
- [19] J.D. Hounhouigan, A.P.P Kayodé, M.C. Nago, and C. Mestres, "Etude de la mécanisation du décortilage du maïs pour la production du mawè", *Annales des sciences agronomiques du Bénin*, vol. 2, pp. 99-113, 1999.
- [20] D.S. Pragati, et S.S. Dhanwan, "Effect of drying methods on nutritional composition of dehydrated aonla fruit (*Emblica officinalis* Gaertn) during storage", *Plant Foods for Human Nutrition*, vol. 58, pp.1-9, 2003.

## Les facteurs associés à l'utilisation des résultats probants de la recherche scientifique dans la pratique infirmière

### [ Factors associated to the use of evidence scientific research results in nursing practice ]

*Abdelkhalek Housni, Samia Essadki, Abdelfattah Bendedi, and Kamilia Amazian*

Institut Supérieur des Professions Infirmières et Techniques de Santé (ISPITS), Fès, Maroc

---

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

**ABSTRACT:** *Problematic:* Despite accessibility increasingly easy to scientific research results, studies reveal a weak tendency to use its evidence results in nursing practice.

*Objective:* Unveiling the factors that hinder use of evidence scientific research results in nursing practice.

*Methods:* Quantitative descriptive approach. The sample consisted of 40 nurses selected from a target population of 169 nurses (Provincial hospital centre-Fès-Morocco), to which a questionnaire was proposed.

*Results:* The collected results showed that meaning of how to use scientific research results in nursing practice is not the same for all nurses. In fact, there are different opinions related to the question. In particular, a majority of them thought that amelioration of the quality of patient care may reflect the use of positive results of scientific research or that unfavorable conditions make difficult such use of these scientific results.

*Conclusion:* Hence use of evidence scientific research results in nursing practice should take more importance, and, at this end, adapting a scientific approach may be considered as a collective responsibility.

**KEYWORDS:** Care quality; Nursing practice; Evidence results; Evidence based practice.

**RESUME:** *Problématique:* Malgré une accessibilité aux résultats de recherches de plus en plus importante, toutes les études réalisées jusqu'à nos jours marquent la faible tendance d'utilisation des résultats probants de la recherche scientifique dans la pratique infirmière.

*Objectif:* Décrire les facteurs associés à l'utilisation des résultats probants de la recherche scientifique par les infirmières.

*Méthode:* Etude descriptive quantitative. L'échantillon était constitué de 40 infirmières faisant partie de la population cible qui englobe 169 infirmiers du Centre Hospitalier Provincial de Fès. L'enquête consistait en un questionnaire auto-administré.

*Résultats:* L'analyse des données recueillies a donné les pourcentages suivants: 90% des répondants affirment que l'utilisation des résultats probants de la recherche scientifique dans la pratique infirmière consiste en la fourniture des meilleurs soins possibles et l'amélioration de la qualité des soins. Mais seulement 17% des répondants utilisent les résultats probants de la recherche scientifique dans leur pratique.

Il est à noter que seuls 35% des répondants considèrent qu'ils disposent de l'autonomie suffisante pour modifier leurs pratiques de soins en les basant sur les résultats probants de la recherche scientifique, alors que 81% des participants disent que les conditions de travail sont défavorables à l'utilisation des résultats de la recherche. En outre 95% sont unanimes que la résistance au changement est un facteur entravant l'utilisation des résultats probants de la recherche scientifique.

Quant aux facteurs qui peuvent faciliter l'utilisation des résultats de la recherche, 80% des répondants citent la maîtrise du processus de recherche, toutefois, seuls 23% des participants ont reçu une formation sur l'utilisation des résultats de la recherche, et 73% évoquent la disponibilité du temps nécessaire pour l'utilisation des résultats de la recherche.

*Conclusion:* L'utilisation des résultats probants de la recherche scientifique dans la pratique infirmière devrait prendre de plus en plus d'importance. La volonté d'asseoir le savoir infirmier sur une démarche plus scientifique est une responsabilité collective que nous devons assumer!

**MOTS-CLEFS:** Qualité de soins ; Pratique infirmière ; Résultats probants.

## 1 INTRODUCTION

La recherche scientifique constitue le meilleur outil d'accumulation et de transfert du savoir et du savoir-faire, tout en regroupant un ensemble d'activités intellectuelles et expérimentales et des efforts d'investigations systématiques soutenus par un certain nombre de ressources technologiques appropriées et consenties par une communauté de chercheurs pour le compte d'une entreprise ou d'un Etat [1]. Il s'agit donc du plus puissant moteur du développement socioéconomique et culturel d'une nation.

La quête de soins de santé qui soient efficaces, efficaces et de qualité met en évidence les questions de pratique basée sur les résultats probants en soins infirmiers [2]. En ce sens, la recherche infirmière constitue un outil précieux qui permet de tracer de nouvelles pistes en fournissant les données probantes nécessaires pour éclairer la prise de décision des praticiens [3]. Elle demeure une voie d'excellence pour le développement de la discipline infirmière.

Cependant, en dépit de la progression des activités de recherche des infirmiers, il semble que ces derniers sont peu sensibles quant à l'impact direct de la recherche sur les soins ; ils appuient encore peu leur pratique sur des résultats de la recherche scientifique.

Plusieurs études considèrent que le domaine des soins infirmiers demeure particulièrement caractérisé par une faible utilisation des résultats probants de recherche; il est désormais bien établi qu'il existe un écart entre la production de données de recherche de grande qualité en matière de soins de santé, et leur accessibilité et utilisation ultérieure par les infirmiers [4-6].

De telles constatations ne peuvent échapper aux questionnements qui se rapportent essentiellement à la pratique infirmière basée sur les résultats probants. C'est pourquoi, il s'est avéré indispensable de dévoiler les énigmes de ce processus à travers la présente étude, et de d'en décrire les facteurs susceptibles d'être à l'origine de l'utilisation des résultats probants de la recherche dans la pratique infirmière du personnel infirmier du Centre Hospitalier Provincial de Fès.

## 2 PROBLEMATIQUE

En 2009, le Conseil International des Infirmiers, annonce que la pratique infirmière fondée sur les résultats probants [RP] de la recherche scientifique est l'une des caractéristiques essentielles des soins infirmiers professionnels; une telle pratique influe de façon directe la qualité et la rentabilité des soins [2].

Pour Sylvain et Ouellet [6], l'interdépendance qui existe entre la théorie, la recherche et la pratique est l'une des caractéristiques des disciplines professionnelles; la pratique constitue un milieu riche de données qui conduit au questionnement et à la recherche. Ainsi, non seulement la recherche est ancrée dans la pratique, mais elle en découle.

Malgré une accessibilité aux résultats de recherches de plus en plus importante, toutes les études réalisées jusqu'à nos jours marquent la faible tendance d'utilisation des résultats probants de la recherche scientifique (URPRS) dans la pratique infirmière.

## 3 METHODE

Etude descriptive quantitative. L'échantillon était constitué de 40 infirmières faisant partie de la population cible qui englobe 169 infirmiers répartis sur 11 services du Centre Hospitalier Provincial (CHP) de Fès. Ont été exclus de cette étude les infirmiers qui font les gardes de nuits, car ils ne sont pas joignables à tout temps. La méthode d'échantillonnage choisie est basée sur un tirage au sort d'un certain nombre d'infirmiers parmi ceux faisant partie de chaque service. L'enquête se basait sur un questionnaire auto-administré (annexe n°1). Le questionnaire a fait l'objet d'un pré test auprès de quatre infirmiers qui assurent la garde de nuit au niveau du CHP de Fès. Ce pré-test vise surtout à rectifier, reformuler ou encore rejeter certaines questions contenant des ambiguïtés.

L'analyse des données relatives au questionnaire a été effectuée à l'aide du logiciel de traitement des données Excel, qui fait ressortir des distributions de fréquence et des pourcentages en se référant à la statistique descriptive.

En vue de protéger les droits des participants dans cette étude, toutes les considérations éthiques ont été respectées.

#### **4 RESULTATS**

L'exploitation des questionnaires destinés aux infirmières du CHP de Fès a permis de dégager ce qui suit:

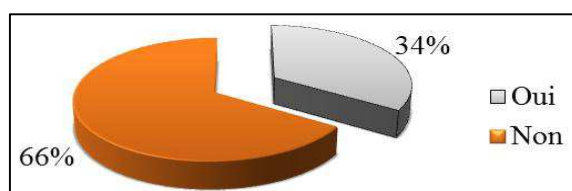
La totalité des infirmiers enquêtés ont un niveau de formation en soins infirmiers du premier cycle.

**Tableau n°1 : Utilité de l'utilisation des résultats probants de la recherche scientifique dans la pratique infirmière**

Item	Effectif	Fréquence relative
Fournir les meilleurs soins possibles	36	90%
Améliorer la qualité des soins	36	90%
Prendre en considération de l'expérience des autres professionnels de la santé	32	80%
Renforcer la crédibilité de la profession infirmière	29	73%
Prendre des décisions éclairées en tenant compte des articularités et des valeurs de la personne soignée	21	53%
Répondre à une problématique rencontrée au cours de la pratique infirmière	13	33%
Prendre en considération les ressources que met l'organisation (hôpital dans votre cas) à la disposition des professionnels	8	20%

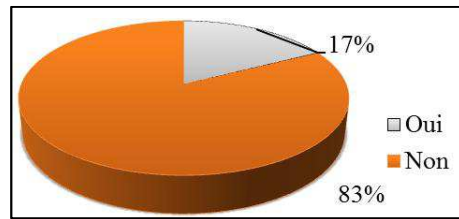
**Tableau n°2 : Perception des infirmiers des résultats issus de la recherche**

Item	Effectif	Fréquence relative
Sont Inadaptées à vos pratiques professionnelles	27	68%
Des informations pertinentes pour répondre aux besoins et aux préoccupations des infirmiers(es)	25	63%
Des données incomplètes	23	58%
Des informations inutiles	9	23%



**Figure n°1: Considération de l'utilisation des résultats probants de la recherche scientifique comme étant une obligation professionnelle**

D'après le tableau n°1, il apparaît donc clair que 90% des répondants affirment que l'utilité de l'URPR dans la pratique infirmière consiste en la fourniture des meilleurs soins possibles et l'amélioration de la qualité des soins. De même, 80 % d'entre eux l'estiment comme étant une prise en considération de l'expérience des autres professionnels de la santé. Par ailleurs, les résultats obtenus des appréciations des participants (tableau n°2) montrent que 68% perçoivent que les résultats issus de la recherche sont inadaptés aux pratiques professionnelles malgré que 63% d'entre eux les considèrent comme étant des informations pertinentes pour répondre aux besoins et aux préoccupations des infirmiers, tandis que 58% jugent les données de ces résultats incomplètes et 23% les étiquètent comme informations inutiles. De plus, d'après la figure n°1, il est à constater que seulement 34% des répondants déclarent que l'URPR est une obligation professionnelle, alors que 66% d'entre eux affirment le contraire.

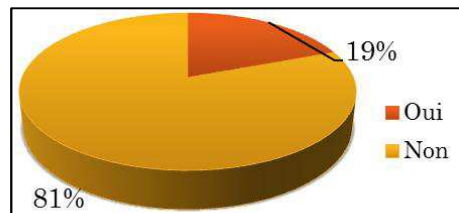


**Figure n°2: Utilisation des résultats probants de la recherche scientifique dans la pratique infirmière**

La figure n°2 montre que seulement 17% des répondants au niveau du CHP de Fès utilisent les résultats probants de la recherche scientifique dans leur pratique.

**Tableau n°3 : Causes de la non utilisation des résultats probants de la recherche par les infirmiers**

Item	Effectif	Fréquence relative
La survie des patients est prioritaire à celle de l'URPR	34	85%
L'URPR ne fait pas partie de la description de vos tâches	23	58%
Les RP sont inadaptés aux pratiques professionnelles	19	48%
L'URPR ne fait pas partie du mandat de votre organisme	6	15%



**Figure n°3: Conditions de travail favorables à l'utilisation des résultats probants de la recherche**

Quant aux causes de la non utilisation des résultats probants de la recherche par les infirmiers, il ressort du tableau n°3 que 85% des répondants estiment que la survie des patients est prioritaire à celle de la recherche, 58% déclarent que l'URPR ne fait pas partie de la description de leurs tâches et 48% d'entre eux disent que les résultats issus de la recherche sont inadaptés aux pratiques professionnelles. En plus, 15% des infirmiers ont ajouté que l'URPR ne fait pas partie du mandat de leur organisme. S'agissant des conditions de travail des infirmiers, la figure n°3 dévoile que 81% des participants disent que celles-ci sont défavorables à l'URPR.

**Tableau n°4 : Facteurs facilitant l'utilisation des résultats probants de la recherche par les infirmiers**

Item	Effectif	Fréquence relative
La maîtrise du processus de recherche au cours de la formation de base	32	80%
La disponibilité du temps nécessaire pour l'utilisation des résultats issus de la recherche	29	73%
La capacité de faire des lectures critiques des études scientifiques	24	60%
La capacité d'interpréter des résultats de la recherche	21	53%
La capacité de lire des articles	15	38%

Quant aux facteurs qui peuvent faciliter l'URPR au niveau du CHP de Fès, 80% des répondants citent la maîtrise du processus de recherche au cours de la formation de base, 73% évoquent la disponibilité du temps nécessaire pour l'utilisation des résultats issus de la recherche et 60% mentionnent la capacité de faire des lectures critiques des résultats de la recherche scientifiques.

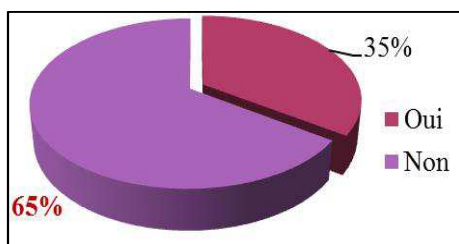


Figure n°4 : Disposition d'une autonomie suffisante pour modifier la pratique de soins en se basant sur les RPR

Il est à noter que 35% des répondants considèrent qu'ils disposent de l'autonomie suffisante pour modifier leurs pratiques de soins en les basant sur les RPR.

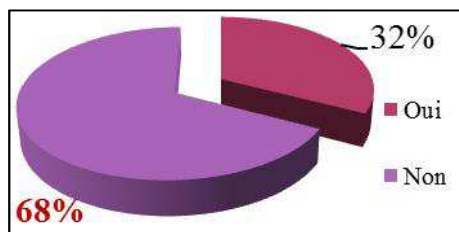


Figure n°5: Formation en matière de la recherche

La figure ci-dessus montre que seulement 32% des répondants ont reçu une formation en matière de la recherche.

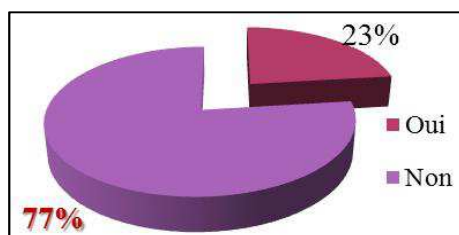


Figure n°6: Formation en matière de l'URPR

Il est à préciser que seulement 23% des participants ont reçu une formation sur l'utilisation des résultats probants de la recherche.

## 5 DISCUSSION

Il existe un fossé et un décalage important entre les connaissances scientifiques et celles utilisées par le milieu clinique ; plusieurs travaux de recherche ne parviennent pas ou très peu à trouver leur écho dans la pratique infirmière. Ceci chemine parfaitement avec les résultats obtenus par la présente étude qui révèlent que la majorité des infirmiers du CHP de Fès ne basent pas leur pratique sur les RPR. Cette situation aurait des répercussions néfastes sur l'évolution des sciences infirmières [7], sur la reconnaissance des savoirs infirmiers auprès des autres professionnels [8,9] et sur l'efficacité des soins [10].

En outre, les répondants soutiennent que les RPR sont des informations pertinentes qui permettent de répondre aux besoins et aux préoccupations des infirmiers, de fournir les meilleurs soins possibles et d'améliorer la qualité des soins dispensés par les infirmiers. Néanmoins, il est à signaler que les participants à l'étude admettent que les RPR sont des informations inadaptées à leurs pratiques. Dans le même sens, Estabrooks et coll. [11] précisent que les RPR sont utilisés davantage quand ils correspondent aux besoins des utilisateurs, et quand ces derniers sont capables d'en percevoir les retombées dans leur propre contexte. Tous ces constats mènent à dire que la perception des infirmiers quant aux RPR n'est pas tellement favorable à leur utilisation.

En plus, les participants déclarent que la disponibilité du temps nécessaire pour l'URPR est une des conditions inéluctables pour favoriser la pratique basée sur les RPR chez les infirmiers. Ceci rime parfaitement avec les résultats de l'étude empirique effectuée par Gagnon et coll. [12], qui démontrent que la disponibilité du temps est l'un des plus

importants requis nécessaires pour faciliter l'URPR. De surcroît, la majorité des infirmiers attestent que les conditions de leur travail ne sont pas favorables à l'URPR dans leur pratique et accusent, surtout, la charge du travail et le manque de ressources nécessaires pour l'URPR. Aussi, les participants à l'étude ajoutent que l'URPR ne fait pas partie de la description de leurs tâches, et que la survie des patients est prioritaire à celle de l'URPR. Ainsi, plus que la moitié des infirmiers pensent que le poste qu'ils occupent ne leur offre pas les possibilités d'utiliser les RPR dans leur pratique. Ces constats corroborent parfaitement les écrits des Instituts de recherche en santé au Canada [13] qui énoncent que les praticiens ne disposent pas de temps à consacrer à ce type d'activité durant les heures de bureau, surtout quand la recherche ne fait pas partie de leur description de tâches ou du mandat de leur organisme. Dans le même sens, Cossette [14] soutient que tous les praticiens s'entendent sur le fait que la survie des patients est prioritaire à celle de l'URPR.

Tout comme l'indiquent Goulet et coll. [8], dans leur écrit, le manque d'autonomie des infirmières et leurs difficultés à modifier des pratiques de soins, qui impliquent également d'autres partenaires professionnels, figure parmi les autres obstacles les plus fréquemment cités. Dans la même conjoncture, plus que la moitié des infirmiers enquêtés allèguent qu'ils ne disposent pas d'une autonomie suffisante pour modifier leurs pratiques de soins en les basant sur les RPR. En effet, ils incombent cela à la pratique infirmière qui exige la participation d'autres prestataires de soins

Les écrits des Instituts de recherche en santé au Canada [13] confirment que le niveau de scolarité des infirmiers influe fortement l'URPR. Pour sa part, Robichaud-Ekstrand [15], à travers son étude empirique, a confirmé que les infirmiers détenant une maîtrise ou un baccalauréat en sciences infirmières ont tendance à utiliser les résultats de la recherche dans leurs pratiques plus que les autres infirmiers. Ceci chemine parfaitement avec les résultats obtenus par la présente étude qui dévoilent que la totalité des infirmiers ont eu une scolarité du premier cycle

De plus, identiquement à ce que avancent Gagnon et coll. [12], les infirmiers du CHP de Fès considèrent que la maîtrise du processus de recherche au cours de la formation de base et la capacité de faire des lectures critiques des résultats scientifiques sont des facteurs liés aux utilisateurs qui favorisent l'URPR. Or, seule une minorité des infirmiers qui confirme avoir une formation en matière de la recherche dans le cadre de leurs études de base en soins infirmiers. Peu d'infirmiers, parmi ceux qui ont eu des formations en matière de la recherche, attestent qu'ils ont été formés en termes d'URPR. Tandis que, la majorité allègue que les connaissances et les habiletés acquises sur la recherche ne leur ont été pas utiles; ceci rime parfaitement avec les résultats de l'étude empirique de Lafaille [16] qui confirment que les notions relatives à la recherche et à la lecture critique des articles de même qu'à l'interprétation des résultats, couvertes lors de la formation universitaire des infirmiers, restent insuffisantes.

En effet, Cossette [14] ajoute que le manque de formation en matière de la recherche contribue aux croyances du fait que la recherche est futile alors que la dispensation des soins est prioritaire. Aussi, la plupart des répondants confirment qu'ils n'ont pas eu de formation en matière d'analyse statistique et d'informatique. Ces constats ont été confirmés par Robichaud-Ekstrand [15], à travers son travail de recherche, qui atteste que les infirmiers n'ont pas les connaissances nécessaires pour exécuter de simples analyses statistiques et ne disposent pas des compétences nécessaires en matière de technologies de l'information. Tous ces constats, relatifs aux volets de la formation des infirmiers, laissent dire que celle-ci peut être considérée comme étant un facteur limitant de l'URPR par ces professionnels.

## **6 CONCLUSION**

L'utilisation des résultats probants de la recherche permet de prodiguer des soins de santé efficaces, efficients et de qualité. A ce propos, plusieurs facteurs influencent ce processus : la résistance au changement, le niveau de la formation, la perception des infirmiers soignants quant aux RPR, les conditions du travail, le manque de l'autonomie, le poste occupé, la collaboration interprofessionnelle entre chercheurs et infirmiers praticiens. D'autres facteurs conditionnent l'URPR tels que la qualité méthodologique des travaux de recherche, l'accessibilité des RPR, leur format de présentation, leur délai de production, leur correspondance aux besoins professionnels des soignants, leur applicabilité dans le contexte de soin et leur coût.

L'utilisation des résultats probants de la recherche dans la pratique infirmière devrait prendre de plus en plus d'importance. La volonté d'asseoir le savoir infirmier, sur une démarche plus scientifique, est une responsabilité collective (infirmiers, organisation et chercheurs) que nous devons assumer!

## REFERENCES

- [1] K. Traore, *La recherche scientifique Ivoirienne : Genèse du processus de la mise en place de son dispositif et évolution de son système national*. Centre National de Recherche Agronomique. Université de Sherbrooke, 2004. <http://www.cnra.ci/downloads/historique%20dispositif%20SNRA.pdf>.
- [2] La recherche dans le domaine des soins infirmiers: un outil pour l'action, Genève: Conseil international des infirmières, 2009. [http://www.icn.ch/images/stories/documents/publications/fact\\_sheets/18a\\_FSRecherche\\_domaine\\_soins\\_infirmiers-Fr.pdf](http://www.icn.ch/images/stories/documents/publications/fact_sheets/18a_FSRecherche_domaine_soins_infirmiers-Fr.pdf).
- [3] F. Ducharme, *La recherche: voie privilégiée du développement du savoir infirmier*. L'infirmière du Québec, vol. 8, n. 4, p. 23-34, 2001.
- [4] O. Doyon, *L'application des pratiques fondées sur les résultats probants : démarche de changement au quotidien, un signe de maturité professionnelle*. Fonction cadre de santé : Profession infirmière quelle place et quelles pratiques pour l'avenir. Ed. Lamarre p151-189, 2009. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12919269?dopt=Abstract&holding=f1000,f1000m,isrctn>.
- [5] J. Gagnon, F. Côté, L. Grenier, *Document et outils : Des connaissances à la pratique phase 2*. Bureau de transfert et d'échange des connaissances. Université Laval. Faculté des sciences infirmières, 2009a. [http://www.btec.fsi.ulaval.ca/fileadmin/btec.fsi/pdf/Documents\\_et\\_outils-final.pdf](http://www.btec.fsi.ulaval.ca/fileadmin/btec.fsi/pdf/Documents_et_outils-final.pdf).
- [6] H. Sylvain, N. Ouellet, *La recherche en sciences infirmières un moteur de développement des connaissances et d'évolution des pratiques*. Fonction cadre de santé: Profession infirmière quelle place et quelles pratiques pour l'avenir. Ed. Lamarre, p133-149, 2009.
- [7] M. Phaneuf, *Réflexions sur la recherche comme instrument d'évolution professionnelle*, 2008. [http://www.infiressources.ca/fer/depotdocuments/Reflexions\\_sur\\_la\\_recherche\\_comme\\_instrument\\_d\\_evolution\\_professionnelle.pdf](http://www.infiressources.ca/fer/depotdocuments/Reflexions_sur_la_recherche_comme_instrument_d_evolution_professionnelle.pdf).
- [8] C. Goulet, A. Lampron, D. Morin, M. Héon, *La pratique basée sur les résultats probants. Partie 1 : origine, définitions, critiques, obstacles, avantages et impact*. Recherche en soins infirmiers, n. 76, 2004. <http://fulltext.bdsp.ehesp.fr/Rsi/76/12.pdf>.
- [9] N. Kühne, *Mise en oeuvre des pratiques fondées sur des preuves scientifiques : une analyse cognitive des référentiels proposés en Suisse par les élites professionnelles en soins infirmiers, en ergothérapie et en kinésithérapie*, 2007. [http://www.academia.edu/494950/Mise\\_en\\_oeuvre\\_des\\_pratiques\\_fondees\\_sur\\_des\\_preuves\\_scientifiques](http://www.academia.edu/494950/Mise_en_oeuvre_des_pratiques_fondees_sur_des_preuves_scientifiques).
- [10] M-A. Barwick, K-M. Boydell, E. Stasiulis, H-B. Ferguson, K. Blase, D. Fixsen, *Transfert de connaissances et mise en oeuvre de pratiques fondées sur des données probantes dans le domaine de la santé mentale pour enfants*. Santé mentale pour enfants Ontario. Toronto 2005, [http://www.kidsmentalhealth.ca/documents/PR\\_Transfert\\_de\\_connaissances\\_et\\_mise\\_en\\_oeuvre\\_de\\_pratiques\\_fondees\\_sur\\_des\\_donnes\\_probantes\\_dans\\_le\\_domaine\\_de\\_la\\_sante\\_mentale\\_pour\\_enfants.pdf](http://www.kidsmentalhealth.ca/documents/PR_Transfert_de_connaissances_et_mise_en_oeuvre_de_pratiques_fondees_sur_des_donnes_probantes_dans_le_domaine_de_la_sante_mentale_pour_enfants.pdf).
- [11] C-A. Estabrooks, J. Floyd, S. Scott Findlay, K-A. O'Leary, M. Gushta, *Individual determinants of research utilization: a systematic review*. Journal of Advance Nursing. n.43, p506-20, 2003). <http://www.implementationscience.com/content/6/1/1>.
- [12] J. Gagnon, F. Côté, M. Boily, C. Dallaire, M-P. Gagnon, C. Michaud, M. Hatem, S-A. Mercure, *Barrières et facteurs facilitant l'intégration des résultats probants aux soins infirmiers en contexte québécois : étude exploratoire-descriptive*. L'infirmière clinicienne, vol. 6, n. 1, p. 19-28, 2009b [http://revue-infirmiereclinicienne.uqar.ca/Parutions/pdf/InfirmiereClinicienne-vol6no1-Gagnon\\_Cote\\_Boily\\_Dallaire\\_Gagnon\\_Michaud\\_Hatem\\_Mercure.pdf](http://revue-infirmiereclinicienne.uqar.ca/Parutions/pdf/InfirmiereClinicienne-vol6no1-Gagnon_Cote_Boily_Dallaire_Gagnon_Michaud_Hatem_Mercure.pdf).
- [13] Instituts de Recherche en Santé au Canada, *Des connaissances à la pratique: Guide sur la collaboration entre les chercheurs et les utilisateurs des connaissances dans la recherche en santé*, 2012 [http://www.cihr-irsc.gc.ca/f/documents/Guide\\_sur\\_la\\_collaboration\\_dans\\_la\\_recherche\\_en\\_sante.pdf](http://www.cihr-irsc.gc.ca/f/documents/Guide_sur_la_collaboration_dans_la_recherche_en_sante.pdf).
- [14] S. Cossette, *De la recherche exploratoire à la recherche appliquée en sciences infirmières : Complémentarités et finalités*. Recherche en soins infirmiers, n. 102, p. 73-82, 2010, <http://fulltext.bdsp.ehesp.fr/Rsi/102/73.pdf>.
- [15] S. Robichaud-Ekstrand, *Perceptions des infirmières et infirmiers francophones envers la recherche et l'utilisation des technologies de l'information*, 2009) [http://www.sidiief.org/~media/Files/12\\_0\\_CongresMondial/Presentations/Dimanche/SP25%20%20%20%20Sylvie%20Robichaud%20Ekstrand.ashx](http://www.sidiief.org/~media/Files/12_0_CongresMondial/Presentations/Dimanche/SP25%20%20%20%20Sylvie%20Robichaud%20Ekstrand.ashx).
- [16] A-M. Lafaille, *Relever le défi de l'excellence! Développement d'un programme appuyant la pratique basée sur les données probantes des ergothérapeutes du CHU Ste-Justine*. Université de Sherbrooke, 2011 [http://www.usherbrooke.ca/readaptation/fileadmin/sites/readaptation/documents/Essai\\_synthese/ES\\_Relever\\_le\\_defi\\_Developpement\\_d\\_un\\_programme\\_appuyant\\_la\\_pratique\\_basée\\_sur\\_les\\_donnes\\_probantes\\_des\\_ergotherapeutes\\_du\\_CHU\\_Ste-Justine.pdf](http://www.usherbrooke.ca/readaptation/fileadmin/sites/readaptation/documents/Essai_synthese/ES_Relever_le_defi_Developpement_d_un_programme_appuyant_la_pratique_basée_sur_les_donnes_probantes_des_ergotherapeutes_du_CHU_Ste-Justine.pdf)

## ANNEXE

## Questionnaire

N° .....

1. Niveau de formation en soins infirmiers:

- Premier cycle                       2ème cycle                       Ecole des cadres  
 Autres, à préciser:.....

2. L'utilisation des résultats probants de la recherche dans la pratique infirmière (URPR) sert à:

- Fournir les meilleurs soins possibles  
 Prendre des décisions éclairées en tenant compte des particularités et des valeurs de la personne soignée  
 Prendre en considération l'expérience des autres professionnels de la santé  
 Prendre en considération les ressources que met l'organisation (hôpital dans votre cas) à la disposition des professionnels  
 Répondre à une problématique rencontrée au cours de la pratique infirmière  
 Améliorer la qualité des soins  
 Renforcer la crédibilité de la profession infirmière  
 Autres, à préciser :.....

3. Vous pensez que les résultats issus de la recherche sont :

- Des informations pertinentes pour répondre aux besoins et aux préoccupations des infirmiers (es)  
 Des données incomplètes  
 Des informations inutiles  
 Inadaptées à vos pratiques professionnelles  
 Autres, à préciser :.....

4. L'utilisation des résultats issus de la recherche est une obligation professionnelle :

- Oui                       Non

5. La résistance des personnes/organisation au changement est un facteur qui limite l'URPR :

- Oui                       Non

6. Vous basez votre pratique infirmière sur des RPR :

- Oui                       Non

7. Si non, vous ne basez pas votre pratique infirmière sur des RPR parce que :

- L'utilisation des résultats de la recherche ne fait pas partie de la description de vos tâches  
 L'utilisation des résultats de la recherche ne fait pas partie du mandat de votre organisme  
 La survie des patients est prioritaire à celle de l'utilisation des résultats probants de la recherche  
 Les résultats issus de la recherche sont inadaptés aux pratiques professionnelles  
 Autres, à préciser :.....

8. En général, les conditions dans lesquelles vous travaillez vous paraissent favorables quant à l'URPR:

- Oui                       Non

9. Si non, ce qui n'est pas convenable est:

- La charge énorme de travail  
 Les longues listes d'attente auxquelles vous faites face  
 Le manque de temps pour l'utilisation des résultats probants de la recherche  
 Le manque de ressources nécessaires pour l'utilisation des résultats probants de la recherche  
 Autres, à préciser :.....

10. Parmi les facteurs suivants, les facteurs qui peuvent faciliter l'URPR sont :

- La capacité de lire des articles
- La disponibilité du temps nécessaire pour l'utilisation des résultats issus de la recherche
- La maîtrise du processus de recherche au cours de la formation de base
- La capacité de faire des lectures critiques des études scientifiques
- La capacité d'interpréter des résultats de la recherche
- Autres, à préciser :.....

11. Vous disposez d'une autonomie suffisante pour modifier vos pratiques de soins en les basant sur des RPR:

- Oui       Non

12. Si non cela est dû :

- Au rôle traditionnel d'exécution des ordonnances
- À la pratique infirmière qui exige la participation d'autres prestataires de soins
- Autres, à préciser.....

13. Vous pensez que:

- Le poste que vous occupez, vous offre les possibilités d'utiliser les résultats issus de la recherche dans votre pratique
- Vous êtes motivé pour utiliser les résultats issus de la recherche dans votre pratique
- Vous avez de la confiance en soi qui vous permet d'utiliser des RPR dans votre pratique
- Vous disposez de la capacité à juger de la validité des pratiques
- Vous disposez de la capacité à évaluer la pertinence des résultats de la recherche
- Vous disposez de la capacité à identifier vos besoins en matière de connaissances

14. Vous avez reçu une formation en matière de la recherche :

- Oui       Non

Si oui répondez aux questions suivantes, si non passez à la question n°18

15. La formation en matière de la recherche était organisée dans le cadre de:

- La formation de base
- Une ou des formations continues
- Autres, à préciser.....

16. Au cours de ces formations (soit de base ou continue), vous avez reçu une formation sur l'URPR infirmière:

- Oui  Non

17. Si oui, les connaissances et les habiletés acquises sur la recherche vous ont été utiles :

- Oui       Non

18. Vous avez reçu une formation en matière de :

- L'analyse statistique
- L'informatique

19. Vos suggestions par rapport aux facteurs liés à l'utilisation des résultats probants de la recherche:

.....

## Interest redressals and implications: A detailed analysis

*Khalida Adeeb Mazhar*

Lecturer as Islamic Studies,  
Govt. Degree College for Women Shah Rukne Aalum Multan, Pakistan

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

**ABSTRACT:** Capitalist system has created a great distortion in different fields of life; its basic cause is interest (Sood). In our society, there are a lot of people who think that interest is an essential element for living a life. Now these days, people are forming new departments on the basis of interest and such type of schemes are something interest system. Our Islamic System is totally destroyed. We forget the real meaning of RABBWA and what is system of trading. These days; we are having different misconceptions regarding interest. For ruining all evils which are created from poverty and from interest system; there should be enhancing zakat system in a proper way and people should live their lives in guidance of Islam; one day, our society will be formed like a paradise.

**KEYWORDS:** capitalism, interest, fields of life, Islamic system, rabbwa and zakat.

### INTRODUCTION

Capitalist system has generated a great demolition in different pastures of life; its basic reason is interest. The roots of interest are got stuck in our economic system; people believe that interest is a indispensable component of our economic system and it is impossible to understand to work without interest in economical activities. Allah Almighty gave the order to the Muslim community that not to take interest and fight against the interest takers but today Muslim nation is strengthening the interest system and being established new department on the base on interest system in every economical schemes or activities.

There are creating a great discord in comprehending the rules of Islamic legislation about interest due to completely molder of pure Islamic prescript. The principals and ideologies of interest are being embedded in our society and become dominant in all fields of our life and our society is being formed in shape of capitalism today. When we started research or discussions about economic system then firstly we follow the rules, theories, ideologies and principles of capitalism; do not investigate under Islamic prescript about economics. Allah Almighty says in Quran.

“If you stop to take interest then the actual goods is for you.”

Our Holy Prophet (P.B.U.H) said that

“Inflation on loan is interest”

Scholars elaborated the definition of interest in light of verse and hadith that

“A loan which bestow on the condition that borrower will paid loan with inflation”

### PROHIBITION OF INTEREST (IN LIGHT OF QURAN)

In Quran, there is used the word of “RIBA” for interest which literally means “to grow, to increase, to climb or to multiply”. The correspond meaning of “RIBA” is “to increase” or “to inflation”.

“He climbed on the peak of hill”

“He poured water on substance and it was distend”

“He grew up in the bossom of others”

“Boosted the things”

“So, increased his inflammation”

“He sat on the soar place from land”

RIBA: a lofty which is higher than the surface of the land. There are used different substances of derivation at many places in Quran which elucidate the meaning of RIBA is “to increase”, “to multiply” and “to grow”. For example, when we poured water on him then it flourished and the time came to full blooming.

“Allah Almighty destroys interest and gives increases for charity”

“The scum which came to top of the surface; the flood swept away”

“And he grasps them rigorously”

The elucidated meaning of RIBA is “to inflation of goods” and “to expansion of wealth” there is said in Quran that

“And give up what remains of interest..... And if you repent, you may have your own principal”

#### **‘RIBA’ IN DAYS OF IGNORANCE**

There are many forms of traditions about usage of RIBA in the days of ignorance.

- Qatada says that if a person sold a thing to other person and he could not pay the cost at the moratorium time then the person who sold the thing; granted him to more time for returning values but with additional cost.
- According to Mujahid, if a person borrowed and said please granted me the time to pay debt and I will pay more than the actual values.
- According to the research of Abu Bakar Hasas, if one person borrowed to other person in the days of illiteracy then fix the matter to pay supplementary cost at actual price.
- According to the probe of Imam Razi; the practices of RIBA in the days of ignorance was that if a person took debate at the moratorium time and receive more than the actual payment and if the halting time was over then the interest was doubled.

These forms of business were introduced in Arab and Arabs used the word of RIBA for it in their language and Allah Almighty prohibited in Quran to take Riba, to take interest.

#### **DECLARATION OF WAR AGAINST ALLAH AND HIS PROPHET MUHAMMAD (P.B.U.H)**

In Quran, there is prohibited to take RIBA or interest. There is an acute threat for interest takers in Quran which is not for other transgressor. Allah Almighty says in Quran

“O, you who have believed, fear Allah and gives up what remains of interest, if you should be believers. And if you do not, then be informed of a war from Allah and his messenger”  
(2, 278-279)

#### **IS CURRENT BANK INTEREST NOT FORBIDDEN?**

There are discovered some elements in universe of Islam which claims that the interest of current banks is not that article which was forbid in Quran and verifies that people took loan to fulfill their personal needs in ancient time. For instance, one man have no any resource to fulfill the need of his food, in the condition of hunger, he took loan to afford one to accomplish the necessities of food for himself and his family and he gave debt at this condition that he would paid interest with actual cost. Obviously, it is brutality that a man is hunger and you are giving him the payment at the condition to back with interest. In fact, it was responsibility and there was need to manage the hunger of the poor at that time and it is cruelty that at one side you gave debt and at the other hand you will demand to take interest on the actual cost. For this type of interest; there is said in Quran that if you will not leave to take interest then you will be informed of a war from Allah and his messenger.

## INTEREST ON COMMERCIAL LOAN

But there is concerned about the interest of banks today then borrowers are not poor and those people who have nothing to eat; banks do not provide them loan. Debt takers are capitalist and richer. Who do not take debt to eradicate hunger or to buy a pall but their purpose behind to take the loan from bank is “to promote their commerce and earn profit”.

At the other hand, the loan which capitalist take from bank is public’s account and public keep this account in bank as fidelity. So, the reason is that the bank’s demands to take some percent of interest on actual payment to borrower; that’s why it is not brutality. In ancient time, which interest was being taken from borrower, it was a big cruel; that’s why there is prohibited in Quran and declared it a big sin. So, today which interest is taken by bank; it is not a profane thing.

A loan, which is taken to fulfill the personal fundamental needs called morphological debt. And a debt which is taken to promote the business or trade and to earn profit called commercial loan. The scholars and researchers say about interest that there is forbid in Quran to take the morphological debt, and do not prohibit for take commercial loan.

## REASONING TO JUSTIFY INTEREST

Those who are in favor of interest; use this verse of Quran to justify

احل الله البيع وحرم الربوا

“But Allah has permitted trade and has forbidden interest” (2, 275)

According to this verse, there is abolished to take morphological debt which was practiced in the days of ignorance and to be used in the earliest stage of our Holy Prophet (P.B.U.H) and commercial loan was not practiced at that time. So, the concern of Quran is not with commercial loan, but its relation with morphological debt. Today, high qualified scholars justifying this reason and Egypt scholar is also saying that interest of banks are legitimate.

Sir Syed Ahmad Khan (India), Mufti Ubda Rashid Raza (Arab) and Dr. fazal-ul-Rahman (Pakistan) have persuaded the same ideology

## DISADVANTAGES OF INTEREST (IN LIGHT OF QURAN AND HADITHS)

### GREED, CUPIDITY, NIGGARDLY AS A COLLECTION OF BRUTALITY:

The reason behind to take interest of a greedy and a cupidity is to become rich and to get deep pockets and a niggardly (miser) is a person who don’t want to spend the money in good deeds. The basic reason is that Allah Almighty is against interest and gives the order of zakat and charity. Brutality is that hard worker are deprived from their actual wages due to high ratio of interest and here finish the concept of pity. Allah Almighty prohibited to take interest and said that

“Do not deal unjustly and you should not be dealt unjustly”

### INGRATE TRANSGRESSOR

With prohibition of interest, Allah Almighty exposed the name of Ingrate Transgressor to interest takers. Which wealth was given to them by Allah Almighty, they should spend this wealth in good deeds and they should help the poor but they do not execute as. They ingratitude the blessing of Allah Almighty and adopt the behavior of brutality.

### THE PUNISHMENT OF INTEREST TAKERS

Allah Almighty says in Sura Al-Imran.

“O believers, take no doubled and re-doubled interest (RIBA) and fear from God; so that you may prosper. Fear from fire which has been prepared for those who reject faith”

In this verse there is declared the punishment of hell for interest takers and the fire of hell have been prepared for unbelievers.

Our Holy Prophet (P.B.U.H) elaborated the condition of interest takers which you saw in Roya-e-Sadka. He said that

“I saw a canal which was filled with blood and one man was swimming in it and another man was standing at the bank of the canal to take stone in his hand in front of him whenever he tired and wanted to come out the canal, the other person threw a stone in his mouth and caused him to retreat back into his original position, then jibraeil told that ‘the person who is swimming in the canal of blood is an interest taker’.”

#### **HUMILIATION IN WORLD**

Allah Almighty wants his obedience from his devotees and said that

“O those who have believe, enter in Islam completely”

In another verse, there is allocate to Jews but it is necessary to know that the legislation of God is not changed. Jews are shown as the sign of fearsome and warning in Quran for all Muslim Community. If Muslim nations also adopt their ways, their punishment would be same as like Jews obtained. Also said that

“Do you believe in one part of the book and deny the other part? Then what is the recompense for those who do that among you accept disgrace in worldly life and on the day of judgement they will be sent back to the severest of punishment. And Allah is not unaware of what you do”

These instructions are for those people who use those orders of God which they feel beneficial for them and leave those commands which are not worthwhile for them and as like acts are closely associated with hypocrite.

#### **OPPROBRIOUSNESS OF BOTH GIVER AND TAKER INTEREST**

There is an equal Opprobriousness of both giver and taker interest in Hadiths. According to Hazrat Jabir Bin Abdullah, our Holy Prophet (P.B.U.H) said that

“Usuries, writers of interests and endorsementers, all they have castigate and also said that they are all transgressor”

#### **EVOLUTION OF INTEREST IN MUSLIM SOCIETY**

Our scholars feel proud that Muslims get progress in field of trading, and show the word that we can get sublimation in economic system without interest. But in this case, reality is different. In the era of Banu Abbas, when trading was being advanced and they felt the need of loan then they started to violate the order about interest of our Holy Prophet (P.B.U.H). At this time, why did scholar not stopped them? Rasheed Akhter wrote in this book “Tahzeeb-o-tamudun”. Shebani’s reference that in the time of Abbasi Kingdome; if someone gave the loan to capitalist entrepreneurs at the base of profitability and his concern was not with lose. According to Tanoji; there were come about the special group of extravagant and money lenders in third and fourth century who would be loan to others in same conditions.

#### **ECONOMICAL DEVELOPMENT WITHOUT INTEREST**

Here we should discuss this point that in recent time, can we obtain economical sublimation without interest? Or can there be constructed as like economical system which is enough for fulfilling the needs of the development state and a society.

#### **MISCONCEPTIONS ABOUT INTEREST**

- As a rational and imitational state, interest is a substantial article which was prohibited by Allah Almighty and his messenger (P.B.U.H) to take each type of interest. Can we get progress without interest? And is this applicable? In other words, we can say that there is inevitable any error in the divinity of Allah Almighty. So, it is the sign of mistrust against the system and nature of Allah Almighty.
- Another misconception is that people don’t understand the problem of transition. Weather you blame the proposal unworkable in rapid change of tone.

It is unintentional to say that the cancellation of interest and charity organization are not applicable and those people can execute this effort but on two conditions.

- 1- Those who became deviant from ancient structure and accept this proposal that transition is necessary for life.
- 2- Secondly, there should be revolutionist mind without imitation.

There is need some step for optimization of society.

#### **THE FIRST STEP IN WAY OF OPTIMIZATION**

Those people who comprehend that firstly there should be approached the economical system without interest then interest system will be eliminated from society itself or should make strong laws against interest; but it is not possible to abolish the system of interest without constructing the values of pure economic system. It is believed that our society cannot disassociate with interest economical system. To get rid of interest economical system we should make strong legislations to take interest then we can get easily pure economical system.

#### **SUGGESTIONS FOR OPTIMIZATION**

According to Islam, there are many suggestions for optimizing our society and for getting pure economical system.

- According to Islamic economical system, interest is a big transgressor and prohibited in Islam.
- Government should make strong legislations and should arrest giver, taker and writer of interest by police or army. If this entrepreneur would not cease to normal punishments than to confiscate their property or the punishment of death penalty.
- Government should improve the framework of Zakat (charity) and it should be the liability of government that every one paid the zakat.
- There should execute socialization and seminars against interest economical system and its dilemma for optimization of society.

Through these steps, our society will be formed as like where people cooperate with others and having the sympathetic and generous nature.

#### **IMPLEMENTATION OF ZAKAT**

Molana Abu-al-kalam (1936) elaborated the importance and benefits of the implementation of zakat in light of Quran and hadiths in his book "Arkan-e-islam". Today, if our society will implement on these suggestions then there would get rid of interest economical system from our society.

"And establish prayer and give zakat"

Today, there are two problems that we accept the commands but don't perform according to their standard. Allah Almighty said in Quran.

"But, if they repent, establish prayer and give zakat, then they are your religious brothers"

#### **RELiance AND ORBIT OF ISLAM**

The terms: reliance and orbit of Islam are based on namaz (prayer) and zakat (charity). Allah Almighty gives the order about zakat that to obtain zakat from every Muslim in every condition and divide this payment of zakat according the terms of Islam and do not care if all city would not be organized very well.

#### **INTELLECTUAL RESOURCES AND COLLABORATIONS**

Remember that we can't get affluence, dignity and respect from the intellectual resources. The essential element is to get rid of the ways of negligence which astray. We should act firmly on Islam for getting collaborations, respect, honor, dignity, wealth and blessings of Allah Almighty.

## **OBLIGATION AND FIDELITY OF ZAKAT**

### **ENORMOUS TORMENTS AND IT'S OCCURRENCE**

The order of Zakat is an obligatory and essential element of Islam. If we forsake and show negligence in paying of zakat then we will become the victim of enormous torments which occur essentially.

### **EUROPE AND IT'S AFFLICTIONS**

Today, there is a conflict between haves and have not. Poverty and it's afflictions which agitated the foundation of economy. In result of it is the establishment of socialism and nhlzm. In Germany and America, there are collecting funds for poor by govt. and nations, cooperative societies and agricultural bank villages are being established for poor that they live a better life.

### **ISLAM AND IT'S DEALING WITH CORRUPT CONVENTION**

When Islam was emerged, then firstly it found the treatment of corrupt convention and set the values and goals of Islam. Zakat was obligatory for all. The main goal of zakat (charity) was that no one will remain poor and primary needs of each person would be fulfilled.

### **REASON TO PROHIBITED INTEREST AND ORDER OF ZAKAT**

At one side, Islam prohibited the interest economic system which was creating many problems such as murder for poor and destitute. Through the interest system, there was creating a capitalist society and rich was becoming more affluent and poor was becoming more destitute. At the other side, zakat was obligatory for all because all the poor and destitute will can be fulfill their primary needs and interest economical system was ruined automatically.

### **OBLIGATORY FORMATION AND ORGANIZATION OF ZAKAT**

Today, government should paid attention in formation and organization of Zakat system and also keeps a bird eye view that in which works the payment of zakat and funds of charity are consumed.

### **THE ACTUAL CAUSE OF AFFLICTIONS**

The actual cause of afflictions is that we forgot the real meaning of our religion. Our scholars and religious leaders use the verses of Quran just for their personal benefit. They are the man of words not of deeds which create many afflictions day by day in our society.

تن بے داغدار شد، پنبہ کجا کجا نہی

“My heart is full of blemishes, where from I found the cotton to clean it”

### **INITIAL RECOGNITION OF ISLAMIC LIFE**

Initial recognition of Islamic life is from only two acts Namaz (Prayer) and Zakat (charity) and both acts are mentioned in Quran with each other.

### **THE PUNISHMENT OF NON-COMPLIANCE**

Those people who refuse to give zakat then he will not be in Muslims: their punishment is murder in accordance of the companion of Holy Prophet (P.B.U.H). Hazrat Abu Bakar (R.A) said that

“I swear of God that I will do jihad against those people who refuse to give zakat and pay namaz (prayer).”

## THE PURPOSE OF ZAKAT

Another feature is that there was not given the reason for zakat but also for all types of charity which has completely transited the nature of this matter.

“So, that it will not be perpetual distribution among the rich from among you (59: 7)”

The purpose of zakat is that the wealth is distributed in all over the society and there would not be creation of capitalist society.

“And those who hoard gold and silver and spend it not in the way of Allah Almighty- give them tidings of a painful punishment”

Our Holy Prophet (P.B.U.H) said about zakat

“To take wealth from riches and divide it in the poor”

## THE SPIRIT OF QURAN AND DISTRIBUTION OF PROPERTY

According to Holy Quran, Allah Almighty doesn't want that society will be formed in capitalist system but he want that wealth would circulate in all over the society and it will not remain at one place. The main reason is that there is become the legislation to distribute of property in heirs. According to Islam, don't make as like laws that wealth will not remain only in hand of the member of one family.

## WISDOM BEHIND THE PROHIBITION OF INTEREST

There is forbid the transaction of interest in Islam by Allah Almighty and said that

“Allah destroys interest and increase charity” (2, 276)

In those societies; the transaction of interest will be raised, where mostly people would be deprived from their rights and cannot fulfill their basic needs and those nations who will provoke the distribution of charities then all people lived a happy life and the evil of poverty would be ceased and it was the matter of transaction of interest. There is defined the punishment to take interest in Quran that

“Then be informed of a war (against you) from Allah and his messenger” (2,279)

Because: it was necessary for the wellness of society regard this matter.

## DISBURSEMENT IN THE WAY OF ALLAH ALMIGHTY (INFAQ FI SABILILLAH)

And it is said by Allah Almighty in Sura Bakrah after giving the order of disbursement in the way of Allah that

“He gives wisdom to whom he wills and whoever has been given wisdom has certainly been given much good and more will remember expect those of understanding” (2, 269)

## RESULTS AND DISCUSSIONS

For devastating all evils which are created by poverty and from interest system, these should be enhancing zakat system in a proper way and people should live their lives in guidance of Islam and use our force against mollify and one day we will get success and our society will be formed like a paradise.

## REFERENCES

- [1] Modovi, Abu-al-aala. August 2004. "Sood"; *Lahore, Quomi Press*. Pp: 10
- [2] Aeza: Pp: 14
- [3] Al-Quran: Sura Bakrah: 279
- [4] Abi Shabita, Ibrahim, A. B. M. B. "(Al-mutwafi 235 hijri) Fi Aahadees-o-al-assar, Muktabah Al-Rashid-al-Riaz: 1409 Hijri"; Vol: 4, pp: 327
- [5] Al- Jisas, Abu Bakar, A. B. A., 1405 hijri. "Ahkam-e- Al Quran, Dar-e-Ahya, Beroot, Al-arbi" vol: 2, pp: 189
- [6] Al-Tahri, Yazeed, M. B. J. B., 1420 Hijri "Tafseer Tibri, Mosa-tu- al risala"; Vol: 6, pp: 7
- [7] Abu-al-faiz, Al-zubaidi, 1205 hijri. "Taj-ul-aroos Mun Jawahir al qamoos, Dar-al-Hudaya"; vol: 32, pp:117.
- [8] Al nabari, Qasim, M. B. B. M. B. B., 1992 "Al zahir fi maaini kalmat-ul-nass, mosasta-al-risala, Beroot"; Vol: 1, pp: 343.
- [9] Abu- al-hassan, Ismaeel, A. B., 1417 hijri. "(458 Hijri), Um-khasas, Dar-e-Ahya, Al Tirass,\ al Arbi, Baroot" Vol: 5, pp, 19
- [10] Aezra
- [11] Al Quran: Al-Hajj 5
- [12] Al Quran: Sura Bakrah 276
- [13] Al Quran: Al-raad 17
- [14] Al Quran: Al-haka 10
- [15] Al Quran: Sura Bakrah 279
- [16] Mujahid, Abu-al-hajaj, 1410 hijri "Tafseer-e-Mujahid Dara-ul-fikar Al-hadisath 104 hijri"; *Egypt*. Vol: 1, pp: 245
- [17] Al Hasas, Ahkam-ul-Quran. Vol: 2, pp: 188
- [18] Al Razi, Abu Abdullah, B. M. B. U. 1420 Hijri "Mafateh al gaib-o-tafseer, Kabeer Dare-e-Aahya Al teras Al arbi, Al-Beroot"; Vol: 9, pp: 363
- [19] Modovi, Abu-al-aala."Sood"; pp: 109-110
- [20] Al Quran: Sura Bakrah 278
- [21] Usmani, M. T., 1999"Takreer Tarmizi" *Karachi Meman Islamic Publishers*. Vol: 1, PP: 42-43
- [22] Al Quran: Sura Bakrah 275
- [23] Usmani, T. "Sood" pp: 44
- [24] Al Quran: Sura Bakrah 279
- [25] Al Quran: Al-imran 130
- [26] Al hadees, Bukhari, Ismaeel, M. B. "Sahi Bukhari, Dar Tok ul Najah, Jamia tul Damishq 1422 hijri" Vol: 3, PP: 59
- [27] Al Quran: Sura Bakrah 208
- [28] Al Quran: Sura Bakrah 85
- [29] Israr. A., 2005 "Deeni Faraiz Ka Jamia Tasawur" *Lahore, shirkut printing press*, pp: 13
- [30] Al- Hadees, Muslim bin Al hajaj, Sahi Muslim "Dare Aahya, Al taras ul arabi, Baroot, Seen Noon." Vol: 3, pp: 1219
- [31] Yakoob, S. 1994. "Chand Mashhi Masail aur Islam" *Lahore, Cultural Department Islamia*. Pp: 180.
- [32] Mododi, Abu al aala, 2013. "Mashiyat Islam", *Arkam aafaq Press*. Pp: 221-224
- [33] Aeza : 225-226
- [34] Azad, Abu al kalam. 2008. "Arkan e Islam"; *Lahore, Muktabah Jamal*. Pp:323-337

## Renforcer la supervision des équipes cadres des zones de santé: Cas de la province du Haut-Uélé en République Démocratique du Congo

### [ Strengthen health zones leader teams' supervision: A case of Haut-Uélé province in Democratic Republic of Congo ]

*Hermès Karemere*

Ecole Régionale de Santé Publique, Université Catholique de Bukavu, RD Congo

---

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

**ABSTRACT:** *Introduction:* This study analyzes supervisions in 8 health zones in Haut-Uélé, located in the northeast of the Democratic Republic of Congo. The study aims to propose principles of guiding health zones management teams' supervision. *Methodology:* The study is a descriptive analysis of 22 supervisions performed by health provincial division team members of Haut-Uélé, between July and December 2007, Pawa, Wamba, Isiro, Dungu, Rungu, Niangara Boma-Mangbetu and Doruma health zones. *Results and Discussion:* The closest ZS are not always better supervised. Supervisor's profile is inadequate for some supervisory issues. The agreement between observations and recommendations is not formal. The information in the report is not complete. Some principles are derived from the study, proposed to organize the health zones management teams' supervision. *Conclusion:* The merit of this study is to demonstrate that supervision of the intermediate level can be deeply evaluated before being strengthened to improve the quality of care for the benefit of the population.

**KEYWORDS:** Supervision, Health zone leader team, Health Provincial Division, Haut-Uélé, Democratic Republic of Congo.

**RESUME:** *Introduction:* La présente étude analyse les supervisions dans 8 zones de santé du Haut-Uélé, au Nord-Est de la République démocratique du Congo. L'étude vise à proposer des principes devant guider la supervision des équipes cadres des zones de santé (ECZS). *Méthodologie:* l'étude est descriptive et analyse 22 supervisions effectuées par des membres de l'équipe de la division provinciale de la santé (DPS) du Haut-Uélé entre juillet et décembre 2007, dans les zones de santé (ZS) de Pawa, Wamba, Isiro, Dungu, Rungu, Niangara, Boma-Mangbetu et Doruma. *Résultats et discussion:* Les ZS plus proches de la DPS ne sont pas toujours les mieux supervisées. Le profil des superviseurs est inadéquat pour certains thèmes de supervision. La concordance entre observations et recommandations n'est pas formelle. Les informations dans le rapport ne sont pas complètes. Quelques principes découlent de l'étude, proposés pour organiser la supervision des ECZS. *Conclusion:* Le mérite de l'étude est de démontrer que la supervision du niveau intermédiaire peut être profondément évaluée avant d'être renforcée afin d'améliorer l'encadrement des ECZS et in fine la qualité des soins au profit de la population.

**MOTS-CLEFS:** Supervision, équipe cadre de zone de santé, division provinciale de la santé, Haut-Uélé, République Démocratique du Congo.

## 1 INTRODUCTION

Depuis 2015, le Haut-Uélé (HU) est devenu une province administrative et sanitaire à la suite de l'éclatement de la province Orientale. Localisée dans la partie Nord-Est de la République démocratique du Congo (RDC), elle compte environ 1.920.667 habitants en 2006 [1] et 13 zones de santé (ZS) dont 8 dans sa partie Ouest et 5 à l'Est. Chacune des ZS est pilotée

par une équipe cadre de zone de santé (ECZS) comprenant au moins le médecin chef de zone de santé, le médecin directeur de l'hôpital de référence de la ZS, l'administrateur gestionnaire de la ZS, l'infirmier directeur des services infirmiers de l'hôpital et l'infirmier superviseur de l'hôpital. La performance de cette équipe détermine un meilleur développement des services de santé et une offre des soins efficaces et équitables à la population. L'évaluation régulière de la performance de l'ECZS s'avère ainsi incontournable [2, 3]. Elle est réalisée au travers les supervisions du niveau hiérarchique immédiat à savoir la division provinciale de la santé (DPS).

La présente étude analyse les supervisions effectuées par des membres de la DPS du HU au niveau des ECZS. La supervision constitue en effet une activité importante de renforcement des capacités et est à la fois une des fonctions de gestion et de leadership ; elle est définie comme un ensemble des mesures visant à s'assurer que le personnel accomplit ses activités avec efficacité et devient plus compétent dans son travail [2, 4]. Tout en facilitant la consolidation des liens entre la DPS et les ECZS, la supervision offre une opportunité de motivation du personnel qui travaille au niveau de la ZS. Lorsqu'elle est efficace, elle permet aux superviseurs d'aider les supervisés à trouver des solutions aux problèmes rencontrés sur terrain [3]. L'étude vise à proposer des principes devant guider la supervision des ECZS, dont la mission principale est le développement des services de santé performants et l'organisation d'une offre des soins de qualité aux populations desservies.

## **2 MÉTHODOLOGIE**

Il s'agit d'une étude descriptive qui analyse 22 supervisions effectuées par des membres de l'équipe de la DPS du HU au cours de la période allant de juillet à décembre 2007 dans 8 ZS. Ces ZS de la partie Ouest de la province sont : Pawa, Wamba, Isiro, Dungu, Rungu, Niangara, Boma-Mangbetu et Doruma. Elles constituaient le district sanitaire du Haut-Uélé Ouest avant l'éclatement de la province Orientale de la RDC et font actuellement partie de la province sanitaire du Haut-Uélé. Elles ont été sélectionnées sur la base de l'existence des données de supervision.

La collecte des données s'est faite au travers d'une revue documentaire et d'une observation participante [5]. Les informations issues des rapports de supervisions effectuées dans les ZS par des membres de la DPS ont été analysées en trois étapes. D'abord, les relations entre le nombre de supervisions réalisées et la distance entre ZS et DPS puis celles entre thèmes de supervision et profil de superviseur impliqué [6] ont été explorées. Ensuite, les observations notées lors des supervisions ont été comparées aux recommandations formulées, pour en dégager la concordance et la pertinence. Enfin la qualité des rapports de supervisions a été vérifiée en tenant compte du contenu et de la forme du rapport [4, 7]. Les résultats de l'étude ont été discutés avec des superviseurs de la DPS pour validation.

## **3 RÉSULTATS**

### **3.1 RELATION ENTRE LA SUPERVISION ET LA DISTANCE ENTRE ZS ET DPS (PERIODE DE JUILLET A DECEMBRE 2007)**

Le tableau 1 montre que la ZS de santé de Doruma (situé à 300 km), la plus éloignée des ZS considérées, n'a pas été supervisée au cours de la période d'étude. Le taux de supervision dans les deux ZS les plus proches de la DPS à savoir la ZS de Pawa (distante de 50 km) et la ZS de Isiro (distante de 0,1 km), est respectivement de 33 % et de 67%, alors qu'il est de 250 % à Wamba (situé à 122 km) et de 150% à Dungu (situé à 210 km), deux ZS plus éloignées.

*Tableau 1. Supervisions effectuées et distance entre les ZS et la DPS*

<b>Zone de santé</b>	<b>Distance entre DPS et ZS (en Km)</b>	<b>Nombre de supervisions prévues</b>	<b>Nombre de supervisions réalisées (%)</b>
Wamba	122	2	5 (250)
Isiro	0,1	6	4(67)
Pawa	50	6	2 (33)
Dungu	210	2	3(150)
Doruma	300	1	0 (0)
Boma Mangbetu	120	1	1(100)
Rungu	70	1	1(100)
Niangara	294	2	2 (100)

### 3.2 RELATION ENTRE THEMES DE SUPERVISION ET PROFIL DU SUPERVISEUR

Les thèmes de supervision présentés dans le tableau 2 couvrent la gestion administrative et financière de l'hôpital général de référence, le fonctionnement des pharmacies implantées dans les ZS, la qualité des soins en milieu hospitalier, l'organisation des soins, la mise en œuvre du plan opérationnel de la ZS, la revitalisation de la ZS et l'organisation du fonctionnement du bureau central de la zone de santé (BCZ) et de l'hôpital général de référence (HGR). Lors de la supervision, plusieurs thématiques n'ont pas été abordées, comme par exemple le développement du système d'information sanitaire, la surveillance épidémiologique, l'intégration des programmes, le partenariat, la planification, la participation communautaire, la perception de la qualité des soins par la population, l'utilisation des services ou la promotion de la santé. Les supervisions du médecin chef de division (MCD) se sont focalisé sur un appui global au renforcement des ZS (28% des supervisions réalisées dans le HU), celles de l'administrateur gestionnaire de la Zone de santé (AG) n'ont ciblé que le renforcement de la gestion administrative et financière dans une ZS visitée à 4 reprises (18% des supervisions), l'assistant pharmacien (AP) s'est penché sur le fonctionnement des pharmacies dans 7 ZS sur les 8 (36 % des supervisions) et celles de l'infirmier superviseur (IS), qui est le superviseur par excellence, ont abordé plusieurs thèmes dont ceux en lien avec la qualité des services et l'organisation des soins (18% des supervisions).

**Tableau 2. Thèmes de supervision et nombre de supervision selon le profil du superviseur**

Profil superviseur		Nombre de supervisions			
		MCD	AG	AP	IS
<b>Thèmes de supervision</b>	Gestion administrative et financière HGR		4		
	Inspection des pharmacies			7	
	Qualité des services				1
	Organisation des soins			1	1
	Mise en œuvre du plan opérationnel	5			1
	Revitalisation de la ZS	1			
	Organisation fonctionnement BCZ et HGR				1
Nombre total de supervision (% des supervisions effectuées)		6 (28)	4(18)	8(36)	4(18)

### 3.3 COMPARAISON ENTRE OBSERVATIONS NOTEES ET RECOMMANDATIONS FORMULEES LORS DE LA SUPERVISION

Les observations notées au cours d'une supervision ont relevé des points forts et des points faibles ayant permis au superviseur de formuler des recommandations. En partant des thèmes exploités lors de la supervision dans les ZS du HU, le tableau 3 présente par thème de supervision, un exemple de point fort, de point faible et de recommandation formulée.

Tableau 3. Concordance entre observations et recommandations

Exemples des observations et recommandations formulées à l'endroit des ECZS lors de leur supervision au cours de la période de l'étude			
Thème	Points forts	Points faibles	Recommandations
Gestion administrative et financière.	Personnel disponible ainsi que quelques outils de gestion; procédures de gestion en place.	La gestion du BCZ et celle de l'HGR est mélangée, ce qui sème la confusion.	Séparer la gestion de l'hôpital de celle du BCZ.
Inspection des pharmacies.	Normes requises pour l'ouverture des pharmacies dans la ZS	La conservation des médicaments ne respecte pas les normes.	Respecter les normes de conservation des médicaments.
Qualité des services.	La présence des infirmiers qualifiés, des incinérateurs, des douches et toilettes.	Les déchets médicaux ne sont pas bien gérés.	Organiser une bonne gestion des déchets médicaux.
Organisation des soins.	L'horaire de travail existe et les gardes de nuit sont bien planifiées pour les médecins et les infirmiers.	Le personnel soignant est insuffisant.	Recruter des infirmiers pour compléter le personnel manquant.
Mise en œuvre du plan opérationnel de la ZS.	86 % des activités prévues au premier trimestre ont été réalisées par l'ECZS.	Faible participation communautaire dans l'organisation des services.	Sensibiliser la population en expliquant les tâches des comités de santé et de développement des aires de santé (CODESA) et en appuyant l'élaboration des plans d'activités des CODESA.
Revitalisation de la zone de santé.	Meilleur suivi de la promptitude et de la complétude des données ainsi que des indicateurs des programmes spécialisés.	Faible exécution des recommandations des superviseurs.	Améliorer le taux d'exécution des recommandations issues des supervisions.
Organisation du fonctionnement de l'ECZS et de l'équipe de gestion de l'HGR.	Existence des organes de coordination et Gestion.	Coordination de l'ECZS non structurée.	Formaliser la procédure de fonctionnement de l'ECZS.

### 3.4 QUALITE DES RAPPORTS DE SUPERVISION

Au cours de l'analyse des rapports de supervision, certaines informations manquent par endroit. C'est notamment la date et la durée de la supervision, les références de l'ordre de mission, la justification des écarts observés entre les normes et la réalité, la description claire et précise de ce qui a été noté, le niveau d'exécution des précédentes recommandations et de nouvelles recommandations par endroit pour certaines failles observées.

## 4 DISCUSSION

L'étude avait comme objectif de proposer des principes devant guider la supervision des ECZS, dont la mission principale est le développement des services de santé et de l'offre des soins de qualité aux populations desservies. Les principales limites de l'étude concernent le nombre insuffisant de supervisions analysées, l'absence de la perception des personnes supervisées souvent suggestive de meilleures stratégies de supervision [8], l'absence des avis des superviseurs et la courte période analysée. Tenant compte de ces limites, les résultats de l'étude suggèrent des principes à prendre en compte pour renforcer la supervision des ECZS (encadré 1). Ces principes sont en lien avec la distance entre la DPS et la ZS, les thèmes abordés lors de la supervision, le profil du superviseur, la formulation des observations et des recommandations et la qualité du rapport de supervision.

**ENCADRÉ 1. PRINCIPES D'ORGANISATION DE LA SUPERVISION DES ECZS, ISSUS DE L'ÉTUDE**

1. La longue distance entre la DPS (superviseurs) et la ZS (supervisés) ne justifie pas à elle seule le faible taux des supervisions dans les ZS éloignées.
2. Les thèmes de supervision sont liés au profil du superviseur et au caractère systémique de la ZS.
3. L'efficacité d'une supervision dépend des aptitudes et de l'attitude du superviseur.
4. La concordance entre les points faibles observés et la formulation des recommandations pertinentes s'impose.
5. Un rapport de supervision bien élaboré constitue un outil de référence capable d'orienter les supervisés dans la planification des actions à mettre en place à l'issue d'une supervision.

**PRINCIPE 1. LA LONGUE DISTANCE ENTRE LA DPS (SUPERVISEURS) ET LA ZS (SUPERVISÉS) NE JUSTIFIE PAS À ELLE SEULE LE FAIBLE TAUX DES SUPERVISIONS DANS LES ZS ÉLOIGNÉES**

La distance entre la DPS et la ZS ne semble pas expliquer à elle seule le faible taux de supervision des ECZS éloignées comme celle de Doruma (300km, 0% de taux de supervision). Les ZS plus proches de la DPS à savoir Isiro (0,1km, 67%) et Pawa (50km, 33 %) n'ont pas été les plus supervisées du DS au cours de la période d'étude, comparativement aux ZS lointaines de Dungu (210 km, 150%) et de Wamba (222 Km, 250%). Il est évident que la disponibilité des moyens de supervision soit au préalable assurée [9] (moyens de déplacement, paiement de primes au superviseur, élaboration et reprographie des canevas de supervisions). Dans le cas du Haut Uélé, des partenaires techniques et financiers ont appuyé des plans de développement des ZS en apportant ces moyens [10]. Le paiement ponctuel de frais de supervision, l'accueil satisfaisant réservé aux supervisés, l'application des recommandations issues des supervisions, la compétence et le niveau de responsabilité des superviseurs, la sécurité et l'état des routes sont des facteurs qui peuvent influencer la régularité des supervisions, y compris dans des ZS plus éloignées.

**PRINCIPE 2. LES THÈMES DE SUPERVISION SONT LIÉS AU PROFIL DU SUPERVISEUR ET AU CARACTÈRE SYSTÉMIQUE DE LA ZS**

Dans la province du HU, les thèmes abordés lors de supervision n'ont pas couverts tous les aspects du fonctionnement des zones de santé. La participation communautaire, la gestion de l'information sanitaire, la surveillance épidémiologique, la gestion des ressources humaines, financières et matérielles ainsi que le circuit de l'approvisionnement en médicaments par les formations sanitaires ont été fort marginalisés. La réalisation d'un simple état des lieux des pharmacies dans les ZS du HU ou le surnombre de supervisions administratives au niveau d'une seule ZS durant six mois consécutifs dénotent de l'absence d'une autoévaluation de la qualité des supervisions au niveau de la DPS. La formation des membres de la DPS sur la supervision (méthodologie, technique et rapportage), démontré dans d'autres études comme un facteur à valeur ajoutée significative aux superviseurs [2], est une perspective à mettre en œuvre dans la province sanitaire du HU. Les superviseurs sont demandeurs d'un recyclage en supervision pour pouvoir s'approprier la technique de supervision et devenir capables d'établir une relation de confiance avec les ECZS supervisées [11]. Cette formation pourrait s'étendre à la planification, base de la résolution des problèmes.

**PRINCIPE 3. L'EFFICACITÉ D'UNE SUPERVISION DÉPEND DES APTITUDES ET DE L'ATTITUDE DU SUPERVISEUR**

Les compétences du superviseur à elles seules ne suffisent pas pour créer une interaction positive avec les supervisés[12], tel qu'observé dans le Haut Uélé. L'attitude joue un rôle important pour faciliter notamment la formulation et l'exécution des recommandations issues de la supervision et pour influencer les supervisés. Dans le Haut-Uélé, l'effet de la supervision sur les ECZS paraît plus significatif lorsque le superviseur est un médecin et notamment le médecin chef de division. Il apparaît alors comme un formateur, un guide face aux supervisés et aborde la supervision dans une perspective formative, jugée plus efficace par Suh et al [13]. L'analyse des rapports des supervisions effectuées dans le Haut Uélé montre également que la formulation des recommandations est généraliste, imprécise à la suite de la faible connaissance des domaines explorés par des superviseurs. On note par exemple pour le thème en lien avec la qualité des services (tableau 3) qu'un des points faibles observés est : « les déchets médicaux ne sont pas bien gérés » et que la recommandation consécutive est : « Organiser une bonne gestion des déchets médicaux ». Un superviseur qualifié dans la gestion des déchets aurait décrit de manière plus précise le point faible observé et aurait recommandé des actions structurées, précises et adaptées au contexte, afin d'améliorer la gestion des déchets médicaux. Partant par exemple de l'observation d'un placenta déposé dans la poubelle d'une salle d'accouchement, le superviseur aurait recommandé son incinération ou son

enfouissement dans une fosse à placenta [14], étant donné des risques d'infection liés à la manipulation des déchets biomédicaux.

**PRINCIPE 4. LA CONCORDANCE ENTRE LES POINTS FAIBLES OBSERVÉS ET LA FORMULATION DES RECOMMANDATIONS PERTINENTES S'IMPOSE**

Au regard de l'analyse de la concordance et de la pertinence des recommandations face aux points à améliorer à l'issue de la supervision dans le Haut Uélé, certaines recommandations ne semblent pas pertinentes (tableau 3). Des observations émises lors de la supervision ne touchent pas toujours les problèmes réels rencontrés et passent à côté de certaines plaintes des membres de l'ECZS et des révélations de l'analyse des données du système d'information sanitaire dont aucune supervision n'a tenue compte durant la période évaluée. Ces problèmes malheureusement perdurent, faute d'un appui à leur résolution par le niveau supérieur, mal informé. C'est le cas notamment de la problématique de l'approvisionnement en médicaments dans les établissements des soins ou formations sanitaires (FOSA), des infections postopératoires dans les HGR, de la qualité des laboratoires, de l'accessibilité aux soins par la population, de la tarification des soins et des médicaments dans les FOSA, de la promotion de la santé, du renforcement de la participation communautaire, de la prise en charge du paludisme et du VIH, de l'utilisation des outils de gestion dans les FOSA, de l'évaluation du personnel, de l'intégration des programmes verticaux, etc. Aucun de ces aspects, observés par le chercheur sur terrain, n'a été abordé lors des supervisions effectuées entre juillet et Décembre 2007.

Le profil des superviseurs est ainsi mis en cause et devrait être redéfini par rapport aux thèmes de la supervision. Une période d'orientation voire de stage, sous l'encadrement d'un membre de l'équipe de la DPS plus expérimenté en supervision, permettrait à chaque nouveau superviseur d'être efficace. Celui-ci pourra alors évaluer objectivement la performance des ECZS et formuler des recommandations pertinentes à partir de la perception de ses supervisés sur des observations dégagées lors de la supervision [15]. Aussi, une méthodologie de supervision [15-17] devra être définie en fonction du contexte et de chaque ECZS.

Les recommandations formulées à l'issue de la supervision n'ont pas été toujours à même de corriger les failles observées, elles rencontrent parfois de la résistance lors de leur application, comme ailleurs en Afrique [18]. Des stratégies correctrices devraient être proposées par la DPS, afin de mieux encadrer le développement des ZS et des soins de santé primaires [19]. Toutes les faiblesses notées lors des supervisions des FOSA, y compris la faible participation communautaire [20], devraient en principe alimenter les termes de référence des différentes commissions thématiques au niveau de la DPS et faire l'objet d'analyse approfondie au cours des séances de travail de ces commissions thématiques [19]. Des modules de formations, des notes de services, des fiches techniques et d'autres outils pourraient être produits par la DPS pour orienter le travail des équipes œuvrant dans les FOSA, à tous égards, renforçant ainsi le rôle des FOSA se traduisant par l'amélioration les indicateurs sanitaires classiques de la performance. Certains rapports de supervision font allusion aux précédentes recommandations ; leur évaluation pourrait être systématique lors d'une supervision.

**PRINCIPE 5. UN RAPPORT DE SUPERVISION BIEN ÉLABORÉ CONSTITUE UN OUTIL DE RÉFÉRENCE QUI ORIENTE LES SUPERVISÉS DANS LA PLANIFICATION DES ACTIONS À METTRE EN PLACE À L'ISSUE D'UNE SUPERVISION**

La qualité des rapports de supervision mérite d'être améliorée. Il apparaît qu'aucune harmonisation n'a été faite au sein de l'équipe de la DPS pour le format d'un rapport de supervision et notamment du type d'informations à y insérer. Un rapport de supervision pourrait contenir au minimum : le nom et la fonction du superviseur ; la date, la durée et le thème de la supervision ; les références de l'ordre de mission ; l'évaluation des précédentes recommandations ; les principales observations (points forts et faibles) et les commentaires par rapport aux écarts entre la situation observée et la situation souhaitée ; les explications de ces écarts et les recommandations formulées. Comme tout rapport, il pourrait contenir selon le cas, la page de garde, le résumé, l'introduction, la méthodologie, les résultats de la supervision correspondant aux observations faites et les recommandations [4, 7].

## **5 CONCLUSION**

Le mérite de la présente étude est de révéler, à partir de l'expérience de la DPS du Haut Uélé, que la supervision du niveau intermédiaire pourrait être profondément évaluée avant d'être renforcée afin d'améliorer l'encadrement des ECZS et *in fine* la qualité des soins au profit de la population. Les principales lacunes de la supervision des ECZS dans le Haut Uélé portent sur la fréquence inéquitable de la supervision des ECZS, le profil inadéquat de certains superviseurs par rapport aux thèmes de supervision, l'absence d'une exploration systémique des domaines d'activités de la ZS, l'identification peu précise des forces et des faiblesses des équipes supervisées, la formulation incompréhensible et imprécise de certaines observations

et recommandations et la faible qualité du rapport de supervision, considéré comme un outil de référence pour les supervisés. Une formation en méthodologie et en technique des superviseurs constitue la première étape du renforcement de la supervision des ECZS.

## REFERENCES

- [1] Kyalangilwa, J.M., et al., *Nouvelles entités provinciales*.
- [2] Katz, F.M. and R. Snow, *Assessing health workers' performance: a manual for training and supervision*. 1980: WHO, Geneva, Switzerland.
- [3] Bosch-Capblanch, X. and P. Garner, *Primary health care supervision in developing countries*. Tropical medicine & international health, 2008. **13**(3): p. 369-383.
- [4] Piot, M., et al., *La supervision des personnels de santé au niveau du district*. 1988.
- [5] Bastien, S., *Observation participante ou participation observante? Usages et justifications de la notion de participation observante en sciences sociales*. Recherches qualitatives, 2007. **27**(1): p. 127-140.
- [6] Parent, F., et al., *Utilisation originale de l'approche par compétences en supervision formative en Afrique subsaharienne*. Pédagogie médicale, 2007. **8**(3): p. 156-176.
- [7] Kleemann-Rochas, C., et al., *Comment rédiger un rapport, un mémoire, un projet de recherche, une activité de recherche en cours*. 2003, Florence, Centre de langues de l'Institut universitaire européen.
- [8] Uys, L., et al., *The perceptions of nurses in a district health system in KwaZulu-Natal of their supervision, self-esteem and job satisfaction*. Curationis, 2004. **27**(2): p. 50-56.
- [9] Rohde, J., *Supportive supervision to improve integrated primary health care*. 2006.
- [10] Karemere Bimana, H., *Gouvernance hospitalière adaptative en contexte changeant: étude des hôpitaux de Bunia, Logo et Katana en République démocratique du Congo*. 2013, UCL.
- [11] Daveloose, P. *L'organisation de la zone rurale de santé de Kasongo, Zaïre*. in *Annales de la Société Belge de Médecine Tropicale*. 1979.
- [12] Karemere, H., *Analyse des attitudes et comportements des médecins et infirmiers en tant que levier stratégique de la gestion des ressources hospitalières*. Pan African Medical Journal, 2015. **21**(193).
- [13] Suh, S., P. Moreira, and M. Ly, *Improving quality of reproductive health care in Senegal through formative supervision: results from four districts*. Human resources for health, 2007. **5**(1): p. 1-12.
- [14] Faye, M.M. and I.G. Sanitaire-Consultant, *Plan de gestion des déchets biomédicaux*. Rapport final, Banque Mondiale, 2003.
- [15] Bradley, S., et al., *District health managers' perceptions of supervision in Malawi and Tanzania*. Hum Resour Health, 2013. **11**(1): p. 43.
- [16] Frimpong, J.A., et al., *Does supervision improve health worker productivity? Evidence from the Upper East Region of Ghana*. Tropical Medicine & International Health, 2011. **16**(10): p. 1225-1233.
- [17] Uys, L.R., et al., *The effect of two models of supervision on selected outcomes*. Journal of Nursing Scholarship, 2005. **37**(3): p. 282-288.
- [18] Comolet, T.M., R.A. Rakotomalala, and D. Rasolomahefa, *Évaluation d'un programme de supervision des centres de santé au niveau du district à Madagascar*. Cahiers d'études et de recherches francophones/Santé, 1997. **7**(2): p. 103-108.
- [19] Kahindo, M., et al., *Gouvernance et soutien provincial au district de sante en RD-Congo*. Medecine tropicale: revue du Corps de sante colonial, 2011. **71**(2): p. 147-51.
- [20] Munyanshongore, C., P.M. Kyamusugulwa, and V.W. Katambwe, *Participation communautaire à la santé dans la zone de santé urbaine de Bukavu (République démocratique du Congo)*. Cahiers d'études et de recherches francophones/Santé, 2005. **15**(4): p. 235-240.

## Analyse du processus de savanisation du nord de la Côte d'Ivoire par télédétection: Cas du département de Ferkessédougou

### [ Analysis of the savannization process by remote sensing method of northern Côte d'Ivoire: Case study of Ferkessedougou County ]

Lereyaha COULIBALY<sup>1</sup>, Kouakou Hervé KOUASSI<sup>2</sup>, Gneneyougo Emile SORO<sup>1</sup>, and Issiaka SAVANE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire Géosciences et Environnement-UFR SGE-Université Nangui Abrogoua,  
02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>UFR SGE-Université Jean Lorougnon Guédé, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

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

**ABSTRACT:** Vegetation cover degradation is accelerating in Ferkessédougou county. Thus, the objective of this study is to assess changes in land use between 1986 and 2006. The methodology is based on an analysis of satellite images landsat TM (1986) and Landsat ETM + (2006). This has shown that the landscape matrix, initially (1986) woodlands (about 57.18% of the landscape), has deteriorated in favour of savannah (expanding at about 25.21% of the woodlands), fallow and crops. The study particularly showed the savannization of Ferkessédougou county with an evolution of +0.72% of the savannah area between 1986 and 2006. Also the increase of crops and habitats was found. So there is generally a slip of natural areas to the entropic areas, largely due to the increasing of human pressure.

**KEYWORDS:** land use, savannization, satellite image, entropic areas, Ferkessédougou.

**RÉSUMÉ:** La dégradation du couvert végétal connaît une accélération dans le département de Ferkessédougou. L'objectif de cette étude est d'évaluer les changements de l'occupation du sol entre 1986 et 2006. La méthodologie est basée sur une analyse des images satellites landsat TM(1986) et landsat ETM+(2006). Elle a permis de montrer que La matrice du paysage, initialement constituée par les forêts claires (57,18% du paysage), s'est dégradée au profit des savanes (qui ont conquis 25,21 % des forêts claires), des jachères et cultures. L'étude a surtout montré la savanisation du département de Ferkessédougou avec un taux d'évolution de +0,72 de la classe savane entre 1986 et 2006. Aussi, l'augmentation des cultures et habitats a été constatée. Il y a donc globalement un glissement des zones naturelles vers les zones anthropisées dû en grande partie à l'augmentation de la pression humaine.

**MOTS-CLEFS:** occupation du sol, savanisation, image satellite, zones anthropisées, Ferkessédougou.

## 1 INTRODUCTION

La sévère sécheresse qui a marquée l'Afrique de l'Ouest et Centrale pendant les décennies 70-80 et 80-90 a considérablement affecté de façon négative le cycle hydrologique, l'environnement et les activités socio-économiques [1]. Aussi, les ressources naturelles subissent des pressions anthropiques croissantes qui entraînent des dysfonctionnements des écosystèmes terrestres et des pertes de la biodiversité [2].

La Côte d'Ivoire connaît depuis les années 1960 un net recul des surfaces forestières au profit des espaces cultivés, essentiellement à des fins commerciales, par l'implantation de parcelles de café ou de cacao. Les superficies forestières sont passées de 8 à 2 millions d'hectares entre 1960 et 2000 [3]. Au cours de ces dernières décennies, la dégradation du couvert végétal s'est largement intensifiée et constitue l'un des premiers facteurs de la régression de la superficie des aires protégées dans les pays ouest-africains [4]. En Côte d'Ivoire, l'économie repose en grande partie sur l'agriculture et l'élevage et occupe près de 80% de la population [5]. Par contre, de par sa position géographique, elle a ressenti fortement les effets de la sécheresse au niveau agricole, sur le plan économique et sur le plan social surtout dans la partie Nord du pays. Cette zone qui est à la porte des régions arides et semi-arides est la plus touchée par le phénomène de la variabilité climatique. Dans les années 1970, une politique de développement et de rééquilibrage économique du Nord de la Côte d'Ivoire a été entreprise. Après la révolution agricole « cotonnière », a succédé dans le Nord une deuxième révolution que l'on peut qualifier d'agro-pastorale. Cette région Nord, traditionnellement pastorale, puis cotonnière, devient de plus en plus productrice de produits maraîchers depuis la construction des retenues d'eau [6]. Le Nord du pays est donc une zone favorable aux activités agro-pastorales. Cependant, les populations du département sont vulnérables à la baisse de la production agricole à cause du déplacement des saisons culturales, des pénuries d'eau, et de la disparition des forêts claires. Face à cette situation, il est donc indispensable de mettre en place une politique de recherche qui aborde l'impact du phénomène de savanisation sur les ressources naturelles et sur les activités de la population. L'objectif de cette étude est de ressortir les causes et les effets de la savanisation afin de mettre en place un outil d'aide à la décision pour ce département.

## 2 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Le département de Ferkessédougou d'une superficie totale d'environ 3220 Km<sup>2</sup> (fig. 1) se situe entre les latitudes 9°20' et 10° Nord et les longitudes 4°50' et 5°40' Ouest. Il fait partie de la région du Tchologo (région du district administratif des Savanes) située au Nord de la Côte d'Ivoire. Elle est limitée au Nord par le Mali, le Burkina Faso et la ville de Ouangolodougou, au Sud par Katiola, à l'Est par Bouna et à l'ouest par Korhogo. Selon le dernier recensement (2014) de la population et de l'habitat le département de Ferkessédougou compte 143 263 habitants soit une densité de 29,36 habitants au km<sup>2</sup>.

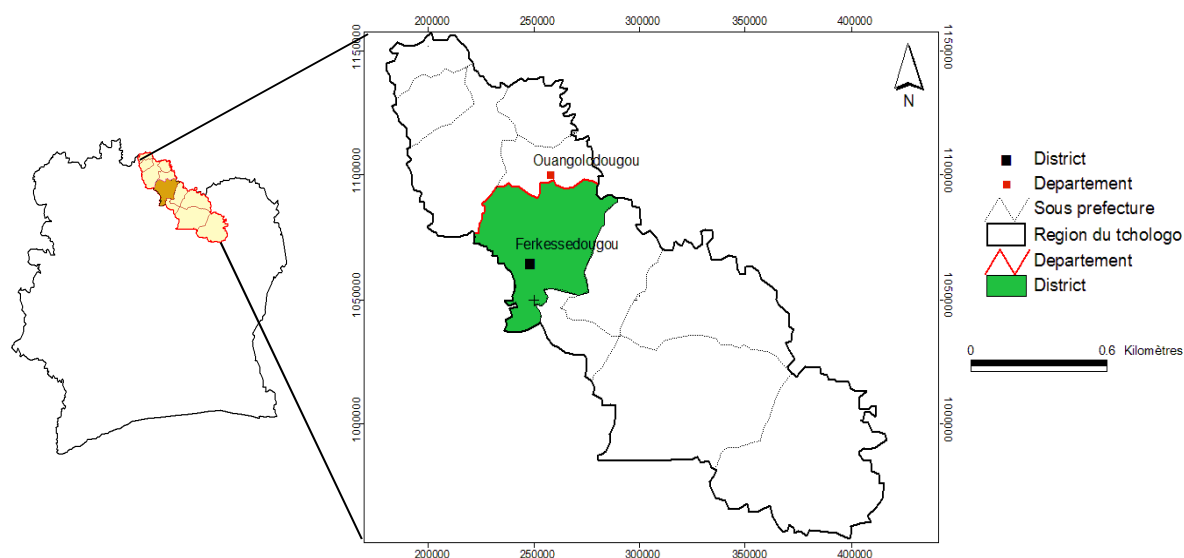


Figure 1 : Présentation de la zone d'étude

Le réseau hydrographique principal du département de Ferkessédougou est constitué par les fleuves Comoé à l'extrême Est et Bandama à l'Ouest. Seule la frange orientale est drainée par les affluents de la Volta Noire, rivière frontalière entre la Côte d'Ivoire et le Ghana. Le département de Ferkessédougou appartient à la région géophysique des « plateaux du nord », vaste pénéplaine d'une altitude moyenne de 300 mètres. Cet ensemble de plateaux aplanis et mollement ondulés est localement dominé par quelques collines et barres de roches granitiques d'orientation nord-sud dont l'altitude est comprise entre 500 et 600 m. Ce département est caractérisé par la présence de plaines dont les altitudes s'élèvent imperceptiblement dans un paysage sans ligne directrice. Les principaux accidents de terrain proviennent des reliefs qui surmontent par endroits

ces plates-formes avec une succession de petites collines. Dans cette région nord de la Côte d'Ivoire, on trouve des sols ferrallitiques (ferrisols). Le climat du Département est celui de la savane sèche qui concerne principalement l'ancienne région des savanes. Les amplitudes thermiques quotidiennes et annuelles y sont relativement importantes, de l'ordre de 20°C, le taux d'humidité, inférieur à celui du sud du pays, varie de 40% à 50%. La zone considérée est caractérisée par la présence intermittente, entre les mois de décembre et février, d'un vent frais et sec : l'harmattan. On y relève deux saisons : l'une sèche, de novembre à juin, ponctuée par quelques pluies au mois d'avril, et l'autre pluvieuse, couvrant la période de juillet à octobre (fig. 2).

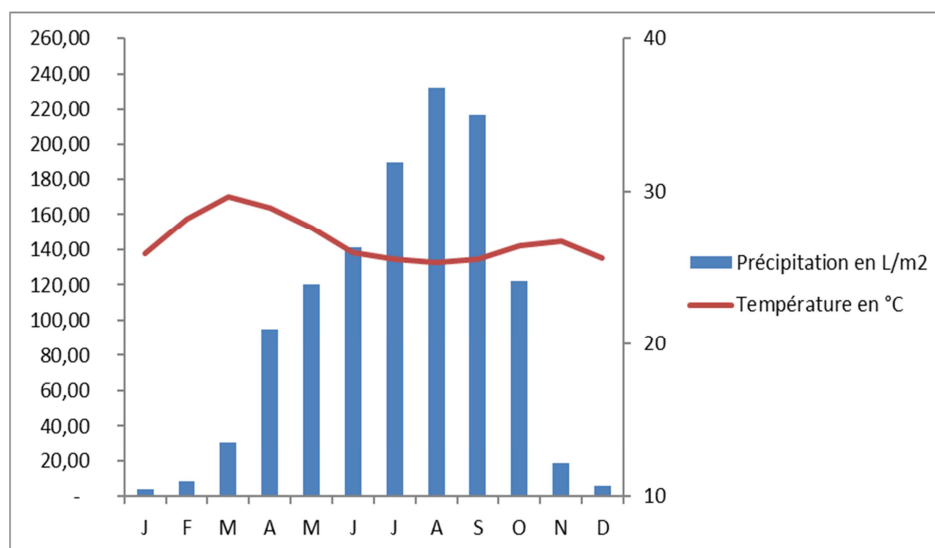


Figure 2 : Diagramme ombrothermique du département de Ferkessédougou

### 3 DONNEES ET METHODES

#### 3.1 DONNÉES

Les données utilisées pour mettre en œuvre la présente étude se composent d'images satellitaires, de données cartographiques et de données de terrain. Les images satellitaires utilisées sont des images optiques de haute résolution des capteurs TM (Thematic Mapper) et ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) de LANDSAT. Ces images, de la scène 197-053, sont fournies gratuitement par le site américain: <http://glcfapp.umiacs.emd.edu:8080/esdi>. Les images satellitaires se composent de deux scènes multi-dates (TM 1986 et ETM+ 2006). Les deux dates 16 Novembre 1986 et 15 Novembre 2006 se justifient également par l'intervalle de temps qui les sépare (20 années) permettant de bien apprécier les évolutions des unités paysagères. Selon [7] et [8] plus la résolution temporelle est grande et plus la perception temporelle du changement est précise. La bonne résolution spatiale donne une meilleure souplesse dans le choix des échelles de sortie.

Les données cartographiques sont composées de la carte topographique de la feuille du degré carré de Korhogo et de Kong au 1/50 000, publiée par l'Institut Géographique National-Paris en 1966 et d'une carte administrative de la Côte d'Ivoire à l'échelle 1/1000 000 (nouveau découpage du décret n° 2011-263 du 28 septembre 2011). Les données de terrain, collectées sont saisies dans un logiciel tableur et organisées en bases de données. Lors des missions de terrain, la localisation des unités paysagères, les voiries et les habitats est réalisée au moyen d'un GPS (Global Positioning System) de type Garmin Etrex Vista Hcx. Les prises de vues ont été faites par un appareil photo numérique.

#### 3.2 MÉTHODES

La méthodologie consiste à faire une analyse de l'occupation du sol à partir de données de télédétection et des travaux de terrain. Le pré-traitement des images Landsat TM et ETM+ de 1986 de 2006 a consisté à effectuer une succession d'opérations indispensables qui précèdent l'analyse principale et l'extraction des informations. Il s'agit des corrections géométriques des images et de l'amélioration de leur qualité par l'application de filtres. Ensuite, La composition colorée des bandes 4, 5 et 7 des données TM et ETM+ est réalisée pour faciliter l'identification et la différenciation des types

d'occupation du sol. Les données collectées sur le terrain ont permis de comprendre la signature spectrale des différents types d'occupation du sol.

La classification supervisée par maximum de vraisemblance a été appliquée pour classifier les images. Cet algorithme est très utilisé dans les classifications supervisées et est considéré comme le plus performant des algorithmes dans la production des cartes thématiques dans le domaine de l'occupation du sol [9], [10] et [11].

La validation des classifications a été réalisée à l'aide d'outils statistiques que sont la matrice de confusion et l'indice Kappa. Selon [12], l'indice Kappa s'étend de 0 à 1 et se divise en cinq catégories : accord très faible de 0 à 0,20 ; accord faible de 0,21 à 0,40 ; accord modéré de 0,41 à 0,60 ; accord substantiel de 0,61 à 0,80 ; accord presque parfait de 0,81 à 1. Par ailleurs, une mission d'une semaine a été organisée sur le terrain. La zone d'étude a été parcourue et une description de celle-ci a été faite sur la base des parcelles sélectionnées.

Le taux d'évolution des classes d'occupation du sol a été utilisé pour exprimer la variation de l'occupation du sol entre 1986 et 2006. Il est calculé à partir des statistiques de l'occupation du sol par la relation suivante :

$$T = \frac{(V_1 - V_0)}{V_0}$$

$V_0$ : proportion des classes d'occupation du sol en 1986;  $V_1$ : proportion des classes d'occupation du sol 2006.

## 4 RÉSULTATS

### 4.1 EVALUATION DE LA PRECISION DES CLASSIFICATIONS

Les tableaux 1 et 2 représentant les matrices de confusions des traitements indiquent que les précisions globales de classification sont respectivement de 78,02% et de 90,74% pour les images de 1986 et de 2006. Ces tableaux affichent dans la diagonale le pourcentage de pixels bien classés et hors diagonale le pourcentage de pixels mal classés. Ces derniers résultent en général des confusions spectrales entre les différentes classes. Ainsi, dans le tableau 2, on observe une forte confusion spectrale entre les classes forêt et culture (31,27 %). Les autres classes de ce tableau sont en général bien discriminés.

Au niveau du tableau 2, les classes sont en général bien discriminées. Par ailleurs, dans les deux tableaux, les meilleurs taux de précision cartographique sont les classes cultures (100%), Sol nu-Habitat (97,44% à 99,19%), Eau (97% à 98,62%) et Savane (90,37% à 97%).

**Tableau 1. Matrice de confusion de la classification de l'image Landsat TM de 1986 (Kappa Coefficient = 0,781)**

Classe	Forêt	Savane	Eau	Habitat/Sol nu	Culture
Forêt	68,26	0,74	1,38	0	0,83
Savane	0	90,37	0	1,97	0
Eau	0	0	98,62	0	0
Habitat/Sol nu	0	0	0	97,44	0
Culture	31,27	0	0	0,58	100
Total	100	100	100	100	100

Tableau 2. Matrice de confusion de la classification de l'image Landsat ETM+ de 2006 (Kappa Coefficient = 0,907)

Classe	Forêt	Savane	Eau	Habitat/Sol nu	Culture
Forêt	99.37	0	3	0	1,90
Savane	0	100	0	0.81	0
Eau	0	0	97	0	0
Habitat/Sol nu	0	0	0	99.19	0
Culture	0.63	0	0	0	100
Total	100	100	100	100	100

#### 4.2 ANALYSE DE L'OCCUPATION DU SOL DE 1986 A 2006

Les cartes de l'occupation du sol issues de la classification supervisée (fig. 4) mettent en évidence les forêts, les savanes, les plans d'eau, les habitats et sols nus et les cultures. L'analyse des cartes montre l'évolution des classes d'occupation du sol entre les deux dates d'observation (16 Novembre 1986 et 15 Novembre 2006). Cette classification, effectuée avec une précision globale de plus de 90%, a permis l'étude de la dynamique entre 1986 et 2006. Les thèmes sont bien discriminés par la méthode de classification utilisée (maximum de vraisemblance).

Les modifications spatio-temporelles qui ont lieu au cours de ces vingt années s'observent clairement. Le fait notable est la disparition de la forêt au profit de la savane, des cultures et des sols nus ou habitat. Ces modifications s'apprécient quantitativement par les superficies et les taux d'expansion spatiale moyens annuels de chaque classe d'occupation du sol (tableau 3).

Le pourcentage des retenues d'eau est passé de 1,20% en 1986 (saison sèche) à 0,58 % en 2006 (saison sèche) soit une réduction de 0,52 %. La classe habitats enregistre une augmentation de 1,66 % passant ainsi de 2,09 % en 1986 à 5,56 % en 2006. Les cultures passent respectivement de 4,65 % à 9,69 % entre 1986 et 2006. Le taux d'évolution est de +1,08 pour les cultures. Quant à la savane, son taux d'occupation est passé de 34,88 % en 1986 à 60,09 % en 2006 (presque le double de la superficie initiale (1986)), ce qui correspond à un taux d'évolution de +0,72. Les forêts enregistrent une baisse très importante car en 1986 elles représentaient 57,2% du territoire et en 2006 elles ne représentent que 24,08%.

De façon générale, on constate que les taux d'occupation des classes habitats ou sols nus, cultures et savane ont augmenté entre 1986 et 2006 (pendant les saisons sèches des deux dates). Cette augmentation s'est opérée principalement au détriment des plans d'eau et des forêts.

La visite de terrain a permis de constater la destruction de la forêt pour l'obtention du bois de chauffe et du charbon (fig.4c) et aussi l'assèchement de certains barrages (fig.4b). Elle a, par ailleurs, permis d'observer l'évolution des surfaces agricoles entraînant une avancée des zones savaniques (fig.4d).

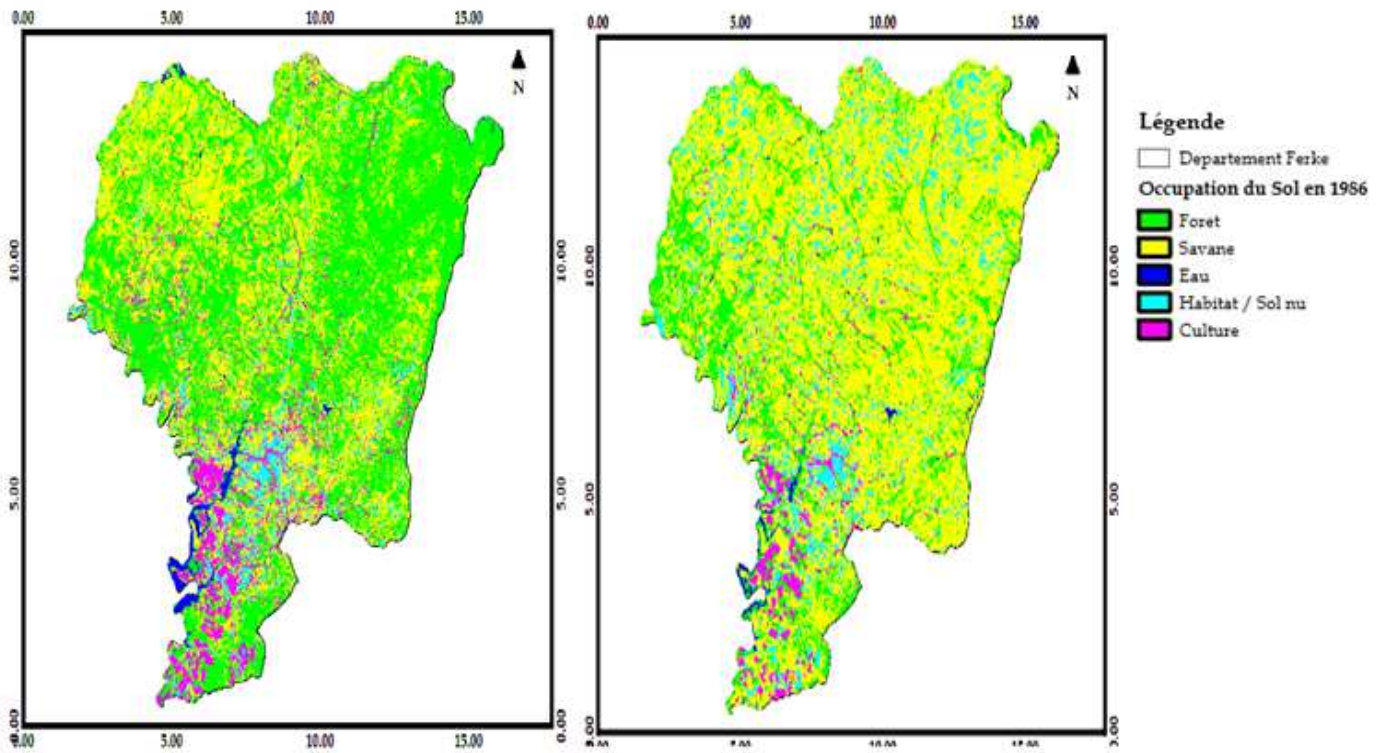
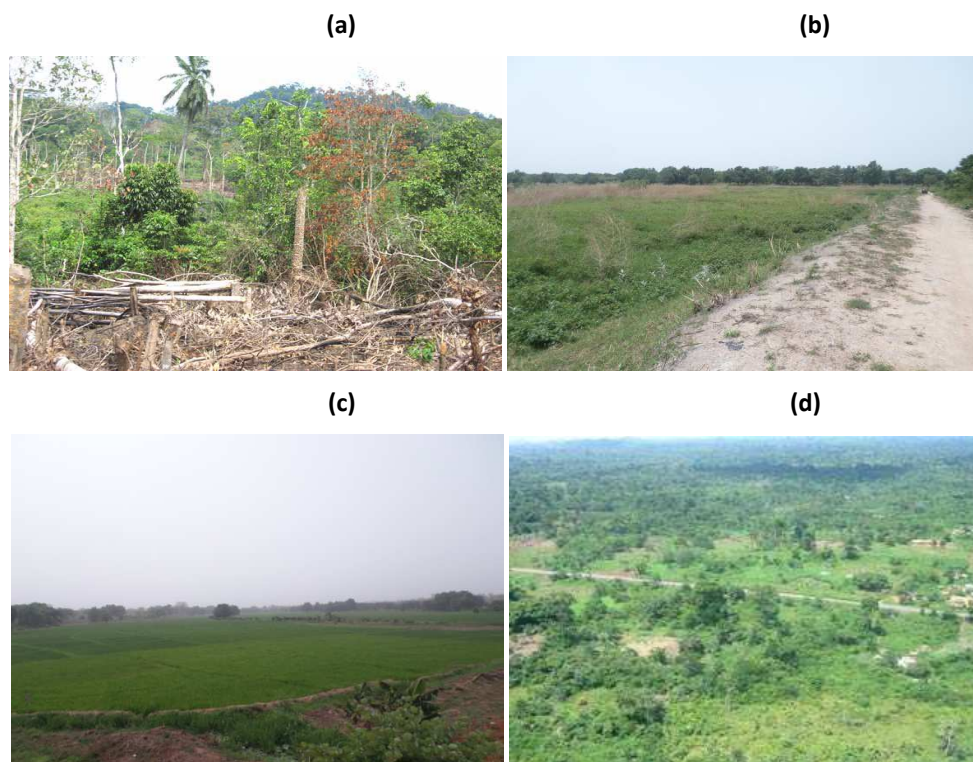


Figure 3 : carte d'occupation du sol du département de Ferkessédougou en 1986 et 2006

Tableau 3. Taux d'évolution de l'occupation du sol entre 1986 et 2006

Classe	1986	2006	Taux d'évolution
FORET	57.18	24.08	-0.58
SAVANE	34.88	60.09	+0.72
EAU	1.20	0.58	-0.52
HABITAT/SOL NU	2.09	5.56	+1.66
CULTURE	4.65	9.69	+1.08



**Figure 4 :** (a) Zone de cultures de riz à Dekokaha (b) petit barrage asséché à proximité du lycée professionnel de Ferkessédougou (c) Exploitation abusive de bois (d) savane .

## 5 DISCUSSION

L'exploitation des images satellitaires et des données issues des campagnes de terrain a permis de dégager la tendance générale de la dynamique de l'occupation des sols. Cette tendance révèle l'augmentation de la savane, des cultures et des sols nus ou habitats entre 1986 et 2006. Cette augmentation s'est opérée principalement au détriment des forêts. Les forêts disparaissent à un rythme rapide (diminution de 58% entre 1986 et 2006). L'augmentation très importante de la savane et des surfaces des zones nues et habitats est due à la combinaison de plusieurs facteurs. L'un des facteurs importants est la démographie galopante. En effet, la densité de la population est passée de 5,9 Hbt/km<sup>2</sup> en 1975 à 18,4 Hbt/km<sup>2</sup> en 2006 et 29,4 Hbt/km<sup>2</sup> en 2014. A cela, s'ajoute le flux migratoire des populations des pays voisins à la recherche de terres fertiles. Cette population essentiellement agricole est le moteur de la conversion des forêts en savane et en zone de cultures. Aussi, de plus en plus, du fait de la raréfaction des terres fertiles les temps de jachère sont considérablement réduits. Selon le recensement national des agriculteurs de 2001, la superficie d'assolement du département était de 180 814 ha. Ce résultat est conforme à ceux obtenus par [13] dans une étude de la dynamique de l'occupation du sol dans la même région. Son étude avait révélé que les cultures ont fortement progressé (de 40 à 50%) entre 1986 et 1994. De vastes superficies autour des centres urbains ne comportant plus que des sols cultivés sont apparues.

D'autres facteurs tels que la fabrication du charbon de bois et du bois de chauffe et les déboisements favorisent la savanisation du département de Ferkessédougou. Plusieurs auteurs dont [14] ont montré que l'exploitation abusive de bois est un facteur déterminant de la régression des espèces végétales ligneuses et donc des modifications dans l'occupation du sol. Aussi, du fait de la crise militaro-politique qu'a connue le pays, cette exploitation (bois de chauffe et fabrication du charbon) au nord du pays n'était plus contrôlée (inexistence de l'administration de tutelle). La réduction de la superficie des plans d'eau qui est passée de 1,20% en 1986(16 Novembre) à 0,58 % en 2006(15 Novembre) est due à la baisse de la pluviométrie. Cette baisse est aussi due à l'ensablement et à l'eutrophisation de certains petits barrages de la zone d'étude (fig. 3b).

## 6 CONCLUSION

Au terme de cette étude basée sur l'utilisation d'images satellitaires, nous observons une généralisation de la savanisation du département de Ferkessédougou. Entre 1986 et 2006, la savanisation du département évolue à un rythme rapide. Les sols nus et les zones de cultures ont évolué et se sont accrus. Les champs se sont transformés en zones nues. La situation observée sur l'image de 2006 prise comme récente pour l'étude montre que l'évolution du couvert végétal est très accentuée, une forte érosion et une destruction massive des forêts se transformant en savane herbeuse. La matrice des changements générée par le croisement des cartes d'occupation du sol de 1986 et de 2006 montre une évolution au niveau des différentes unités d'occupation du sol. Globalement, la matrice de confusion obtenue par le croisement des cartes d'occupation du sol montre un coefficient global satisfaisant de l'ordre de 88%. Cela traduit une bonne conformité ou représentativité entre les informations traitées sur les images satellitaires et la réalité-terrain.

## RÉFÉRENCES

- [1] B. T. A. Goula, I. Savané, V. Fadika, B. Konan, and G. B. Kouadio, "Impact de la variabilité climatique sur les ressources hydriques des bassins du N'Zo et N'Zi en Côte d'Ivoire (Afrique Tropicale Humide)," *VertigO*, vol. 7, no. 1, pp. 1–12, 2006.
- [2] P. Roche, "Dynamique de la biodiversité et action de l'homme," Rapport ENV-SRAE – 94233, Paris, France, 6p, 1998.
- [3] O. Johan, "Dynamique des formations agroforestières en Côte d'Ivoire (des années 1980 aux années 2000) Suivi par télédétection et développement d'une approche cartographique," Thèse de Doctorat de Géographie, Lille, France, 304p, 2005.
- [4] FAO (Food and agriculture organization), "Evaluation des ressources forestières mondiales 2010: Rapport principal," 348p, 2010.
- [5] I. Bamba, A. Mama, D. F. R. Neuba, K. J. Koffi, D. Traoré, M. Visser, B. Sinsin, J. Lejoly, and J. Bogaert, "Influence des actions anthropiques sur la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la province du Bas-Congo (RD Congo)," *Sci. Nat.*, vol. 5, pp. 49–60, 2008.
- [6] T. Le Guen, "Le développement agricole et pastoral du Nord de la Côte-d'Ivoire : problèmes de coexistence," *Les Cahiers d'Outre-mer*, 226-227, pp. 259-288, 2004.
- [7] M. Robin, *Télédétection, Des satellites au SIG. Une analyse complète du processus de création d'un type essentiel d'information géographique*. 2e édition, Paris, France, Nathan Université, 318p., 2002.
- [8] M. A. Sarr, "Variabilité pluviométrique en Afrique de l'ouest : Dynamique des espaces végétaux à partir d'images satellites. Exemple du Bassin versant du Ferlo (Sénégal)," in *Journée climatologique, – Nantes, 13-14 mars*, pp. 57-76, 2008.
- [9] F. Bonn and G. Rochon, *Précis de télédétection, principe et méthode*, Volume 1. Presse Univ. du Québec, AUPELF-UREF, 485p., 1992.
- [10] D. H. N'Da, "Etude et suivi par télédétection et système d'information géographique d'une aire protégée soumise aux pressions," Thèse de Doctorat unique. Univ. Cocody-Abidjan, 174p., 2007.
- [11] Y. C. Sangne, "Dynamique du couvert forestier d'une aire protégée soumise aux pressions anthropique : cas de la forêt classée de Téné dans le département d'Oumé (Centre-ouest de la Côte d'Ivoire)," Thèse Unique. Université de Cocody. Abidjan (Côte d'Ivoire), 220p., 2009.
- [12] S. Chalifoux, M. Nastev, C. Lamontagne, and R. Latifovic, "Cartographie de l'occupation et de l'utilisation du sol par imagerie satellitaire Landsat en hydrogéologie," *Télédétection*, vol. 6, no. 1, pp. 9–17, 2006.
- [13] P. Cecchi, F. Gourdin, S. Koné, D. Corbin, J. Etienne, and A. Casenave, "Les petits barrages du nord de la Côte d'Ivoire : inventaire et potentialités hydrologiques," *Sécheresse*, vol. 20, pp. 112–122, 2009.
- [14] E. N'Guessan, N. H. Dibi, M.-F. Bellan, and F. Blasco, "Pression anthropique sur une réserve forestière en Côte d'Ivoire : Apport de la télédétection," *Télédétection*, vol. 5, no. 4, pp. 307–323, 2006.

## Détermination de la concentration en ABVT dans les poissons, crevettes et crabes prélevés dans certaines zones de pêche des lacs Ahémé et Nokoué et de la lagune de Porto-Novo

### [ Determination of the concentration in ABVT in fishes, shrimps and crabs appropriated in some fishing grounds of the Ahémés lakes and Nokoués and of the lagoon of Porto-Novo ]

*Innocent BOKOSSA YAOU<sup>1</sup>, Pivot SACHI<sup>1</sup>, Jultesse S. B. BANON<sup>1</sup>, Nadège ADIGUN<sup>1</sup>, Célestin C. K. TCHEKESSI<sup>1</sup>, BA Rafiatou<sup>1</sup>, Anayce DJOGBE<sup>1</sup>, Justin GANDEHO<sup>1</sup>, Isac S. R. SENI<sup>1</sup>, and Yessoufou ALAMON<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Laboratoire de Microbiologie et des Technologies Alimentaires (LA.MI.T.A), Département de Biologie Végétale de la Faculté des Sciences et Techniques (FAST), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Bénin

<sup>2</sup>Direction de la Promotion de la Qualité et du Conditionnement des produits agricoles (DPQC) Cotonou, Bénin

---

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

**ABSTRACT:** The products of fishing (fish, shrimp and crab) represent close to 31% of the national consumption of animal proteins to Benin. However, they are highly perishable commodities. The different methods and techniques used for their conservation by the actors of the fishing don't permit to get products of good quality. The change of these products entails the reduction of their values commercial and nourishing. Some chemical parameters of which the Total Volatile Basic nitrogen (ABVT), permit to show the degree of change of these products. The present survey aims the determination of the concentration then in ABVT of the fishing products as fishes, the shrimps and the crabs appropriated at the fishers and the dealers of the Ahémé and Nokoué lakes and of the lagoon of Porto-Novo. It is evident from the analyses that the middle concentrations in ABVT in the samples of fishes appropriated are compliant to the norm but those recorded to the level of the dealers are superior to those gotten among the fishers. It is some in the same way for the samples of crabs. As for the samples of shrimps, the values gotten among the fishers are compliant to the norm but those of the dealers are extensively above the norm. It testifies the bad conservation of these products to the different actor level notably the dealers.

**KEYWORDS:** Fish, shrimp, crab, conservation, ABVT.

**RESUME:** Les produits de pêche (poissons, crevettes et crabes) représentent près de 31% de la consommation nationale de protéines animales au Bénin. Cependant, ils sont des denrées hautement périssables. Les différentes méthodes et techniques utilisées pour leur conservation par les acteurs de la pêche ne permettent pas d'obtenir des produits de bonne qualité. L'altération de ces produits entraîne la diminution de leurs valeurs commerciale et nutritive. Certains paramètres chimiques dont l'Azote Basique Volatile Total (ABVT), permettent de montrer le degré d'altération de ces produits. La présente étude vise alors la détermination de la concentration en ABVT des produits de pêche tels que les poissons, les crevettes et les crabes prélevés chez les pêcheurs et les revendeuses des lacs Ahémé et Nokoué et de la lagune de Porto-Novo. Il ressort des analyses que les concentrations moyennes en ABVT dans les échantillons de poissons prélevés sont conformes à la norme mais celles enregistrées au niveau des revendeuses sont supérieures à celles obtenues chez les pêcheurs. Il en est de même pour les échantillons de crabes. Quant aux échantillons de crevettes, les valeurs obtenues chez les pêcheurs sont conformes à la norme mais celles des revendeuses sont largement au-dessus de la norme. Cela témoigne la mauvaise conservation de ces produits au niveau des différents acteurs notamment les revendeuses.

**MOTS-CLEFS:** Poisson, crevette, crabe, conservation, ABVT.

## 1 INTRODUCTION

Dans plusieurs pays, le secteur de la pêche joue un rôle socio-économique vital et occupe une place très avancée parmi les secteurs de l'économie nationale en particulier dans les pays qui sont à la fois producteurs, consommateurs et exportateurs de produits halieutiques [1]. Les produits halieutiques présentent un intérêt commercial, nutritionnel et économique de grande valeur que ce soit à l'échelle nationale ou mondiale. Sur le plan alimentaire (ingrédients protéiques), les produits de pêche contribuent de manière déterminante à la satisfaction des besoins alimentaires de la majorité de la population mondiale [2]. Au Bénin, la pêche participe pour près de 31% à la consommation nationale de protéines animales ([3] ; [4]). D'après le même auteur, le poisson constitue la source de protéine animale la plus importante dans l'alimentation de la population béninoise. Environ trois quarts (3/4) de la production halieutique nationale sont consommés frais. Le reste est fumé, séché, salé, ou frit avant d'être distribué sur les marchés intérieurs du pays [5]. Avec une valeur hautement nutritive, les produits halieutiques constituent un complément précieux dans les régimes alimentaires pauvres en protéines, en vitamines et en sels minéraux [6]. Toutefois, ces produits halieutiques sont des denrées alimentaires très périssables, avec une vitesse d'altération relativement élevée après la pêche [5].

En effet, entre 25 et 30° C dans les pays tropicaux, les poissons s'altèrent en moins de 12 heures [6]. Aussi, la pollution des écosystèmes aquatiques engendrée par des rejets domestiques et industriels sans traitements préalables et des pollutions accidentelles pose le problème de la qualité des produits halieutiques. Ceci a poussé une bonne partie des grands pays importateurs de produits de mer à renforcer leur réglementation sur le contrôle des aliments et à devenir de plus en plus exigeants sur les produits de pêche [2]. L'amélioration de la qualité des produits halieutiques est donc devenue une préoccupation majeure des pouvoirs publics béninois et de tous les acteurs opérant dans ce domaine.

Le contrôle des taux de substances générées dans ces produits halieutiques destinés à la consommation, telles que l'histamine ( $C_5H_9N_3$ ), l'Azote Basique Volatil Total (ABVT) et récemment les métaux lourds (mercure, cadmium, plomb, cuivre,...), est devenu obligatoire. D'où l'initiation du présent travail intitulé : Détermination de la concentration en Azote Basique Volatil Total (ABVT) dans les poissons, crevettes et crabes prélevés dans certaines zones de pêche des lacs Ahémé et Nokoué et de la lagune de Porto-Novo. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'état de fraîcheur et la teneur en ABVT des produits de pêche issus de ces eaux afin d'apprécier leur qualité sanitaire.

## 2 CADRE, MATERIELS ET METHODES D'ETUDE

### 2.1 CADRE D'ÉTUDE

Le cadre géographique de cette étude est constitué des lacs Nokoué et Ahémé et de la lagune de Porto-Novo. Ces cours d'eau sont situés au sud-Bénin et ont été choisis en raison de leur importance socio-économique. Le Laboratoire Central de Sécurité Sanitaire des Aliments (LCSSA) est le cadre qui nous a servi pour les différentes analyses physico-chimiques.

### 2.2 MATÉRIEL D'ÉTUDE

#### 2.2.1 MATÉRIEL BIOLOGIQUE

Il est essentiellement constitué de poissons entiers frais, de crevettes entières fraîches et de crabes frais provenant de plusieurs pêcheurs et revendeuses de produits halieutiques au niveau des trois cours d'eau.

#### 2.2.2 MATÉRIEL DE TERRAIN

Nous avons utilisé un appareil GPS, une balance de précision, un thermomètre, des sachets « stomacher », des gants et une glacière avec de la glace.

#### 2.2.3 MATÉRIEL DE LABORATOIRE

Il est essentiellement constitué du matériel classique utilisé pour les différentes analyses physico-chimiques.

## **2.3 MÉTHODES D'ÉTUDE**

### **2.3.1 ÉCHANTILLONNAGE**

Un total de 90 échantillons a été prélevé au niveau des trois cours d'eau soit 30 échantillons par cours d'eau répartis comme suit :

Quinze (15) échantillons chez les pêcheurs (cinq de poissons, cinq de crevettes et cinq de crabes) ; quinze échantillons (15) chez les revendeuses (cinq de poissons, cinq de crevettes et cinq de crabes). Seuls les échantillons de poissons, crevettes et crabes fraîchement pêchés dans les cours d'eau ont été prélevés chez les pêcheurs. Les échantillons des revendeuses ont été prélevés sur les différents sites de vente. Chaque échantillon de produits de pêche d'environ 500 g a été mis dans un sachet « stomacher » soigneusement étiqueté avec tous les renseignements connexes au produit. Les prélèvements ont été envoyés au laboratoire dans des glacières munies de carboglaces congelées et d'un thermomètre afin de contrôler la température.

### **2.3.2 ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES**

L'ABVT a été évaluée par titrage des bases absorbées. C'est la méthode de référence retenue par l'Union Européenne [7]. La première étape consiste en une déprotéinisation de l'échantillon par l'acide perchlorique (HClO<sub>4</sub>). Ensuite, la distillation de l'ABVT à la vapeur, suivie de sa neutralisation par l'acide chlorhydrique (HCl).

### **2.3.3 ANALYSES STATISTIQUES DES DONNÉES**

Les données collectées ont été analysées grâce aux logiciels SAS 9.2 et MINITAB14. Le logiciel MINITAB14 a servi à vérifier les conditions d'application des tests statistiques. Ces derniers ont été effectués avec le logiciel SAS 9.2.

## **3 RÉSULTATS**

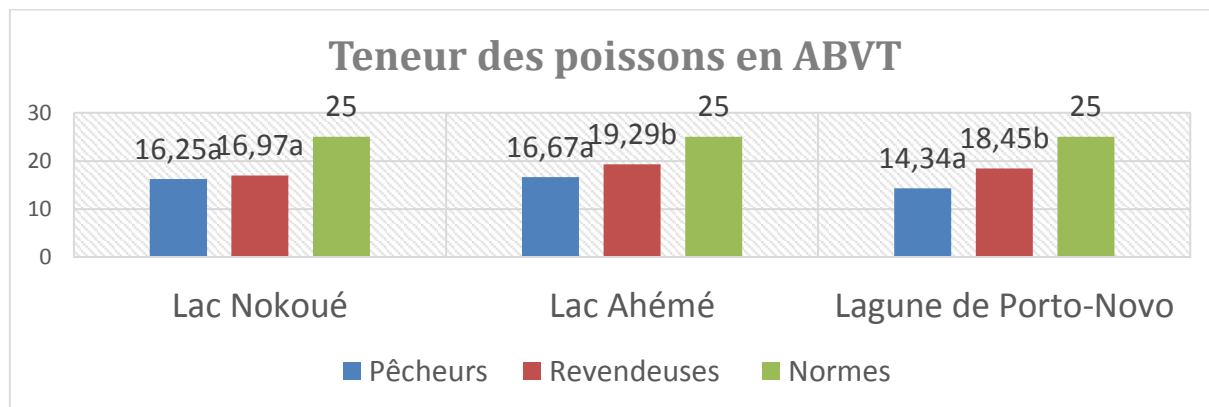
Les résultats de la détermination de la teneur en ABVT dans les produits de pêche en fonction des cours d'eau, des pêcheurs et des revendeuses sont présentés dans le tableau suivant :

*Tableau1. Valeurs moyennes de la teneur en ABVT dans les produits de pêche en mg/100g*

	Lac Nokoué		Lac Ahémé		Lagune de Porto-Novo		Normes (mg/100mg)
	Pêcheurs	Revendeuses	Pêcheurs	Revendeuses	Pêcheurs	Revendeuses	
<b>Poissons</b>	16,25a	16,97a	16,67a	19,29b	14,34a	18,45a	25
<b>Crevettes</b>	31,85a	36,19b	30,82a	66,10b	28,27a	56,86b	35
<b>Crabes</b>	23,66a	27,57a	21,73a	33,52b	18,26a	28,76b	35

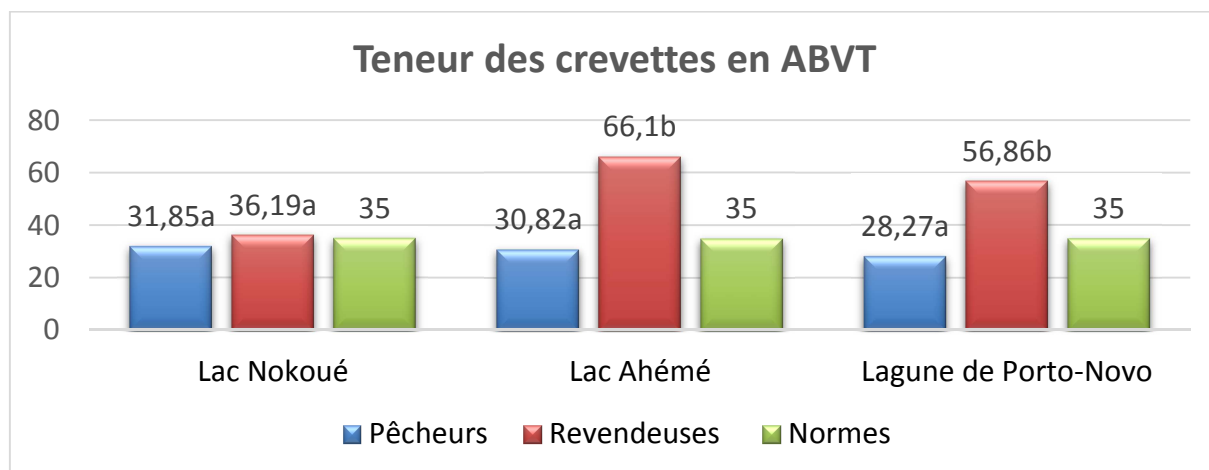
Les valeurs moyennes portant la même lettre sur la même ligne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

La Figure 1 présente la variation de la teneur moyenne en ABVT dans les échantillons de poissons prélevés sur les lacs Nokoué et Ahémé et la lagune de Porto-Novo.



**Fig.1. Variation de la teneur moyenne en ABVT des poissons prélevés**

La Figure 2 présente la variation de la teneur moyenne en ABVT dans échantillons de crevettes prélevés sur les lacs Nokoué et Ahémé et la lagune de Porto-Novo.



**Fig.2. Variation de la teneur moyenne en ABVT des crevettes prélevées**

La Figure 3 présente la variation de la teneur moyenne en ABVT dans les échantillons de crevettes prélevés sur les lacs Nokoué et Ahémé et la lagune de Porto-Novo.

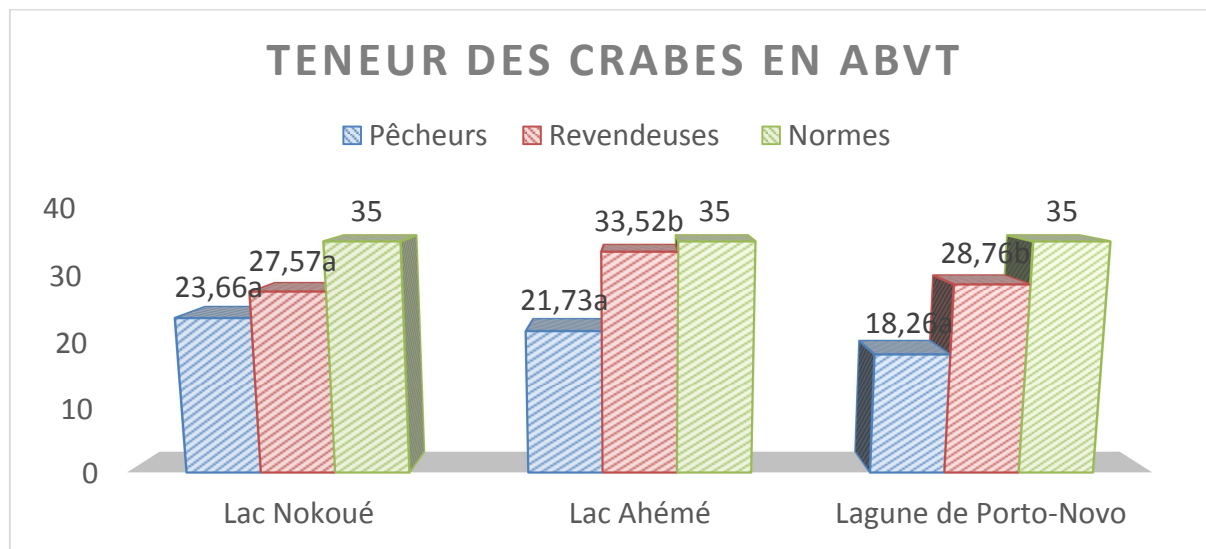


Fig.3. Variation de la teneur moyenne en ABVT des crabes prélevés

#### 4 DISCUSSION

Que ce soit chez les pêcheurs et chez les revendeuses, les teneurs moyennes en ABVT des échantillons de poissons prélevés sur les trois cours d'eau sont conformes à la norme (25 mg/100g). Ces teneurs sont inférieures à celles obtenues par [8] comprises entre 25,03 et 27,76 mg/100g. Nos résultats sont encore inférieures à ceux de [9] (25 et 26,7 mg/100g). Néanmoins on note une légère augmentation chez les revendeuses par rapport aux teneurs moyennes enregistrées au niveau des pêcheurs. Ces teneurs obtenues s'expliquent par le fait que les pêcheurs et les revendeuses maintiennent les poissons vivants en les conservant dans des barques ou dans des bassines avec les eaux de pêcheries.

Les échantillons de crevettes prélevés chez les pêcheurs sur les trois cours d'eau ont une teneur moyenne en ABVT inférieure à la valeur fixée par la norme (35mg/100g). Par contre, ceux prélevés chez les revendeuses présentent des teneurs moyennes largement supérieures à la norme. L'exposition des crevettes pendant de longue durée avant la vente par les revendeuses justifie cette augmentation des valeurs de l'ABVT entre les échantillons prélevés chez les pêcheurs et ceux prélevés chez les revendeuses.

Toutes les valeurs de la teneur en ABVT des échantillons de crabes prélevés chez les pêcheurs sur les trois cours d'eau sont inférieures à la norme (35mg/100g). Il en est de même pour les échantillons prélevés chez les revendeuses, mais leurs teneurs moyennes en ABVT sont supérieures à celles enregistrées chez les pêcheurs. Ces résultats obtenus s'expliquent par le fait que les crabes sont maintenus en vie jusqu'à la vente.

L'Azote Basique Volatil Total (ABVT) résulte principalement de la dégradation des composés azotés protéiques et non protéiques par l'action des bactéries ou enzymes présentes dans la chair des produits halieutiques ([2] ; [5]). L'augmentation de la teneur en ABVT est attribuée à une augmentation de la flore microbienne. En effet, il existe une forte corrélation entre la production des bases azotées et la multiplication bactérienne [10]. Selon les travaux de [10] sur les crevettes conservées sous glace, les valeurs de l'ABVT augmentent au fur et à mesure que les glaces se fondent. Par conséquent au niveau des produits dans lesquels les valeurs sont supérieures à la norme, il y a augmentation de la flore microbienne. Aussi les résultats des travaux de [8] sur des poissons prélevés au port de Cotonou ont prouvé que la rupture de la chaîne de froid entraîne une augmentation de la teneur en ABVT. Les différentes valeurs de la teneur en ABVT observées au niveau des crevettes des revendeuses au cours de la présente étude s'expliquent par le non-respect des conditions de conservation. En effet les produits sont laissés à l'air libre ou au soleil dans des paniers ou bassines sans aucune protection et sans conservant. Ce qui accroîtrait à coup sûr la charge microbienne de ces produits, car les risques de contamination sont très élevés dans ces cas.

#### 5 CONCLUSION

L'étude montre une variation de la teneur en ABVT des échantillons prélevés chez les pêcheurs et ceux prélevés chez les revendeuses. Néanmoins tous les échantillons sont conformes aux normes à l'exception des échantillons de crevettes

prélevés chez les revendeuses. Ceci indique qu'il y a le non-respect des règles d'hygiène et de conservation des produits halieutiques par les acteurs de la pêche de ces cours d'eau notamment les revendeuses. Il revient donc à sensibiliser et à former les acteurs de la pêche sur les bonnes pratiques d'hygiène et des méthodes de conservation des produits halieutiques, afin d'éviter une éventuelle contamination des consommateurs. Ce qui permettrait également de rendre plus compétitive notre filière pêche.

## REFERENCES

- [1] Akambi L., Etudes halieutiques des crustacés des eaux intérieures du Sud-Bénin : Organisation des pêcheries de crevettes et crabes du lac Nokoué et la lagune de Porto-Novo, Direction des pêches, projet pêche lagunaire (GTZ), 67p, 1990.
- [2] El Baraka N., 2009. Qualité des produits halieutiques : Dosages des teneurs en histamine, ABVT et du taux des sulfites dans quelques produits de pêche. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master de Chimie, Faculté des sciences d'Agadir, Université de Zohr, Tunisie, 32p.
- [3] Lalèyè, P. A., 1995. Ecologie comparée de deux espèces de *Chrisichthys*, poissons siluriformes (Claroteidae) du complexe lagunaire lac Nokoué-lagune de Porto-Novo au Bénin. Thèse de Doctorat en Sciences, Université de Liège (Belgique), 152 p.
- [4] Gnohossou M. P., 2006. La faune benthique d'une lagune ouest africaine (le lac Nokoué au Bénin), diversité, abondance, variations Temporelles et spatiales, place dans la chaine trophique. Thèse de Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Toulouse (France), 184p.
- [5] Dègnon G. R., Dahouénon-Ahoussi E., Adjou E. S., Ayikpé O., Tossou S., Soumanou M. M. et Sohounhloué D. C. K., 2012a. Impact des traitements post-capture sur la qualité microbiologique des crevettes (*Penaeusspp*) du lac Ahémé au Bénin destinées à l'exportation. *J. Appl. Biosci.*, 37-49.
- [6] FAO, 2007. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture (2006). Rome, 2007, 50p.
- [7] Règlement (CE) n° 2074/2005 de la Commission du 5 décembre 2005 établissant les mesures d'application relatives à certains produits régis par le règlement (CE) n° 853/2004 du Parlement européen et du Conseil et à l'organisation des contrôles officiels prévus par les règlements (CE) n° 854/2004 du Parlement européen et du Conseil et (CE) n° 882/2004 du Parlement européen et du Conseil, portant dérogation au règlement (CE)n° 852/2004 du Parlement européen et du Conseil et modifiant les règlements (CE) n° 853/2004 et (CE) n° 854/2004. JO UE du 22/12/2005, 47p.
- [8] DègnonG.R., DougnonT.J., Toussou S. et Migan S.Y., 2012b.Evaluation de la qualité microbiologique et physico-chimique des poissons capturés et commercialisés au port de pêche industrielle de Cotonou. *Int. J.Biol. Chem. Sci.* 6(1): 166-174.
- [9] Zamma E, Sewadé F. 2010. Evaluation de lateneur en Azote Basique Volatile Totale dans l'un des poissons les plus consommés au Bénin : cas des chinchards. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Licence en Biotechnologie Alimentaire, GAZA Formation, Cotonou, 54p.
- [10] Laghmari H. et El Marrakchi A., 2005. Appréciation de la qualité organoleptique et physico-chimique de la crevette *Parapenaeuslongirostris* (Lucas, 1846) conservée sous glace et à température ambiante. *Revue Médecine et Vétérinaire*, 156 (4), 221-226.

## MERGERS AND ACQUISITIONS FAILURE RATES AND PERSPECTIVES ON WHY THEY FAIL

Godfred Yaw Koi-Akrofi<sup>1-2</sup>

<sup>1</sup>PhD Candidate (ISM)-UCN, Nicaragua; MBA (MIS)-UG, Accra, Ghana; B.SC. Electrical/Electronic Engineering-KNUST, Kumasi, Ghana

<sup>2</sup>CEO-NOKA Solutions Limited, Accra & Dean of Science and Technology, Dominion University College, Accra, Ghana

---

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:** Mergers and acquisitions represent the ultimate in change for a business. Despite this, it is common knowledge that mergers and acquisitions do fail and they do not necessarily create shareholder value. The main aim of this piece of research work was to contribute to the general body of knowledge in the area of failure rates, and the perspectives on why mergers and acquisitions fail. The objective was to investigate from literature on the failure rates and perspectives on why M & A fail, present the various discussions and arguments on the subject matter, and then catalog them for researchers and students in this particular field. It was found that the integration stage of the whole merger and acquisition process was the most problematic area which contributes to merger and acquisition failure, and that the problem in the integration stage has to do with the human factor (the employees-coping with cultural differences, politics, lack of effective communication, etc). Another factor that occurred most after the human factor is poor strategies that are rolled out after the deal is sealed. Again, M & A failure rate is very high; averaging about 50%, regardless of the initial high hopes.

**KEYWORDS:** merger, acquisition, failure, perspectives, shareholder, value.

### 1 BACKGROUND

Merger and acquisition are sometimes used interchangeably, but there are significant differences which must be appreciated. Merger connotes the fusion, the union of two or more companies or entities into one through a *purchase acquisition* or a *pooling of interests*. It differs from a consolidation (the combining of separate companies, functional areas, or product lines, into a single one. In this particular case, a new entity is created). For a merger, no new entity is created. Purchase acquisition is an accounting method used in any merger in which the purchasing company treats the acquired as an investment, adding the acquired's assets to its own balance sheet, and recording any premium paid above market price as goodwill, to be charged against future earnings. Pooling of interests is also a method of accounting for a company merger, in which the balance sheets of the two companies are combined line by line without a tax impact (only allowed under certain circumstances-used when Merger involves stocks only). An acquisition (or a takeover) is simply acquiring control of a corporation, called a target, by stock purchase or exchange, either hostile or friendly.

In corporate law, a merger is the joining together of two corporations in which one corporation transfers all of its assets to the other, which continues to exist. In effect one corporation consumes the other, but the shareholders of the consumed company receive shares of the surviving corporation.

An acquisition, on the other hand, typically involves purchasing the assets and stock of the acquired company. The methods of merger and acquisition are varied and in practice the distinctions often blurred but the key difference between merger and acquisition lies in the position of the shareholder. Shareholders in merged companies typically exchange their shares for shares in the new company.

In an acquisition, however, the target company is usually acquired as a going business and its shares are transferred to the shareholders of the acquiring company for cash or debt, giving the acquiring company effective control over the assets and liabilities of the acquired company. Acquisition occurs either through buying substantially all the assets in a full takeover or buying part of the stock in a partial takeover.

A partial takeover involves a bidder buying a large enough stake to control or effectively participate in the resolutions of the board of directors ([http://newsweaver.ie/altamimi/e\\_article001432224.cfm](http://newsweaver.ie/altamimi/e_article001432224.cfm), retrieved 09/02/2012).

Researchers in the area of M & A have also come out with a lot of interesting definitions worth mentioning here. Sudarsanam [1] indicated that a merger occurs when corporations come together to combine and share their resources to achieve common objectives. The companies involved remain joint owners of the new entity. European Central Bank [2], Gaughan [3], and Jagersma [4] also defined merger as the combination of two or more companies in creation of a new entity or formation of a holding company. Pennings and Lee [5] also present it in this way:

“Mergers are distinguished from acquisitions in that mergers are assumed to involve two firms with roughly the same size or equivalent resources. If one of the two firms is much smaller we are inclined to label their fusion an “acquisition”.”

This definition is in consonance with that of Haspeslagh and Jemison [6] and Soederberg and Vaara [7] who also talk about equal sized firms coming together with no one party clearly seen as the acquirer. The definitions of Butler, Ferris, and Napier [8] suggests that for a 50%-50% stake of both companies, it is a merger; and for anything different from the above, it is an acquisition regardless of the size of the companies involved. This is where Piekkari, Vaara, Tienari and Santti [9] also argue that “merger of equals” are rare, and that one party is most of the time in control. They continued to argue that the term “merger” is used for political reasons to avoid the notion of one firm or entity being in total control or dominance of the other.

This means that in reality mergers are on the low side compared with acquisitions; this is backed by United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) 2000 report in which cross-border M & As from 1987 to 1999 revealed that only 3% of all the M & As were mergers [10], as cited in Buckley and Ghauri [11] and Teerikangas and Very [12]. The report continues to say that the number of “real” mergers is so low that, for practical purposes, M & As basically means acquisitions.

To those who are not privy to the agreement document, the following are some of the things that can influence their definition as to whether a particular agreement is a merger or an acquisition:

- **Name of resultant entity or company:** If the name of the resultant entity bears the name of the investor, it is easier for people to conclude that it is an acquisition. If it bears the name of the existing entity, then people will think of the agreement as a merger. Sometimes the resultant name may be a combination of the names of the two companies involved, and people will still consider it as a merger.
- **How the board and management are constituted:** People will easily go for a merger if the board and management of the resultant company are fairly constituted. People will easily go for an acquisition if the investor has more representation on the board and management. This is not always true especially when a merger allows for one party to be a management partner. From the above discussion, it can be clearly deduced without any ambiguity that a merger simply is made up of the fusion of two or more companies or entities into one, where none of the entities involved has complete dominance over the resultant entity, and also all the individual entities involved still maintain their identity as separate entities. The resultant name normally does not differ from the name of the existing company. The name can also be a combination of the two or more companies involved. Mergers and acquisitions represent the ultimate in change for a business. No other event is more difficult, challenging, or chaotic as a merger and acquisition. It is imperative that everyone involved in the process has a clear understanding of how the process works. Mergers and acquisitions have had an important impact on the business environment for over 100 years [13] (Gaugan, 1999). They have often come in waves of activity that were motivated by different factors. Mergers and acquisitions (M & As) continue to be a dominant growth strategy for companies worldwide. This is in part due to pressure from key stakeholders vigilant in their pursuit of increased shareholder value. International mergers and acquisitions also constitute the most frequently used means through which multinational corporations undertake foreign direct investment. According to Banal-Estanol and Seldeslachts [14], mergers and acquisitions are normally established to open up or expand a current organization or operation seeking or aiming for long-term profitability and an increase in market power, as cited in Chambers (2008).

Mergers and acquisitions are an on-going phenomenon; talks of possible mergers and acquisitions have become an important part of corporate organizational strategy despite knowledge of the high failure rates of about 50-80 % [15], and the fact that despite the popularity of most mergers and acquisitions, the strategic performance outcomes of most have

been disappointing [16]. King [17] added his bit by saying that M & A have failed over the years to significantly add value to the acquiring firm, as cited in [18].

Companies normally would like to go for M & As than to resort to other cooperative approaches of Research and Development (R&D) network building, e.g., R&D joint ventures, because M&A provide an immediate conspicuous and controlling presence in the new, fast expanding market, rather than having to gradually build a new entity or negotiate with a partner about developing a cooperation ([19], [20]) as cited in [21].

The main aim of this piece of research work is to contribute to the general body of knowledge in the area of failure rates, and the perspectives on why M & As fail. The objective is to investigate from literature on the failure rates and perspectives on why M & As fail, present the various discussions and arguments on the subject matter, and then catalog them for researchers and students in this particular field. Industry players can also take a clue from it to inform them on the possible outcomes of M & As they want to embark on in the future.

It is common knowledge that most M & As do not yield the intended outcomes. What this work intends to do is to try to unravel the reasons why this occur from documented facts by authorities and researchers in this field.

## **2 MATERIALS AND METHODS**

This work is mainly a review of literature on first of all the failure rates of M & As, and then the perspectives on M & A failures.

## **3 RESULTS AND DISCUSSIONS**

### **3.1 FAILURE RATES OF M & AS**

Haspeslagh and Jemison [6] and Saxton and Dollinger [22] pointed out that post-merger/acquisition integration, which forms part of the dynamics, is key for the success of the deal. Pablo [23] defined post-merger and acquisition integration as the implementation of changes in functional activities, organizational structures and cultures of the two organizations to expedite their consolidation into a functional whole. This is not to be achieved so easily, taking into consideration the coming together of two separate and different entities. Koetter [24], Cartwright and Cooper [25], Child et al. [26], and Sally Riad [27] made it clear that despite the high hopes of successes driven by the motives, research has shown that only 50% of mergers and acquisitions succeed (or 50% fail). Gerds and Schewe [28] also maintain that the failure rate is higher than 60%, which were confirmed by Chang, Curtis, and Jenk [29], and Watkins and Copley [30] earlier. KPMG also did a research on M & A and found out that 75% to 83% of M & A fail [31], as cited in Nguyen and Kleiner [32]. Research into companies involved in cross-border mergers and acquisitions, as in the case of global Telecommunications giants, points to failure rates of up to 70% with very few deals enhancing shareholder value (retrieved from [www.communicaid.com](http://www.communicaid.com) on 17/11/2011). In Ghana, Ghana Telecom's experiences with Telkom Malaysia and Telenor of Norway in the past are all examples of failed mergers.

Research has been able to show that one of the key areas contributing to these failures is the employee factor in the dynamics. Many researchers ([33], [34] [35]) point out that about two-thirds (about 67%) of all mergers fail to achieve the desired results primarily because of the organizations' apathy to the employees' reactions and interests [36].

Cascio and Young [37] also revealed that Psychological responses of people are shown to have an impact on organizational performance and, they become more visible during situations of drastic change like Mergers and Acquisitions.

In a particular research work, when failure rates were analyzed in more detail, the overwhelming majority of senior personnel highlighted culture and communication to be the two areas that prove to be the most challenging. This according to the research was substantiated by a survey of Fortune 500 Chief Finance Officers where 45% attributed Merger and Acquisition failure to "unexpected post-deal people problems". It continued to say that issues ranging from corporate governance to employee satisfaction become complex when different cultures are involved (retrieved from [www.communicaid.com](http://www.communicaid.com) on 17/11/2011).

In their research work on "successful mergers and acquisitions: beyond the financial issues", Wageman and Lafforet [38] also maintained that only the chief executive officer who can handle the finances and the people can do the whole job of leading a merger and create lasting value.

The uncertainties of Merger and Acquisition situations cause a series of psychological processes that result in manifest positive behaviors like commitment and loyalty, or negative behaviors like absenteeism, and sometimes, even acts of sabotage ([39], [40], [41], [42], [43], [44], [45], [46], [47], [48], [49], [50]).

Employees form a part of any organization's common factors. Farnham and Horton [51] defined organizations as social constructs created by groups in society to achieve specific purposes by means of planned and coordinated activities.

These involve human resources to act in association with other inanimate resources in order to achieve the aims of the organization. In as much as employees cannot achieve anything without the inanimate resources, the same applies for the reverse. This implies the importance of the employee in achieving good performance, especially in a post-acquisition era cannot be said to be over emphasized. Unfortunately, as has been established earlier, employees' interests in post-acquisition era are not given the needed attention.

Naharandi and Malekzadeh [52] pointed out that despite the popularity of mergers and acquisitions, the general consensus is that about 80% of M & A do not reach to their financial goals. Bruner [53] also confirmed that about 70-80% of M & A do not create significant value above the annual cost of capital.

A failed merger can be understood in two ways:

- Qualitatively, whatever the companies had in mind that caused them to merge in the first place doesn't work out that way in the end.
- Quantitatively, shareholders suffer because operating results deteriorate instead of improve (<http://jurisonline.in/2008/11/failure-mergers/>).

Despite the upsurge in international acquisition activity, the fact still remains that up to 83 percent of these transactions are unsuccessful ([54], [55], [56]). Thus, international acquisitions constitute an unexplained paradox: although academic research and business practice have shown that the majority of these transactions fail to achieve pre-acquisition objectives, acquisitions across borders continue to be very popular and remain the main vehicle through which Multinational Corporations (MNCs) undertake foreign direct investment ([57], [10]). In fact, some research studies suggests that with the right strategy and the right approach to post-merger integration, cross-border acquisitions can create value for the acquiring firm ([58], [59], [60], [61]). Thus, even though research suggests that most acquisitions fail, it may make sense in some cases.

Cornell [62] pointed out that differences in approaches, measurements, indicators, time frames, samples, methods and units of data analysis, all contribute to the significant variance in success/failure rates in the literature. He enumerated a number of research findings pointing to different failure rates. These are stated as follows:

- USA: 40 – 50% of M and A's are failures ([63], [64]; [65]); 34% had lower sales than pre- acquisition, 46% had lower profits, and only 22% met all management's objectives [66]. According to Kitching [67], 35% were failures. Vermeulen [68] states that "most executives know that the majority of acquisitions will fail."
- Failure rates for European M and A's appear largely in line with those of the USA. Citing Kitching's study of US-based companies' acquisitions in Europe [69], and that of Bleek, Isono and Ernst [70] of cross-border acquisitions and acquisitions of UK-based companies on the continent, Angwin and Savill [71] noted that between 43% and 54% of M and A's were "considered failures or not worth repeating."

Bohlin, Daley, and Thomson [72] also placed success rate of M & As below 20%.

### 3.2 PERSPECTIVES ON REASONS FOR M & A FAILURE

Some commentators argue at length about the definition of success and the timescale, over which it should be measured, but the bottom line remains indisputable; far too few mergers and acquisitions deliver the desirable profitability, market share, and increased company momentum in a sustainable, long-term way. On the other hand, there are also some noteworthy success stories, such as ABB, Chemical/Manufacturer's Hanover, Bank of America/Schwab, and GE Capital.

So the question is posed: why do mergers and acquisitions work for some and not for others? In answering this question, this is what Bohlin, Daley, and Thomson [72] had to say:

"The answers are of course complex. Mergers and acquisitions vary widely along a number of dimensions: company size and diversity; industry characteristics; overlap of products, markets, and customers; prior mergers-and-acquisitions experience of the parties; whether the takeover was hostile or friendly; relative performance strength of the acquired firm; and how much assimilation is desired or required".

There are a number of perspectives on the reasons why M & As fail. We look at it from researchers' point of view, and then find the most frequent causes.

- Hoetzel [73] found that mergers and acquisitions failures were related to national cultural differences and were more frequent in two phases: pre-acquisition and post-acquisition. Differences in organizational culture have a negative effect on acquisition performance ([74], [75], [76]), and national cultural differences too have negative effect on acquisition performance ([77], [78], [79]).
- Balmer and Dinnie [80] found that there was an over-emphasis on short term financial and legal issues, at the neglect of the strategic direction of the company. This neglect included failure to clarify leadership issues, and a general lack of communication with key stakeholders during the merger or acquisition process.
- Gadiesh and Ormiston [81] list five major causes of merger failure:
  - Poor strategic rationale.
  - Mismatch of cultures.
  - Difficulties in communicating and leading the organization.
  - Poor integration planning and execution.
  - Paying too much for the target company.

Of the above five causes of merger failure, Gadiesh and Ormiston [81] believe that *having a clear strategic rationale for the merger* is the most significant problem to overcome, as this rationale will guide both pre and post-merger behavior. They stress that this issue alone may result in the other four causes of merger failure taking place, as cited in McDonald, Coulthard, and de Lang [82].

- Lynch and Lind [83] also list other reasons for merger failure such as:
  - Slow post merger integration
  - Culture clashes and
  - Lack of appropriate risk management strategies.
- Steger and Kummer [84] looked at it from a different angle by enumerating the following as contributing to M & A failures:
  - **Unrealistic expectations**
  - **(Over) confidence-** confident managers who try are more likely to succeed than managers lacking confidence who also make the same attempt. The confident managers are more likely to succeed because they will also work harder to overcome difficult obstacles.
  - **Promoters and external advice-** Managers depend heavily on “promoters” to initiate structure and carry out the M&A transaction. Promoters for M & As are investment banks and top management consultancies. They have a vested interest in M & As and push companies into M&A deals in order to offer their services. Promoters convince managers that they can succeed, which may not be true in the end.
  - **Distrust-** Steger and Kummer [84] pointed out that at the grass root level, that is, below the top level management, the attitudes and moods of the employees are often quite the opposite of (over)confidence – namely distrust. They explained that this is so because some amount of confidence is very necessary ingredient for M & A success, and that the opposite is distrust. They further gave four reasons why employees feel a lack of confidence about M&A success. First, there is doubt about what will happen in the future. Is there the danger of losing their jobs? If not, how will their jobs and tasks be changed? How will the restructuring affect them personally? Will they have to move to another department, work with other colleagues, work for a different boss? Will the entity of the company that they work for be divested? These are uncertainties that can last quite some time. Second, companies are often reorganized at least every two years. So, the M&A projects will produce “just another change program” that will not bring the desired outcome. Third, if people are fired the workload is not reduced which results in fewer people having to produce the same amount of work. Fourth, stakeholder management is performed poorly, if at all. In addition, employees are among the stakeholders who are often treated the worst of all. The manner in which, and at what point in time, employees are informed about the M&A transaction is another essential point. Rumors spread rapidly, all over the company. Even months after the closing, integration plans are sometimes far from being settled; insecurity among the staff persists longer than necessary.
  - **Group Dynamics-** Steger and Kummer [84] explained that M & A responsibilities are shared, at least when it is a success. It is shared among the board members. On the other hand when there is a failure initiated by say, a major

project, the initiator of that project would have to leave or is sacrificed. They also pointed out that groups make extreme decisions especially with big M&A deals where there are very difficult activities in which companies can engage in. The risks of such projects can lead to a company's bankruptcy. Also, blame is normally put on those involved in the integration process than those who initiated the M & A in the first place. Lastly, participants in the M & A negotiations become very much committed or dedicated to the deal regardless of its logic or benefit to the company.

- Haspeslagh and Jemison [6], and Pablo [23] link cultural differences and integration issues with merger problems.
- Depamphilis [85] pointed out that overpayment leads to expectations of higher profitability which is often not possible, and that excessive goodwill as a result of overpaying needs to be written off which reduces the profitability of the firm.
- Straud [86] said inefficiencies or administrative problems are a very common occurrence in a merger which often nullifies the advantages of the merger.
- Personal motives of executives- executives enter into mergers for the purpose of seeking glory and satisfying their "executive ego", leading to failure. They lose focus of the fact that they have to concern themselves with the strategic benefits of the merger.
- Selecting the target- Executives inability to select the target that suits the organization's strategic and financial motives and needs often lead to failure. Lubatkin [87] said that selecting a merger candidate may be more of an art than a science, as cited in Straud [86].
- According to Salame [88], and also from the site (<http://jurisonline.in/2008/11/failure-mergers/>), the following are some of the reasons which result in failed mergers:
  - Lack of Communication
  - Lack of Direct Involvement by Human Resources
  - Lack of Training
  - Loss of Key People and Talented Employees
  - Loss of Customers
  - Corporate Cultural Clash
  - Power Politics
  - Inadequate Planning

Salame [88] continued to reveal that while it is true that some of these failures can be largely attributed to financial and market factors, many studies are pointing to the neglect of human resources issues as the main reason for M&A failures. A 1997 PricewaterhouseCoopers global study concluded that lack of management and related organizational aspects contribute significantly to disappointing post-merger results [89], as cited in Salame [88].

#### 4 CONCLUSIONS

The discussions so far on failure perspectives have pointed to the integration stage as one of the critical stages within the whole M & A process which can contribute immensely to M & A failure. This is in consonance with the works of Haspeslagh and Jemison [6] and Saxton and Dollinger [22] who pointed out that post-merger/acquisition integration is essential for the success of the deal. Again from the discussion, the most mentioned problem in the integration stage has to do with the human factor (the employees-coping with cultural differences, politics, lack of effective communication, etc). They contribute a lot to the success or failure of the deal. Equipment and processes can be changed without any problem, but human beings are difficult to change. In the bid or quest to roll out various strategies in the post- M & A era, to ensure good performance, the employee must be pivotal. Any attempt to sideline the employee in all these will spell doom for the new setup.

Another factor that occurred most after the human factor is poor strategies that are rolled out after the deal is sealed. Once management fails to get it right from scratch, it is bound to fail. One particular strategy may not work for different settings and environments, and so it is very important for management to take their time to study the terrain (especially during the time before the deal is sealed) to plan fitting strategies that can yield dividends at the end of the day. In most cases, there is so much pressure on management to roll out strategies immediately after the deal is sealed to announce their presence as an entity, and if prior proper planning is not done, it may lead to disaster.

Again, from the discussion, M & A failure rate is very high; averaging about 50%, regardless of the initial high hopes. Despite this high rate of failure, and for the fact that M & As do not necessarily create financial value for shareholders, they are still very popular, and is always almost the way to go for business transformation by top executives of business entities. This suggests that deliberately swallowing potential competitors, increasing points of presence, promoting special brands, running for undercover due to impending bankruptcy, etc may be among the other reasons why M & As are still popular.

#### **ACKNOWLEDGEMENT**

Special thanks go to Almighty God for the enablement to come out with this work. Thanks also go to my dear wife Joyce Koi-Akrofi for her academic advice towards the realization of this work. Lastly, my thanks go to colleagues and friends who in various ways helped me to finish this work.

#### **REFERENCES**

- [1] P. S. Sudarsanam, "The essence of mergers and acquisitions," Prentice hall Europe, Herfordshire, 1995.
- [2] European Central Bank, "Mergers and Acquisitions involving the EU Banking industry – Facts and Implications," [online]. Available at [www.ecb.int/pub/pdf/other/eubkmergersen.pdf](http://www.ecb.int/pub/pdf/other/eubkmergersen.pdf) [Accessed 1 October 2007], 2000.
- [3] P. A. Gaughan, "Mergers, Acquisitions, and Corporate restructuring," 3rd ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2002.
- [4] P. K. Jagersma, "Cross-border acquisitions of European multinationals," *Journal of General Management*. 30 (3), 13-34, 2005.
- [5] J. M. Pennings, K. Lee, "Mergers and acquisitions: Strategic-Organizational fit and outcomes," 1996.
- [6] P. C. Haspeslagh, D. B. Jemison, "Managing acquisitions: Creating value through corporate renewal," New York: Free Press, 1991.
- [7] A-M. Soderberg, E. Vaara, "Theoretical and methodological considerations," 2003. In A-M. Soderberg & E. Vaara, eds. *Merging across borders*. Denmark: Copenhagen Business School Press, 19-48.
- [8] J. Butler, G. R. Ferris, and N. K. Napier, "Strategy and Human Resource Management," Cincinnati, Ohio: South-Western publishing, 1991.
- [9] R. Piekkari, E. Vaara., J. Tienari, and R. Santti, "Integration or Disintegration? Human Resource Implications of a common Corporate Language Decision in a Cross-Border Merger," *International Journal of Human Resource management*, 16(3), 330-344, 2005.
- [10] United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), "World Investment Report: Cross-border Mergers and Acquisitions Development," United Nations Publications: New York and Geneva, 2000.
- [11] P. J. Buckley, P. N. Ghauri, "International Mergers and Acquisitions: A reader," London: Thompson. ISBN: 1-86152-800-0, 2002.
- [12] S. Teerikangas, P. Very, "The culture-performance relationship in M & A: From yes/no to how," *British Journal of management* 17: S31-S48, 2006.
- [13] P. A. Gaughan, "Mergers, Acquisitions, and Corporate Restructuring," New York: John Wiley and Sons, Inc., 1999.
- [14] A. Banal-Estonol, J. Seldeslachts, "Merger failures," Unpublished manuscript, University of Western Ontario (Canada) and Universitat Autònoma de Barcelona (Spain), 2004. Retrieved from: [http://www.ugr.es/~xxjei/JEI\(39\).pdf](http://www.ugr.es/~xxjei/JEI(39).pdf)
- [15] S. Reed, A. Lajoux, "The art of M&A: A merger acquisition buyout guide," New York: McGraw Hill, 1998.
- [16] Mergerstat review, "Retrieved from <https://www.mergerstat.com/newsite/pubs/TOC04.pdf>" 2004.
- [17] D. King, "Meta-analysis of post-acquisition performance: Indications of unidentified moderators," *Strategic management journal*, 25(2), 187-200, 2004.
- [18] S. Chambers, "Telecommunications megamergers: impact on employee morale and turnover intention", UMI Microform 3304163, 2008.
- [19] R. E. Caves, "Multinational Enterprise and Economic Analysis", Cambridge Surveys of Economic Literature, 1982.
- [20] L. Capron, W. Mitchell, "Outcomes of International Telecommunications Acquisitions: Analysis of Four Cases with Implications for Acquisitions Theory," *European Management Journal*, 15 (3), pp. 237-251, 1997.
- [21] T. Gantumur, A. Stephan, "Mergers & Acquisitions and Innovation Performance in the Telecommunications Equipment Industry," CESIS. Electronic working paper series. Paper No. 111, 2007.
- [22] T. Saxton, M. Dollinger, "Target Reputation and Appropriability: Picking and Deploying Resources in Acquisitions," *Journal Management*, 30, 123-147, 2004.
- [23] A. L. Pablo, "Determinants of Acquisition Integration level: A Decision-Making Perspective," *Academy of Management Journal* Vol. 37(4), pp. 803-836, 1994.
- [24] M. Koetter, "Evaluating the German Bank merger wave," In Hermann, H., Liebig, T., & Todter, K. –H. (Eds.), vol. 12. Frankfurt a. M., Germany: Deutsche Bundesbank, p. 44, 2005.

- [25] S. Cartwright, C. L. Cooper, "Organizational marriage: "Hard" versus "Soft" issues?" *Personal Review*, Vol. 24, n.3, pp. 33-42. 1995.
- [26] J. D. Child, Faulkner, and R. Pitkethly, "The management of international acquisitions", Oxford University Press, 2001.
- [27] R. Sally, "Of mergers and cultures: What happened to shared values and joint assumptions?" *Journal of organizational change management* vol. 20. No. 1 pp. 26-43, 2007.
- [28] J. Gerds, G. Schewe, "Post Merger Integration: Unternehmenserfolg durch Integration Excellence," 3<sup>rd</sup> ed. Berlin, Heidelberg, Germany: Springer-Verlag, 2009.
- [29] R. A. Chang, G. A. Curtis, and J. Jenk, "Keys to the kingdom: How an Integrated IT Capability can Increase your odds of M & A success", New York, USA, 2002.
- [30] A. Watkins, S. Copley, "Operational and IT Due Diligence," 2004.  
[Online]. Available: <http://www.pwchk.com/home/eng/oprisk.html#F>
- [31] PR Newswire, "KPMG identifies six key factors for successful mergers and acquisitions; 83% of deals fail to enhance shareholder value," 29 November, Vol. 9 No. 17, available at <http://global.factiva.com> (accessed 3 August 2002), 1999. In Nguyen, H., & Kleiner, B.H. (2003). The effective management of mergers. *Leadership and Organizational Development Journal* 24/8, 447-454.
- [32] H. Nguyen, B. H. Kleiner, "The effective management of mergers," *Leadership and Organizational Development Journal* 24/8, 447-454, 2003.
- [33] J. W. Hunt, S. Lees, J. Grumbar, and P. Vivian, "Acquisitions – The Human Factor," Egon Zehnder International, London Business School, London, 1987.
- [34] D. J. Ravenscraft, F. M. Scherer, "Mergers, Sell-offs and Economic Efficiency," The Brookings Institution, Washington, DC, 1987.
- [35] KPMG, "Mergers and Acquisitions: A Global Research Report – Unlocking Shareholder Value," KPMG, Amsterdam, 1997.
- [36] M. L. Marks, P. H. Mirvis, "Merging human resources: a review of current research," *Mergers and Acquisitions*, Vol. 2, pp. 38-44, 1982.
- [37] W. F. Cascio, C. E. Young, "Financial consequences of employment-change decisions in major US corporations". In de Meuse, K.P. and Marks, M.L. (Eds). *Resizing the Organization: Managing Layoffs, Divestitures, and Closings*, Jossey-Bass, San Francisco, CA., 2003.
- [38] R. Wageman, C. Lafforet, "Successful Mergers and Acquisitions: Beyond the financial issues," 2009.
- [39] J. C. Bruckman, S. C. Peters, "Mergers and acquisitions: the human equation," *Employment Relations Today*, Vol. 14, pp. 55-63, 1987.
- [40] A. F. Buono, J. L. Bowditch, "The Human Side of Mergers and Acquisitions: Managing Collisions between People, Cultures, and Organizations," Jossey-Bass, San Francisco, 1989.
- [41] A. F. Buono, J. L. Bowditch, and J.W. III Lewis, "When cultures collide: the anatomy of a merger," In Buckley, P.J., & Ghouri, P.N. (Eds), *International Mergers and Acquisitions*, International Thomson Business Press, London, 2002.
- [42] S. Cartwright, C. L. Cooper, "Mergers and acquisitions: The Human factor," Butterworth-Heinemann Ltd, Oxford, 1992.
- [43] S. Cartwright, C. L. Cooper, "The role of culture compatibility in successful organizational marriage," *Academy of Management Executive*, Vol. 7 (2), 57-70, 1993.
- [44] C. A. Cooper, S. Finkelstein, "Advances in Mergers and Acquisitions," Elsevier JAI, London, 2004.
- [45] P. D. Hall, D. Norburn, "The management factor in acquisition performance," *Leadership and Organizational Development Journal*, Vol. 8 No. 3, pp. 23-30, 1987.
- [46] N. Hubbard, J. Purcell, "Managing employee expectations during acquisitions," *Human Resource Management Journal*, Vol. 11 No. 2, pp. 17-33, 2001.
- [47] D. B. Jemison, S. B. Sitkin, "Corporate Acquisitions: A Process Perspective," *Academy of Management Review*, Vol. 11, No. 1, pp. 145–163, 1986a.
- [48] D. B. Jemison, S. B. Sitkin, "Acquisitions: The Process Can Be a Problem," *Harvard Business Review*, Vol. 64, No. 2, March–April, pp. 107–116, 1986b.
- [49] R. Schuler, S. Jackson, "HR issues and activities in mergers and acquisitions," *European Management Journal*, Vol. 19, pp. 239-53, 2001.
- [50] O. Siu, C. L. Cooper, and I. Donald, "Occupational stress, job satisfaction and mental health among employees of an acquired TV company in Hong Kong," *Stress Medicine*, Vol. 13 No. 2, pp. 99-107, 1997.
- [51] D. Farnham, S. Horton, "Managing people in the public services," London: Macmillan, (pp. 24-33), 1996.
- [52] A. Nahavandi, A. R. Malekzadeh, "Organizational Culture in the Management of Mergers," Westport, CT: Quorum Books, 1993.
- [53] R. F. Bruner, "Does M & A pay? A survey of evidence for the decision-maker," *Journal of Applied Finance*, ISSN 1534-6668, 12 (1): 48-69, 2002.
- [54] KPMG, "Mergers and Acquisitions: Global Research Report 1999," London: KPMG, 1999.

- [55] S. B. Moeller, F. P. Schlingemann, "Global diversification and bidder gains: A comparison between cross-border and domestic acquisitions," *Journal of Banking & Finance*, 29: 533-64, 2005.
- [56] M. L. Sirower, "The Synergy Trap: How Companies Lose the Acquisition Game," Free Press: New York, 1997.
- [57] The Economist, "Mergers and Acquisitions," January 13, 2007.
- [58] T. Belcher, L. Nail, "Integration problems and turnaround strategies in a cross-border merger: A clinical examination of the Pharmacia-Upjohn merger," *International Review of Financial Analysis*, vol. 9, 219-234, 2000.
- [59] G. Benou, K. C. Gleason, and J. Madura, "Impact of visibility and investment advisor credibility on the valuation effects of high-tech cross-border acquisitions," *Financial Management*, 36, 69-89, 2007.
- [60] G. Colombo, V. Conca, M. Buongiorno, and L. Gnan, "Integrating cross-border acquisitions: A process-oriented approach," *Long Range Planning*, 40, 202-222, 2007.
- [61] A. Seth, K. P. Song, and R. R. Pettit, "Synergy, managerialism or hubris? An empirical examination of motives for foreign acquisitions of U.S. firms," *Journal of International Business Studies*, 31, 387-405, 2000.
- [62] R. Cornnell, "M and A performance improvement: A non-traditional view," Academic and Business Research Institute: *Journal of management and marketing research*, 2010.
- [63] W. T. Grimm & Company, *Mergerstat review*. W.T. Grimm: Chicago, 1998.
- [64] W. T. Grimm & Company, *Mergerstat review*. W.T. Grimm: Chicago, 1985.
- [65] P. Bagchi, R. P. Rao, "Decision making in mergers: An application of the analytic hierarchy process," *Managerial and Decision Economics*, 13, 91-99, 1992.
- [66] I. Ansoff, R. G. Brandenburg, F. E. Portner, and P. Radosevich, "Acquisition behavior of US manufacturing firms 1946-1965," Nashville, TN: Vanderbilt University Press, 1971.
- [67] J. Kitching, "Why do mergers miscarry?" *Harvard Business Review*, 45(6), 84-101, 1967.
- [68] F. Vermeulen, "Song of the sirens," *Business Strategy Review*, 19, Autumn, 22-27, 2008.
- [69] J. Kitching, "Winning and losing with European acquisitions," *Harvard Business Review*, 52, 124-136, 1974. Cited in Angwin & Savill (1997).
- [70] J. Bleek, J. A. Isono, and D. Ernst, "Succeeding at cross-border mergers and acquisitions," *McKinsey Quarterly*, 3, 44-65. Cited in Angwin and Savill (1997), 1990.
- [71] J. Angwin, B. Savill, "Strategic perspectives on European cross-border acquisitions: A view from top European executives," *European Management Journal*, 15(4), 423-435, 1997.
- [72] N. Bohlin, E. Daley, and S. Thomson, "Successful Post-Merger Integration: Realizing the Synergies," *Handbook of Business Strategy*, Vol. 1 Iss: 1, pp.225 - 231, 2000.
- [73] B. R. Hoetzel, "Cultural Impact in Cross-Border Acquisitions: A Critical Review of the Literature," Germany: University of Applied Sciences Heilbronn, 2005.
- [74] S. Chatterjee, M. H. Lubatkin, D. M. Schweiger, and Y. Weber, "Cultural differences and shareholder value in related mergers: Linking equity and human capital," *Strategic Management Journal*, 13, pp. 319-334, 1992.
- [75] D. K. Datta, "Organizational fit and acquisition performance: Effects of post-acquisition integration," *Strategic Management Journal*, 12, pp. 281-297, 1991.
- [76] M. Lubatkin, D. Schweiger, and Y. Weber, "Top management turnover in related M & As: An additional test of the theory of relative standing," *Journal of management*, 25(1): 55-73, 1999.
- [77] R. Olie, "Shades of Culture and Institutions in International Mergers," *Organization Studies*, Vol. 15 (3), 381-405, 1994.
- [78] M. Schraeder, D. R. Self, "Enhancing the success of mergers and acquisitions: An organizational Culture perspective," *Management Decision*, 41(5): 511-522, 2003.
- [79] S. Zaheer, "Overcoming the liability of foreignness," *The academy of management journal*, 38(2): 341-363, 1995.
- [80] J. M. T. Balmer, K. Dinnie, "Corporate identity and corporate communications: the antidote to merger madness," *Corporate Communications*, 4 (4): 182-197, 1999.
- [81] O. Gadiesh, C. Ormiston, "Six rationales to guide merger success," *Strategy and Leadership*, 30 (4), 38-40, 2002.
- [82] J. Mc Donald, M. Coulthard, and P. de Lang, "Planning for a successful merger or acquisition: Lessons from an Australian study," *Journal of Global Business and Technology*, Vol1 No. 2, 2005.
- [83] J. G. Lynch, B. Lind, "Escaping merger and acquisition madness," *Strategy and Leadership*, 30 (2): 5-12, 2002.
- [84] U. Steger, C. Kummer, "Why merger and Acquisition (M & A) waves Reoccur- The Vicious circle from pressure to failure," 2007.
- [85] D. M. Depamphilis, "Mergers, Acquisitions, and other restructuring Activities," 3<sup>rd</sup> ed., Elsevier Inc., London, 2005.
- [86] T. Straub, "Reasons for frequent failures in mergers and acquisitions. A comprehensive analysis," DUV, Germany, 2007.
- [87] M. H. Lubatkin, "Mergers and the performance of the acquiring firm," *Academy Of Management Review*, 8, 218-226, 1983.
- [88] R. Salame, "Why do mergers fail? What can be done to improve their chances of success?" 2006.
- [89] B. Zukis, C. McGregor, "Human Resources: A Critical Component to Your M&A Success in Japan," *Success Stories Japan*, PwC Unifi Network Japan, November/December 1999.

## Assessing the Fitness of a Measurement Model Using Confirmatory Factor Analysis (CFA)

*Sabri Ahmad, Nazleen Nur Ain Zulkurnain, and Fatin Izzati Khairushalimi*

School of Informatics and Applied Mathematics,  
University Malaysia Terengganu,  
21300 Kuala Terengganu,  
Terengganu, 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:** The purpose of this research is to assess the fitness of a measurement model using Confirmatory Factor Analysis (CFA). A survey methodology using simple random sampling was carried out covering the 300 students. A structured questionnaire using the entrepreneurial intention as a subject was then distributed to 300 students. Then the confirmatory factor analysis (CFA) in structural equation modeling was employed to assess the fitness of a measurement model. The results implied that the fitness indexed of a measurement model achieved the required level. Based on this study, it revealed that all the fitness indexes achieved the level of acceptance. The measurement model is accepted. The model is fit to the data. It can be assembled into the structural model for further analysis.

**KEYWORDS:** Confirmatory Factor Analysis (CFA), Measurement Model, Structural Equation Modeling (SEM), Fitness Indexes, Entrepreneurial Intention.

### 1 INTRODUCTION

Confirmatory Factor Analysis (CFA) is a special form of factor analysis. CFA is employed to test whether the measures of a constructs are consistent with the researcher's understanding of the nature of that construct. There are two methods of running the CFA namely CFA for individual model and the CFA for pooled measurement model [1]. In this study, the researcher used the CFA pooled measurement model method in running the confirmatory factor analysis. The CFA is solved using the Structural Equation Modeling (SEM). Structural Equation Modeling (SEM) is a statistical methodology that takes a confirmatory for example hypothesis testing approach to the analysis of a structural theory bearing on some phenomenon [2].

This paper applies entrepreneurial intention as a research subject to be test for assessing the fitness of a measurement model. In particular, this paper has four variables namely Attitude Towards Behavior (ATB), Subjective Norm (SN), Perceived Behavioral Control (PBC) and Entrepreneurial Intention (EI).

### 2 METHODOLOGY

The target population was the 300 university students from Kelantan and Terengganu. Reference [3] suggested that when there is five or less latent construct and each latent construct has more than three measuring items, the minimum sample required is 100 samples. This study used primary sources of data since the data or information for this study originally collected through questionnaire.

There are eight steps involved in validating the measurement model:

- Run confirmatory factor analysis (CFA) for the measurement model.
- Examine the required fitness indexes for the measurement model. If the fitness indexes do not meet the required level, examine the factor loading.
- The item with factor loading less than 0.60 must be deleted. The item must be deleted one at a time (select the lowest factor loading to delete first).
- Run the new measurement model (the model after an item is deleted).
- Examine the fitness indexes (repeat step 3-4 until the fitness indexes achieved the level of acceptance).
- If the fitness indexes are still not achieved, look at the Modification Indices (MI). The high value of MI (above 15) indicates there are redundant items in the model.
- To solve the redundant items, the researcher could choose whether to delete one of the item (choose the lowest factor loading) or set the pair of redundant item as “free parameter estimate”.
- Run the measurement model and repeat the above steps until the fitness indexes achieved the level of acceptance.

There are several Fitness Indexes in SEM that reflect how fit is the model to the data. It is recommended that the use of at least on fitness index from each category of model fit [4]. The information concerning the level of acceptance for fitness indexes are presented in Table 1.

*Table 1. Index Category and Their Level of Acceptance*

Name of Category	Name of Index	Index Full Name	Level of Acceptance	Literature
Absolute Fit	Chisq	Discrepancy Chi Square	$P > 0.05$	[5]
	RMSEA	Root Mean Square of Error Approximation	$< 0.08$	[6]
	GFI	Goodness of Fit Index	$> 0.90$	[7]
Incremental Fit	AGFI	Adjusted Goodness of Fit	$> 0.90$	[8]
	CFI	Comparative Fit Index	$> 0.90$	[9]
	TLI	Tucker-Lewis Index	$> 0.90$	[10]
	NFI	Normed Fit Index	$> 0.90$	[11]
Parsimonious Fit	Chisq/df	Chi Square/Degree of Freedom	$< 5.0$	[12]

### 3 RESULT AND DISCUSSION

#### 3.1 DESCRIPTIVE ANALYSIS

Table 2 shows that the frequency for gender. The highest is female students which is 247 out of 300 students. The rest is male students which is 53 out of 300.

*Table 2. Gender*

Gender	Frequency	Percentage (%)
Male	53	17.7
Female	247	82.3
Total	300	100

Table 2 shows that the frequency for race. The highest is Malay student which is 274 out of 300 and possessed the percentage of 91.3%.

Table 3. Race

Gender	Frequency	Percentage (%)
Malay	274	91.3
Chinese	22	7.3
Indian	3	1.0
Others	1	0.3
Total	300	100

3.2 CONFIRMATORY FACTOR ANALYSIS (CFA)

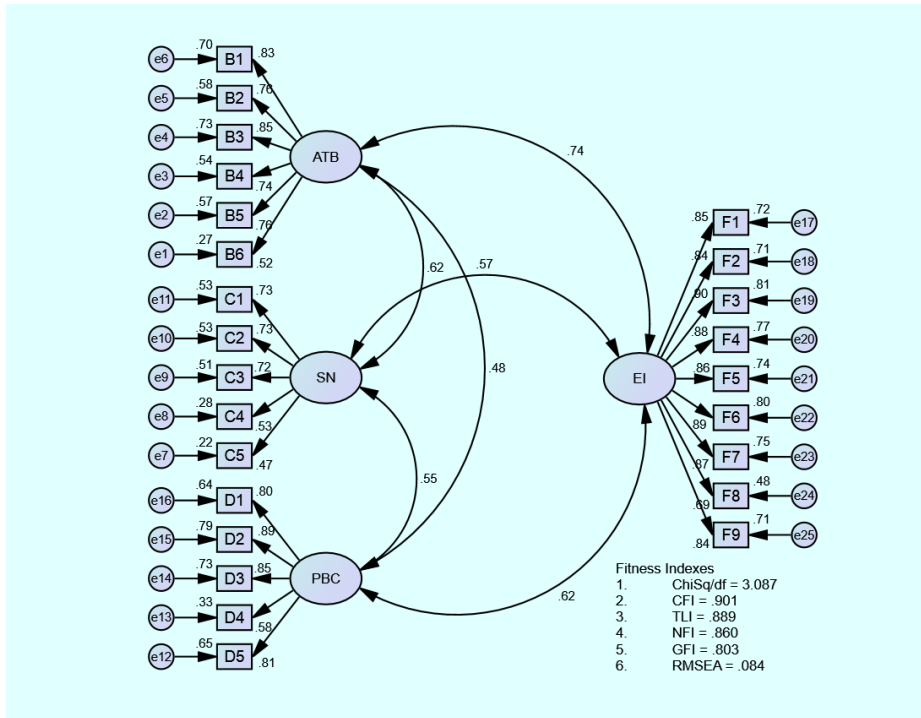


Fig. 1. The Factor Loading for all Items

Fig. 1 shows the CFA results with the fitness indexes and the factor loading for every item. As shown in the above figure, certain fitness indexes do not achieved the required level. There are several items that have factor loading less than 0.60 which are B6, C4, C5 and D4. These items must be deleted one by one and run the new measurement model.

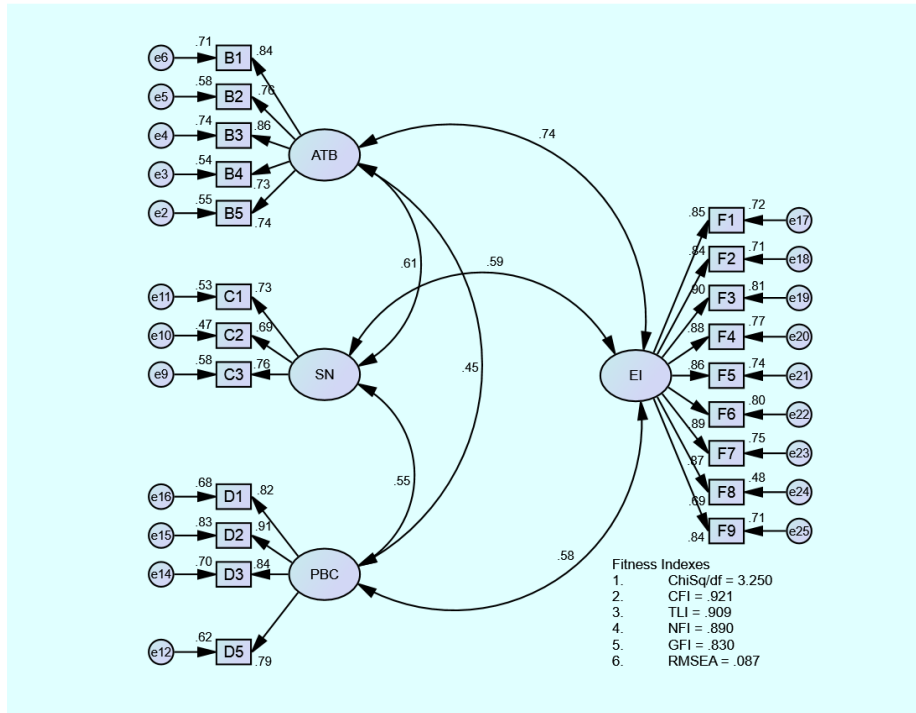


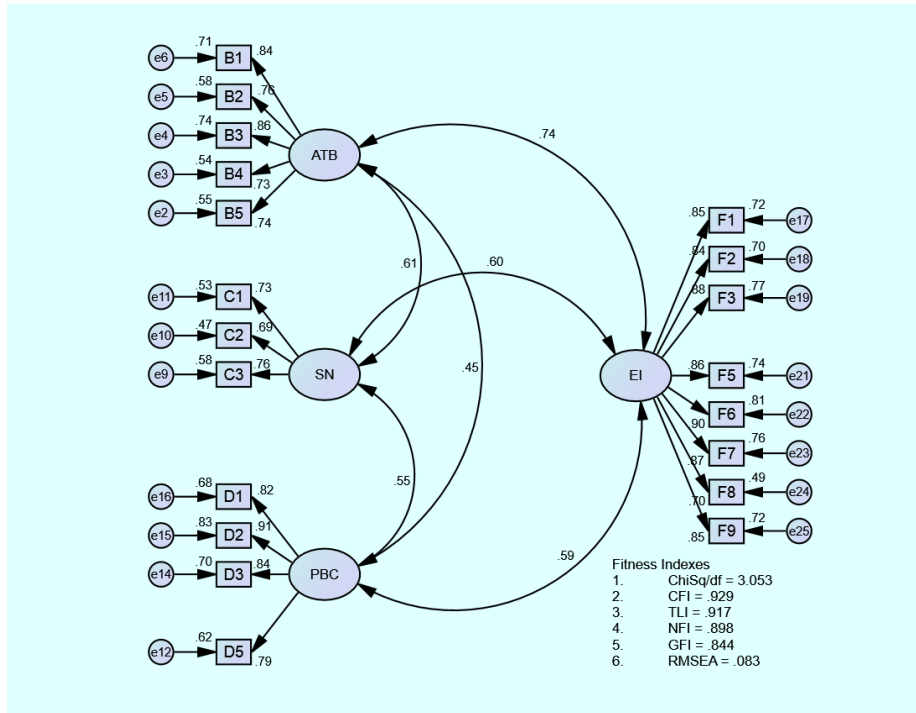
Fig. 2. The New Factor Loading After The Four Items were Deleted

Fig. 2 shows that the new measurement model after deleted item B6, C4, C5 and D4 one by one that have low factor loading less than 0.60. However, the fitness indexes for the model do not achieved the required level. Therefore, the value of Modification Indices (MI) was observed.

Table 4. Modification Indices (MI)

	Value of MI
e23 <--> e24	18.576
e22 <--> e23	52.666
e19<--> e23	20.747
e19 <--> e22	17.834
e19 <--> e20	63.298
e16 <--> e23	15.605
e15 <--> e16	19.291
e3 <--> e5	29.130
e2 <--> e3	16.866

Table 4 shows the value of MI. The MI value of 63.298 is the highest. When the MI value is greater than 15, the items are redundant. The correlated measurement error here is between e19 and e20. The redundant item is between F3 and F4. The researcher decides to delete one of the two redundant items and run the new measurement model. Since that the factor loading for item F4 is lower than the factor loading for item F3, the item F4 should be deleted.



**Fig. 3. The New Measurement Model After Deleted Item F4**

Fig. 3 shows that the new measurement model after item F4 was deleted. The value of fitness indexes still does not satisfy the required level. Therefore, the value of MI was observed again.

**Table 5. Modification Indices (MI) After Deleted F4**

	Value of MI
e22 <--> e23	46.182
e18 <--> e19	15.452
e16 <--> e23	17.993
e15 <--> e16	19.167
e3 <--> e5	29.313
e2 <--> e3	17.113

Table 5 shows the value of MI after deleted F4. The MI value of 46.182 is the highest. The correlated measurement error here is between e22 and e23. The redundant item is between F6 and F7. The researcher decides to delete one of the two redundant items and run the new measurement model. Since that the factor loading for item F7 is lower than the factor loading for item F6, the item F7 should be deleted.

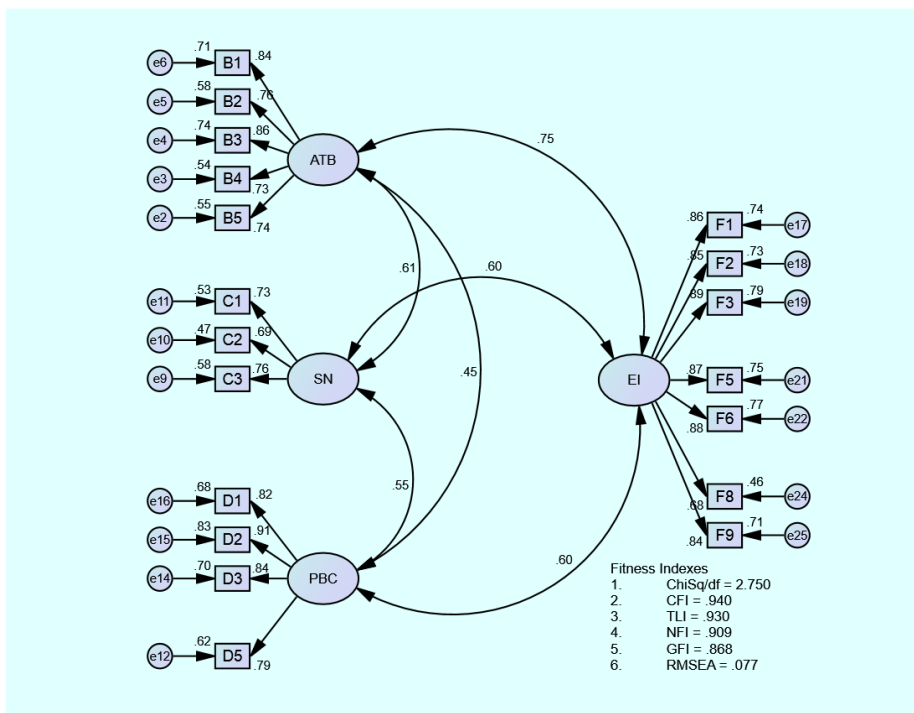


Fig. 4. The New Measurement Model After Deleted Item F7

Fig. 4 shows that the new measurement model after item F7 was deleted. The value of GFI still does not satisfy the required level. Therefore, the value of MI was observed again until all the value of fitness indexes achieved the level of acceptance.

Table 6. Modification Indices (MI) After Deleted F7

	Value of MI
e15 <--> e16	18.618
e3 <--> e5	28.955
e2 <--> e3	16.937

Table 6 shows the value of MI after deleted F7. The MI value of 28.955 is the highest. The correlated measurement error here is between e3 and e5. The redundant item is between B2 and B4. The researcher decides to delete one of the two redundant items and run the new measurement model. Since that the factor loading for item B4 is lower than the factor loading for item B2, the item B4 should be deleted.

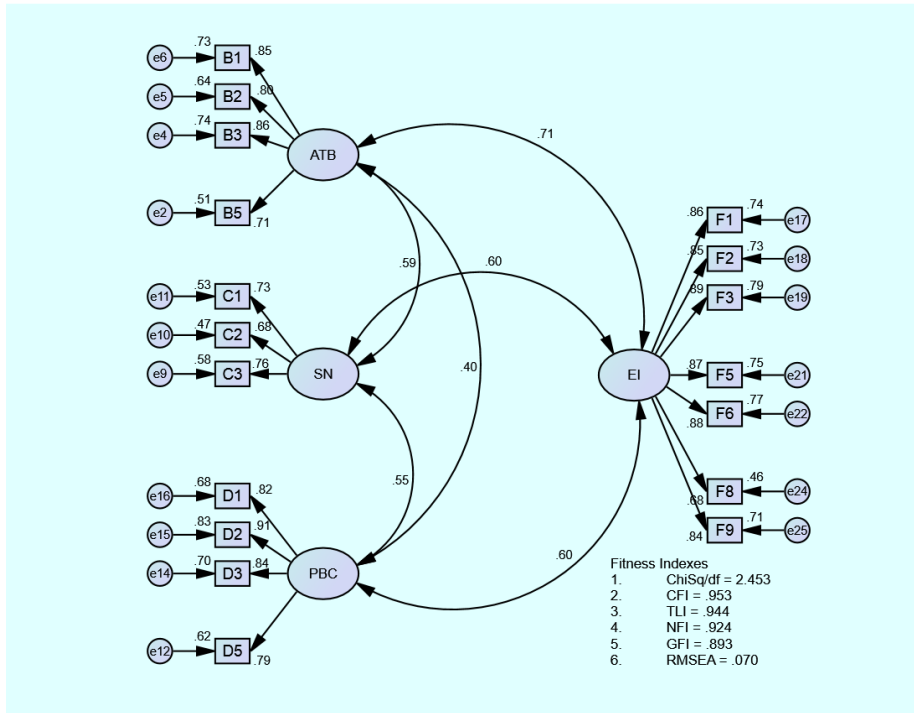


Fig. 5. The New Measurement Model After Deleted Item B4

Fig. 5 shows that the new measurement model after item B4 was deleted. The value of GFI still does not satisfy the required level. Therefore, the value of MI was observed again until all the value of fitness indexes achieved the level of acceptance.

Table 7. Modification Indices (MI) After Deleted B4

	Value of MI
e15 <--> e16	18.618

Table 7 shows the value of MI after deleted B4. There is only one pair of item that are redundant. The correlated measurement error here is between e15 and e16. The redundant item is between D1 and D2. The researcher decides to set these two correlated measurement errors of redundant items as a "free parameter".

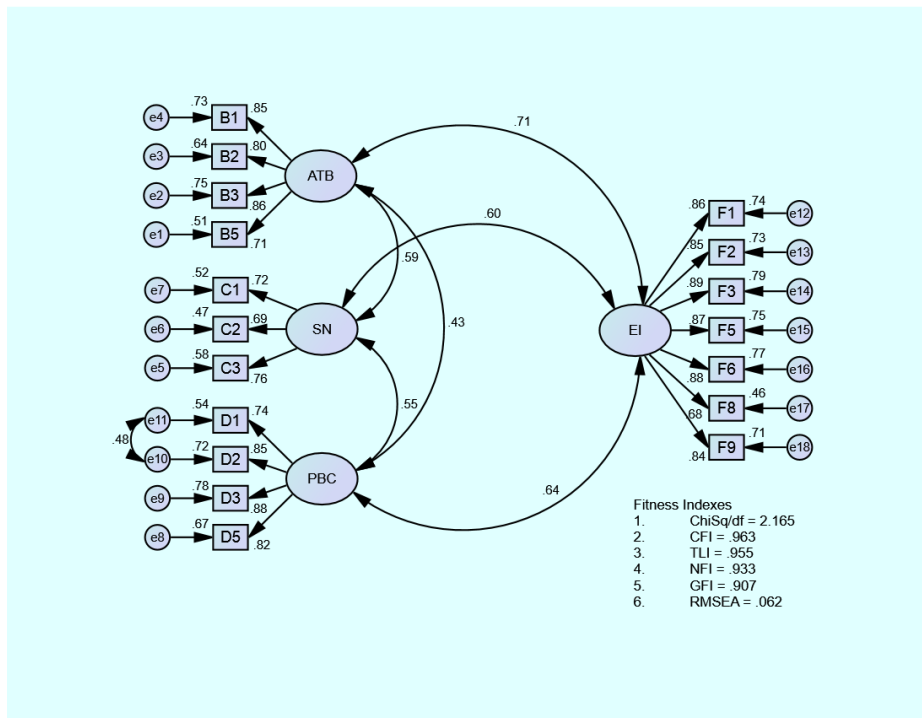


Fig. 6. The Last Measurement Model

Fig. 6 shows that the last measurement model. The fitness indexes have improved after the two redundant items are constrained in the model. All the value of fitness indexes has achieved the required level.

Table 8 shows that the summary of fitness indexes for the last measurement model.

Table 8. Summary for Fitness Indexes

Name of Category	Name of Index	Index Value	Comments
Absolute Fit	RMSEA	0.062	Achieved the required level
	GFI	0.907	Achieved the required level
Incremental Fit	CFI	0.963	Achieved the required level
	TLI	0.955	Achieved the required level
	NFI	0.933	Achieved the required level
Parsimonious Fit	Chisq/df	2.165	Achieved the required level

Table 9. Summary for All Constructs

Construct	Item	Factor Loading	Cronbach Alpha	CR	AVE
Attitude Towards Behavior (ATB)	B1	0.85	0.879	0.882	0.652
	B2	0.80			
	B3	0.86			
	B5	0.71			
Subjective Norm (SN)	C1	0.72	0.767	0.767	0.524
	C2	0.69			
	C3	0.76			
Perceived Behavioral Control (PBC)	D1	0.74	0.901	0.894	0.679
	D2	0.85			
	D3	0.88			
	D5	0.82			
Entrepreneurial Intention (EI)	F1	0.86	0.943	0.944	0.708
	F2	0.85			
	F3	0.89			
	F5	0.87			
	F6	0.88			
	F8	0.68			
	F9	0.84			

Table 9 shows that the summary of confirmatory factor analysis (CFA) for all constructs in the last measurement model. Based on the table above, the value of Cronbach Alpha is higher than 0.70. Other than that, the value of Composite Reliability (CR) are greater than 0.6. The value of Average Variance Extracted (AVE) is above 0.5.

#### 4 DISCUSSION

The result shows that all fitness indexes of the measurement model achieved the required level. In the category of absolute fit, the value of RMSEA is 0.062 which is lower than 0.08. The value of GFI is 0.907 which is greater than 0.90. In the category of incremental fit, the value of CFI, TLI and NFI are 0.963, 0.955 and 0.933 which are higher than 0.90. In the category of parsimonious fit, the value of chisq/df is 2.165 which is lower than 5.0. All the value of fitness indexes satisfied the level of acceptance.

The value for Cronbach Alpha for four construct are 0.879, 0.767, 0.901 and 0.943. All the value of Cronbach Alpha are greater than 0.70. The values of Average Variance Extracted (AVE) for all constructs are greater than 0.50 which are 0.652, 0.524, 0.679 and 0.708. Other than that, all the value s of Composite Reliability (CR) for all constructs are greater than 0.60 which are 0.882, 0.524, 0.679 and 0.944.

#### 5 CONCLUSION

The researcher can conclude that the model is fit to the data since that the fitness indexes for the measurement model achieved the level of acceptance suggested by the literature. Other than that, the value of Cronbach Alpha for Attitude Towards Behavior (ATB), Subjective Norm (SN), Perceived Behavioral Control (PBC) and Entrepreneurial Intention(EI) are greater than 0.70 as suggested by Reference [13]. Besides that, the values of Average Variance Extracted (AVE) for all constructs are greater than 0.50. Other than that, the values of Composite Reliability (CR) for all construct in this study are greater than 0.6 as recommend by Reference [14]. The measurement model is accepted. It can be assembled into the structural model for further analysis.

#### ACKNOWLEDGMENT

I would like to express my sincere gratitude to my supervisor Associate Professor Dr. Sabri Ahmad for the continuous support and his patience, motivation and immense knowledge. His guidance helped me in all the time of writing this research paper. Besides my supervisor, I thank my friend Fatin Izzati Khairushalimi for the stimulating discussion we have done before

the deadlines submission of this paper. The first author designed the study and manages the literature search. The second author manages the methodology, performed the analysis and writing the paper. The third author wrote the introduction and conclusion. All authors read and approved the manuscript.

**REFERENCES**

- [1] Zainudin, A. (2015). SEM Made Simple: A Gentle Approach to Learning Structural Equation Modeling. MPWS Rich Publication Sdn. Bhd.
- [2] O. V. ADEOLUWA, O. S. ABODERIN, and O. D. OMODARA, "An Appraisal of Educational Technology Usage in Secondary Schools in Ondo State (Nigeria)," *International Journal of Innovation and Scientific Research*, vol. 2, no. 3, pp. 265–271, 2013.
- [3] Hair, J.F., Black, W.C., Babin, B.J. & Anderson, R.E. (2010) *Multivariate Data Analysis* (7<sup>th</sup> Ed). Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- [4] Holmes-Smith, P., Coote, L. & Cunningham, E. (2006). *Structural Equation Modeling: From the Fundamental to Advanced Topics*. Melbourne: Streams.
- [5] Wheaton, B. (1987). Assessment of fit in overidentified models with latent variables. *Sociological Methods and Research*, 16, 118–154.
- [6] Browne, M. W., & Cudeck, R. (1993). Alternative ways of assessing model fit. In K. A. Bollen, & J. S. Long (Eds.), *Testing Structural Equation Models*. Newbury Park, CA: Sage.
- [7] Joreskog, K.G. & Sorbom, D. (1984). *LISREL-VI user's guide* (3<sup>rd</sup> ed.). Mooresville, IN: Scientific Software.
- [8] Tanaka, J.S. & Huba, G.J. (1985). A fit index for covariance structure models under arbitrary GLS estimation. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology* 38: 197-201.
- [9] Bentler, P.M. (1990). Comparative fit indexes in structural models. *Psychological Bulletin* 107: 238-246.
- [10] Bentler, P.M. & Bonett, D.G. (1980). Significance tests and goodness of fit in the analysis of covariance structures. *Psychological Bulletin* 88: 588-606.
- [11] Bollen, K.A. (1989b). A new incremental fit index for general structural equation models. *Sociological Methods and Research* 17: 303-316.
- [12] Marsh, H.W. & Hocevar, D. (1985). Application Of Confirmatory Factor Analysis To The Study Of Self-Concept: First- And Higher-Order Factor Models And Their Invariance Across Groups. *Psychological Bulletin*, 97, 562–582.
- [13] Nunnally, J.C., & Bernstein, I.H. (1994). *Psychometric theory* (3rd Ed.). New York: McGraw-Hill.
- [14] Fornell, C., Larcker, D.F (1981), "Evaluating structural equations models with unobservable variables and measurement error", *Journal of marketing Research*, Vol. 18, 39-50.

## Study of a Circular Monopole Antenna with T-shaped Slot in the Patch for Ultra Wideband (UWB) Applications

*Nisrin Sabbar<sup>1</sup>, Hassan Asselman<sup>1</sup>, Saida Ahyoud<sup>2</sup>, and Adel Asselman<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Optics and Photonics group,  
Faculty of Science, Abdelmalek Essaadi University,  
Tétouan, Morocco

<sup>2</sup>Information Technology and Systems Modeling group,  
Faculty of Science, Abdelmalek Essaadi University,  
Tétouan, Morocco

---

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

**ABSTRACT:** This paper presents a study of a novel monopole antenna for ultra wideband (UWB) applications. Printed on a dielectric substrate FR4 and fed by a 50 microstrip line, a planar circular monopole has been demonstrated to provide an ultra wide 10 dB return loss bandwidth with satisfactory radiation properties. A T-shaped slot, cut in the radiating patch, increase the impedance bandwidth of the proposed antenna up to 131%. The parameters which affect the performance of the antenna in terms of its frequency domain characteristics are investigated. The proposed antenna is optimized by ANSOFT High Frequency Structure Simulator (HFSS). Details of the proposed antenna design and simulated results is described and discussed.

**KEYWORDS:** UWB antenna, monopole antenna, T-shaped slot, circular patch, partial ground plane.

### 1 INTRODUCTION

Since the Federal Communication Commission (FCC) first approved rules for the commercial use of ultra-wideband (UWB) in 2002 [1], [2]. Both the feasible design and implementation of UWB system have become a highly competitive topic in academy and industry communities of telecommunications. In particular, as a key component of the UWB system, an extremely broadband antenna, which has attracted significant research power in the recent years [3], will be launched in the frequency range from 3.1GHz to 10.6GHz [4], [5]. Challenges of the feasible UWB antenna design include the UWB performances of the impedance matching and radiation stability, the compact appearance of the antenna size, the low manufacturing cost for consumer electronics applications [6].

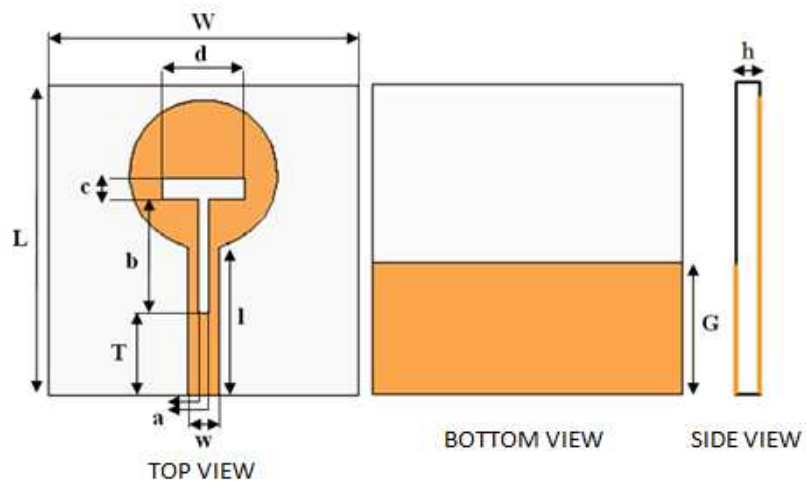
Ultra-wideband (UWB) technology is one of the most promising solutions for future communication systems due to its high speed data rate and excellent immunity to multi-path interference. UWB antenna design has some challenges including the ultra wide band performance of impedance matching and radiation stability [11], [12], [13], compact antenna size, and low manufacturing cost for consumer electronics application [7].

Conventional UWB antennas in the geometry of either log periodic or spiral tend to be dispersive. They usually radiate different frequency components from different parts of the antenna, which distorts and stretches out the radiated waveform [8]. Recently, several broadband monopole configurations, such as circular, square, elliptical, pentagonal and hexagonal, have been proposed for UWB applications [9], [10]. These broadband monopoles feature wide operating bandwidths, satisfactory radiation properties, simple structures and ease of fabrication.

In this paper, a novel design of printed circular monopole fed by microstrip line is proposed and investigated. The ultra wideband antenna is obtained by inserting T-shaped slot in the radiating patch. The antenna design was performed using the HFSS software. The simulation results show that the ultra wideband antenna covers frequency band 2.76 – 13.18 GHz ( $S_{11} < -10$  dB). The paper is organized in the following sections. Section 2 describes the proposed antenna design. Section 3 analyzes the characteristics of the antenna. Section 4 summarizes and concludes the study.

**2 ANTENNA DESIGN**

The geometry of the proposed UWB antenna with partial ground plane is illustrated in figure 1. The antenna is fed with a 50 Ohm microstrip line, imprinted on the FR4 substrate with thickness 1.6 mm, relative permittivity of 4.4 and loss tangent 0.02. The shape of the radiating element is circular with a radius of R. The T-shaped slot is embedded on the radiating patch. The design and study of the proposed antenna with a bandwidth of operation below -10dB, which extends from 2.76 to 13.18 GHz, are presented. The antenna parameters are summarized in table 1.



**Fig. 1.** The geometry of the proposed UWB antenna

**Table 1.** Parameter's values of the proposed antenna

Parameter	W	L	w	l
Dimension (mm)	30	30	3	14.5
Parameter	G	R	a	c
Dimension (mm)	12.8	7.2	1	2

**3 SIMULATED RESULTS**

The proposed antenna presents a reflection coefficient of -10 dB over the entire frequency band (2.76-13.18 GHz). The influence of the slot sees itself clearly in the improvement of the adaptation and also at the level of the bandwidth. However, compared with the antenna without slot, whose coefficient reflection is upper to -10 dB in the frequency band (8.8-10.2 GHz), this antenna presents one better adaptation. A maximal coefficient reflection of -18dB with the frequency of 3.61 GHz is obtained. The bandwidth obtained for a coefficient of reflection of -10dB is from 2.76 to 13.18 GHz.

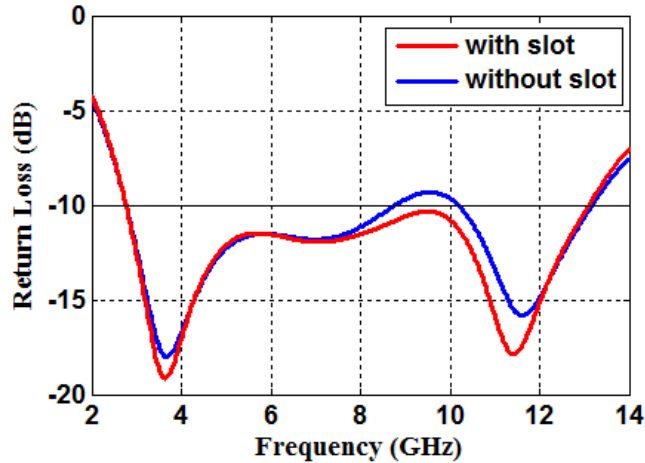


Fig. 2. Simulated return losses of the proposed antenna with and without T-shaped slot

Fig. 2 shows the return loss of the proposed antenna with and without T-shaped slot. We note that the ultra-wideband antenna has a bandwidth impedance between 2.76 GHz and 13.18 GHz, and Two resonance modes are observed, one centered around 3.61GHz and the other around 11.35GHz. The results are obtained with the optimal parameters shown in the table1.

### 3.1 EFFECT OF T PARAMETER

The coefficient of reflection of the antenna for various values of the parameter T is shown in fig. 3. In this part of the study, only the position of the T-slot will be changed. The other parameters of the slot remain fixed. We noticed that with the decrease of the parameter T the bandwidth of the frequency is increased to 131 %, then an improvement in the adaptation in all the frequency bands.

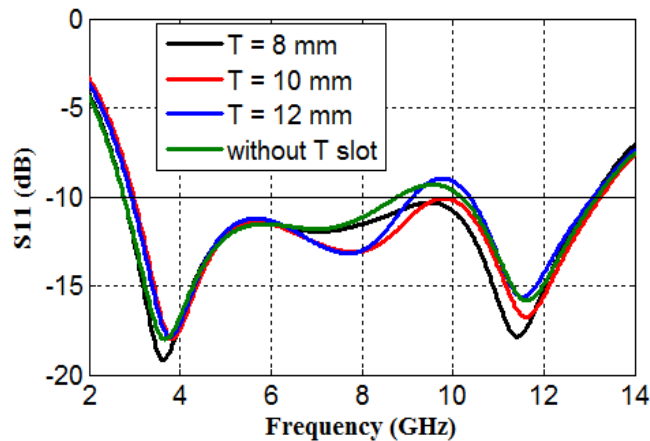


Fig. 3. Simulated reflection coefficient curves for different T values

### 3.2 EFFECT OF B, C AND D PARAMETERS

Fig. 4, fig. 5 and fig. 6 show the simulated reflection coefficient of the proposed antenna for various values of the dimensions of the T-shaped slot. In order to study the influence of dimensions of the slot on the characteristics of the antenna and in particular the coefficient of reflection, we will vary the length and the width of the slot noted b, c and d respectively. First of all we vary the parameter b (fig. 4), we noticed that the bandwidth widens with the increase of the parameter b. For b = 12 mm the bandwidth is increased up to 125 %. For the second parameter c (fig. 5), we noticed that with the increase of parameter c the adaptation of the proposed antenna improves for the first frequency of resonance, On the other hand, when c decreases the adaptation is improved for the second resonance frequency. For the study of the

parameter  $d$ , we showed that this played parameter an important role in the improvement of the adaptation (fig. 6), the adaptation improves in all of the bandwidth when  $d = 8$  mm.

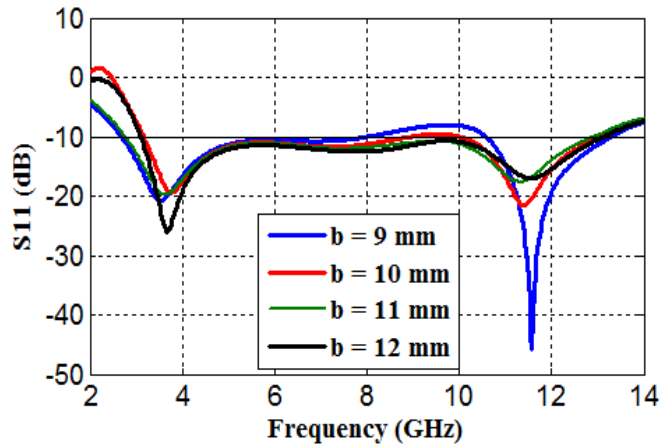


Fig. 4. Simulated reflection coefficient curves for different  $b$  values

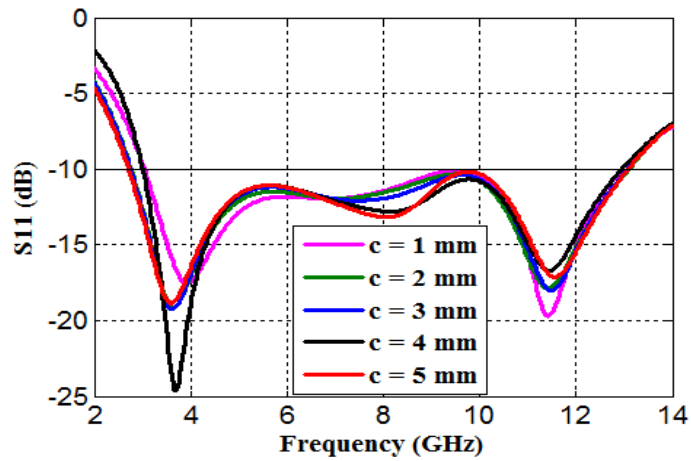


Fig. 5. Simulated reflection coefficient curves for different  $c$  values

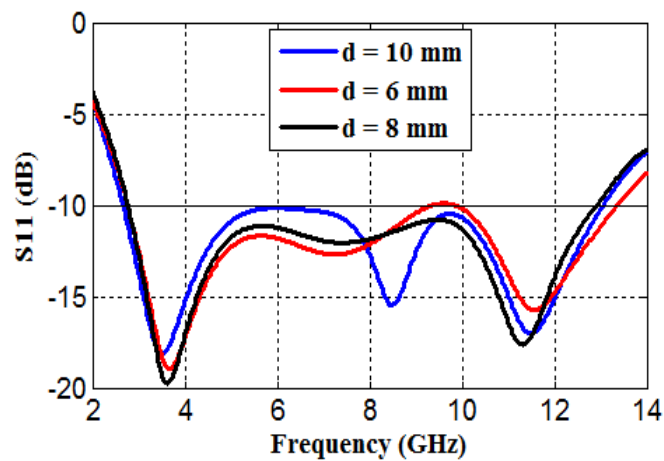


Fig. 6. Simulated reflection coefficient curves for different  $d$  values

### 3.3 CURRENT DISTRIBUTION

Fig. 7 shows the current distribution simulated on the radiating element with the slot and the ground plane in two resonance frequencies 3.61 GHz (fig. 7 (a)) and 11.35 GHz (fig. 7 (b)) respectively. One can notice that for the two frequencies of resonance, the distribution of the current surface is mainly concentrated on the line of feeding. At the level of patch the distribution of current surface is important in the inferior edges of the second frequency of resonance. On the other hand, for the first frequency of resonance the distribution of the surface currents decreases in the level of the patch. We can notice also that for the partial mass plan the current distribution is important for the first frequency of resonance and less important for the second frequency of resonance.

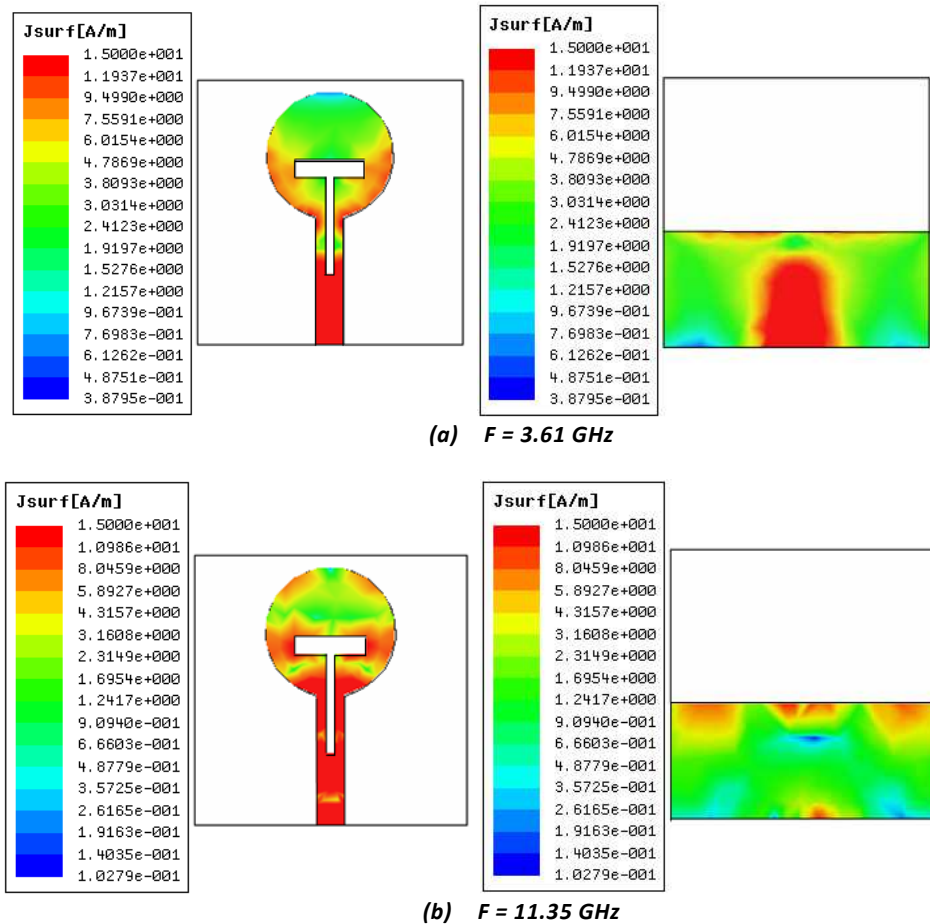


Fig. 7. Simulated current distributions on the monopole and the ground plane, (a)  $f = 3.61 \text{ GHz}$  and (b)  $f = 11.35 \text{ GHz}$

### 3.4 GAIN AND RADIATION PATTERN

Fig. 8 shows the antenna peak gain in the frequency bands of 2-14GHz for the proposed UWB antenna. We observe that the significant antenna gain increase at 3.61GHz and 11.35GHz indicate the effect of band function clearly.

Two principal planes are selected to present the radiation pattern of the proposed antenna. These are called E plane ( $\varphi = 0$ ) and the H plane ( $\varphi = \pi/2$ ). Fig. 9 shows the radiation patterns in the H-plane and E-plane of the proposed antenna at frequency 3.61GHz and 11.35GHz. We can observe that the radiation pattern in the E-plane is omnidirectional for 3.61GHz and nearly omnidirectional for 11.35GHz. While in H-plane, the radiation pattern is bidirectional.

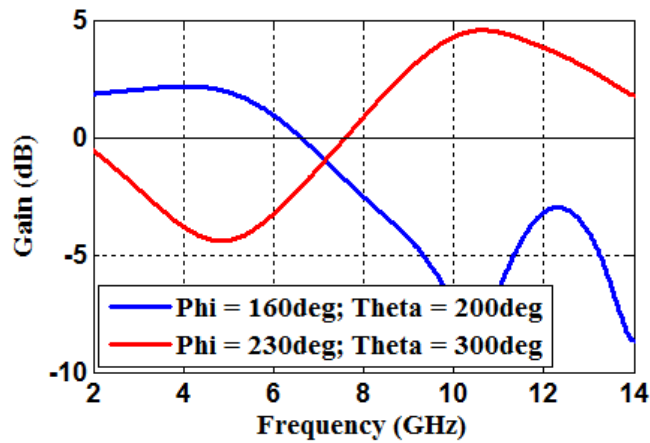


Fig. 8. Simulated gain of the proposed UWB antenna

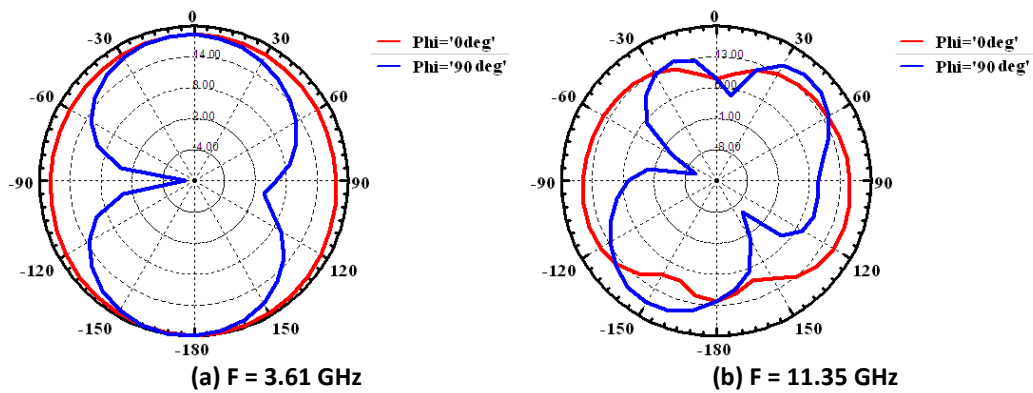


Fig. 9. Simulated radiation patterns of the proposed antenna, (a)  $f = 3.61$  GHz and (b)  $f = 11.35$  GHz

3.5 COMPARISON BETWEEN RECENTLY DEVELOPED ANTENNAS AND THE PROPOSED ANTENNA

Fig. 10 shows the geometries of reference antennas and proposed antenna, these antennas are of shape circular and characterized by the impression on the substrate FR4.

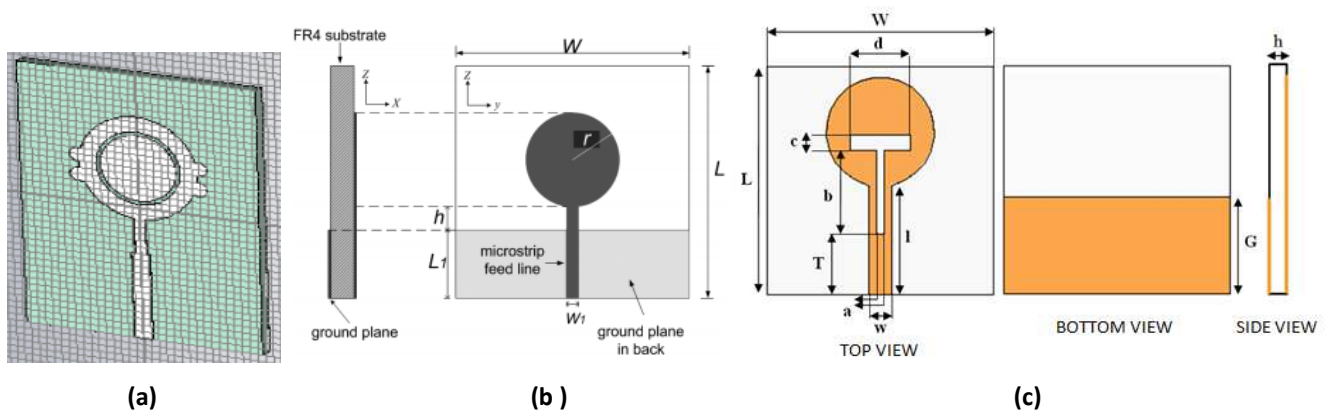


Fig. 10. Geometry of the reference antennas and the proposed antenna, (a) [11], (b) [12] and (c) proposed antenna

Table 2 presents a comparison between the performances of some recently developed UWB antennas and the proposed antenna. The proposed antenna shows wide impedance bandwidth and compact size.

Table 2. Comparison between recently developed antennas and the proposed antenna

Antenna	UWB (GHz)	L (mm)	W (mm)	h (mm)
Proposed antenna	2.76 – 13.18	30	30	1.6
[11]	3.1 – 10	40	30	1.59
[12]	2.69 – 10.16	50	42	1.5
[13]	2.6 – 10.6	42	42	1.5

#### 4 CONCLUSION

A new compact planar circular ultra wide band antenna for UWB applications have been proposed and discussed. The circular patch antenna ring ultrawide-bandwidth between 2.76 GHz and 13.18 GHz, with the impedance bandwidth 131%. The result of the simulated S11, gain and radiation pattern for the proposed antenna shows good performance.

#### REFERENCES

- [1] First Report and Order, "Revision of Part 15 of the Commission's Rules Regarding Ultra-Wideband Transmission Systems" *Federal Communications Commission 02-48*, FCC 02-48, 2002.
- [2] M. N. Srfi, S. K. Podilchak, M. Essaidi and Y. M. Antar, "Compact Disc Monopole Antenna for Current and Future Ultrawideband (UWB) Applications," *IEEE Transactions on Antenna and Propagation*, vol. 59, no. 12, pp. 4470–4480, 2011.
- [3] Ma, T. G. and S. K. Jeng, "Planar Miniature Tapered-slot-fed Annular Slot Antennas for Ultrawideband Radios," *IEEE Transactions on Antenna and Propagation*, vol. 53, no. 3, pp. 1194–1292, 2005.
- [4] P. T. Chaudhari, A. J. Deore and J. B. Jadhav, "Printed Circular Monopole Antenna for UWB Applications," *International Journal of Computer Applications*, pp. 11–14, 2014.
- [5] M. H. D. Yaccoub, A. Jaoujal, M. Younssi, A. EL Moussaoui and N. Akin, "Rectangular Ring Microstrip Patch Antenna for Ultra-wide Band Applications," *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 4, no. 2, pp. 441–446, 2013.
- [6] M. Pallavi and A. Sudhakar, "Printed Rectangular Patch Antenna for Wireless Applications at UWB," *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, vol. 4, no. 9, pp. 7738–7745, 2015.
- [7] N. A. Touhami, Y. Yahyaoui, A. Zakriti, K. Bargach, M. Boussois, M; Lamsalli and A. Tribak, "A Compact CPW-Fed Planar Pentagon Antenna for UWB Applications," *Progress In Electromagnetics Research C*, vol. 46, pp. 153–161, 2014.
- [8] H. G. Schantz, "Ultra Wideband Technology Gains a Boost From New Antennas," *Antenna Systems and Technology*, vol. 4, no. 1, 2001.
- [9] M. J. Ammann and Z. N. Chen, "Wideband Monopole Antennas for Multi-bande Wireless Systems," *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, vol. 45, no. 2, pp. 146-150, 2003.
- [10] Z. N. Chen, M. Y. W. Chia and M. J. Ammann, "Optimization and Comparison of Broadband Monopoles," *IEE Proc.-Microw Antennas Propag*, vol. 150, no. 6, pp. 429-435, 2003.
- [11] S. Rani, E. D. Singh and K. Sherdia, "UWB Circular Microstrip Patch Antenna Design Simulation & its Analysis," *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, vol. 3, no. 7, pp. 7519–7521, 2014.
- [12] J. Liang, C. C. Chiau, X. Chen and C. G. Parini, "Study of a Printed Circular Disc Monopole Antenna for UWB Systems," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 53, n. 11, pp. 3500–3504, 2005.
- [13] P. Li, J. Liang and X. Chen, "Study of printed Elliptical/Circular Slot Antennas for Ultrawideband Applications," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 54, no. 6, pp. 1670–1675, 2006.

## Une approche ontologique pour la gestion des connaissances des techniques d'interaction 3D en EV

### [ An ontological approach for knowledge management of 3D techniques interaction in EV ]

*Hamid Hrimech*

Laboratoire d'analyse et modélisation de système pour l'aide à la décision,  
Ecole Supérieure de Technologie de Berrechid, Université Hassan Premier,  
Berrechid, Maroc

---

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

**ABSTRACT:** The last decades have seen an important innovation and technological development in virtual reality RV thanks to the increasing of computing power and the progress in interfacing (3D navigation and manipulation devices, CAVE, HMD, 3D screen, data-gloves, haptic system...Etc.). However, the virtual reality technology improvements, and in particular the 3D interaction techniques, were not followed by a significant improvement in terms of knowledge management. The virtual environment (VE) knowledge management is an important challenge. Many problems are posed and they are technological, cognitive and social and strongly coupled, it is about data exchange, the VE management, peripheral devices, the context of VE implementation, the interaction between users, and the feeling of the presence or co-presence. The goal of this paper is to propose an ontological knowledge management of 3D interaction techniques in VE, This ontology could be used by the VE designers and researchers during the design phase.

**KEYWORDS:** Virtual environment, 3D interaction, knowledge management.

**RÉSUMÉ:** Les dernières décennies ont connu une émergence et un développement technologique important de la réalité virtuelle (RV) grâce à la puissance de calcul croissante des ordinateurs et aux progrès en matière d'interfaçage (périphériques et interfaces multimodales de navigation et de manipulation en trois dimensions : CAVE, visiocasques ou écrans 3D, gants de manipulation, systèmes haptiques, etc...). Cependant, les améliorations technologiques de la réalité virtuelle et surtout de l'interaction 3D dans les environnements virtuels (EV) n'ont pas été suivies par une amélioration significative en termes de gestion de connaissance dans ce domaine. La gestion de connaissances d'un environnement virtuel (VE) est un défi majeur dans le domaine de la réalité virtuelle (RV). Les problèmes à traiter sont nombreux, ont un caractère technologique, cognitif et social et sont fortement couplés. Il s'agit d'échange des données, de la gestion de l'EV, des interfaces, de la mise en contexte de l'EV, des interactions entre les utilisateurs et les données numériques, la sensation de la présence ou de la coprésence dans un EV. L'objectif de cet article est de proposer une gestion des connaissances de type ontologique des techniques d'interaction 3D en EV. Cette ontologie pourra être utilisée par les chercheurs et les concepteurs des EV 3D interactives dans la phase de conception d'un nouvel EV.

**MOTS-CLEFS:** Environnements virtuels, interaction 3D, gestion des connaissances.

## 1 INTRODUCTION

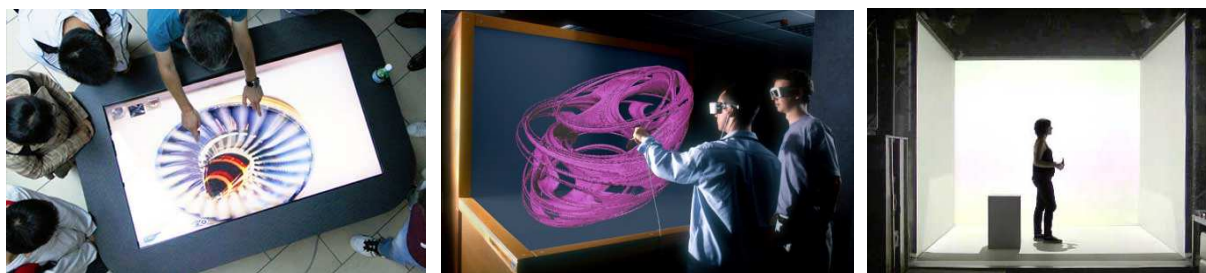
Dans la phase de conception d'un EV, il est nécessaire de prendre en compte plusieurs facteurs comme le domaine d'application [1], les techniques d'interaction 3D ou encore les périphériques d'entrées/sorties. Dans cet article, nous nous intéressons à l'interaction 3D dans les environnements avec une approche ontologique. Cette ontologie a pour objectif principal d'aider les concepteurs à choisir les techniques ou les métaphores d'interaction 3D les plus adéquates possible à un contexte d'utilisation dans un EV à partir d'un ensemble de critères et de contraintes.

Dans la première partie de cet article, nous discuterons des EVs interactifs en rappelant brièvement les approches. La deuxième partie sera consacrée à la présentation de notre approche ontologique 3DIONT. Nous insisterons en particulier sur l'objet de conceptualisation, la méthode de création de l'ontologie, le contenu et l'utilisation de cette ontologie. Enfin, en guise de conclusion nous décrirons dans la troisième partie les principaux apports de notre démarche ainsi que les futures directions de recherche.

## 2 LES ENVIRONNEMENTS VIRTUELS

Un EV est le lieu qui accueille un ou plusieurs utilisateurs afin de leur permettre de réaliser des tâches spécifiques, en leur donnant la sensation d'être dans un nouveau lieu. Un EV est représenté par un modèle 3D de données réelles ou imaginaires qu'on peut visualiser et avec lesquelles on peut interagir en temps réel [2]. On distingue différents types d'EV en fonction du degré d'immersion que l'on souhaite donner à l'utilisateur [3] (voir figure 1) :

- Environnement non immersif;
- Environnement semi immersif;
- Environnement immersif.



*Fig. 1. Table interactive et collaborative de grande dimension non immersive, installée à l'institut Image Arts et Métiers ParisTech (à gauche), workbench semi immersif l'Holobench™ de TAN, installé à l'INRIA (au centre), MoVe (Modular Virtual Environment) dispositif immersif installé à l'institut Image Arts et Métiers ParisTech (à droite)*

Cependant dans un EV des tâches simples comme la navigation ou le déplacement d'un objet 3D se représentent comme des tâches complexes qui nécessitent encore beaucoup d'efforts pour les accomplir. Le défi des EV consiste justement à développer des techniques d'interaction innovantes avec l'ambition d'offrir à l'utilisateur une interaction le « plus naturelle » possible. Il est donc nécessaire de trouver de nouvelles formes d'interaction en EV.

### 2.1 L'INTERACTION 3D

L'interaction 3D peut être définie comme une forme d'interaction entre l'homme et la machine dans un contexte tridimensionnel. Généralement, cette interaction nécessite trois éléments essentiels:

- **Les périphériques d'entrée utilisés pour interagir avec l'EV** : Les dispositifs d'entrée ont une influence très importante sur les performances des utilisateurs dans les EVs (voir figure 2). Parmi les plus connues, il existe trois taxonomies permettant de classer les dispositifs d'entrée: la taxonomie de Buxton [4], la taxonomie de Card, Mackinlay et Robertson [5], et la taxonomie de Jacob et Sibert [6].

Buxton a créé une taxonomie bidimensionnelle représentant le nombre de dimensions spatiales qu'un dispositif peut détecter (qui ne doit pas être confondu avec le nombre de degrés de liberté offerts par le dispositif), ainsi que les actions senties (position, mouvement ou pression) [4]. Cependant, cette taxonomie inclut seulement les dispositifs continus. [5], ont développé leur propre taxonomie pour inclure des entrées discrètes et continues, où les dispositifs discrets mesurent seulement une valeur booléenne et les dispositifs continus sont habituellement capables de mesurer un nombre « infini » de valeurs [5]. Cependant, ces taxonomies tendent à traiter les dispositifs qui produisent la même information et ignorent les qualités subjectives du dispositif. Jacob et Sibert ont ajouté un facteur important aux deux taxonomies précédentes en considérant deux composants d'interaction [6]: les propriétés physiques du dispositif d'entrée et la structure perceptuelle de l'espace de la tâche. En d'autres termes, comment la tâche est perçue joue un rôle crucial dans la façon dont le dispositif d'entrée est utilisé pour accomplir l'accomplir.

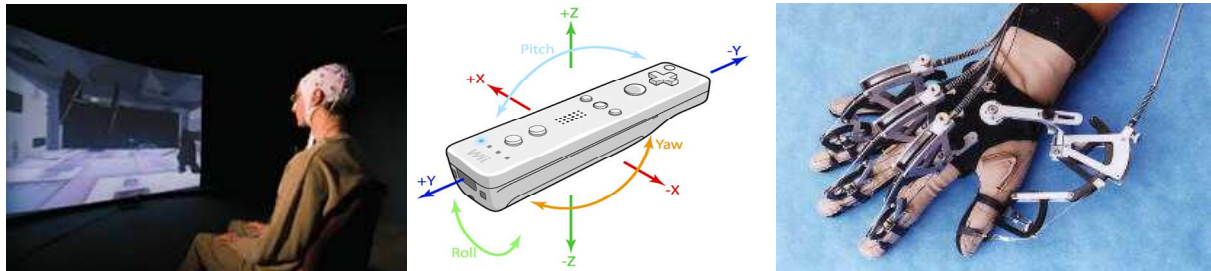


Fig. 2. Navigation virtuelle commandée par la pensée. Photo : Hubert Raguét/Photothèque CNRS (à gauche), au centre le Nintendo Wiimote, Le CyberGrasp™ de VTi (à droite)

- **Les techniques d'interaction qui traduisent les mouvements et actions de l'utilisateur dans l'EV :** D'après Coquillart, on peut considérer les techniques d'interaction 3D comme un ensemble de méthodes ou scénarios de l'utilisation d'une interface matérielle, permettant à l'utilisateur d'effectuer une tâche précise dans un EV [7] (voir figure 3). Selon [8], une métaphore d'interaction est une image symbolique d'une action ou d'une perception utilisée pour réaliser une tâche précise dans un EV. Il s'agit de la transposition d'un objet ou d'un concept réel dans le monde virtuel. On parle par exemple de métaphore de la main virtuelle (Virtual Hand): il s'agit de la transposition de la main de l'utilisateur dans l'EV [7].



Fig. 3. Technique de navigation le LIGTH (à gauche), le Voodoo Dolls (au centre), le Ray Casting (à droite).

- **Les périphériques de sortie qui permettent de restituer le résultat de l'interaction avec l'utilisateur:** Les dispositifs de sortie permettent de fournir des informations sensorielles à l'utilisateur. Ils incluent des dispositifs d'affichage, les dispositifs sonores et les dispositifs haptiques (voir figure 4).



Fig. 4. Un visiocasque (à gauche), Simulateur de conduite dynamique (SAAM) installé à l'institut image Arts et Métiers ParisTesch (au centre), Salle immersive le Move installé à l'institut image Arts et Métiers ParisTesch (à droite)

### 3 L'APPROCHE ONTOLOGIQUE

Il existe plusieurs définitions différentes du terme ontologie. D'un domaine à l'autre nous retrouvons des interprétations différentes selon l'usage qui en est fait et le but visé. La notion d'ontologie se développa dans le domaine de l'intelligence artificielle au début des années 1990, une des premières définitions est celle [9]: « *les termes et les relations de base comportant le vocabulaire d'un domaine aussi bien que les règles pour combiner les termes et les relations afin de définir des extensions du vocabulaire* », suivie par une autre définition de [10], plus générale: « *Une ontologie est une spécification explicite d'une conceptualisation* ». Gruber a proposé en 2007 une définition différente qui sert actuellement de référence: « *Dans le domaine de l'informatique et les sciences de l'information, une ontologie définit un ensemble de primitifs représentatifs avec lesquels un domaine de la connaissance peut être modélisé. Les primitifs représentatifs sont typiquement des classes (ou des ensembles), des attributs (ou des propriétés), et des relations (ou des relations parmi des membres de classe). Les définitions des primitifs représentatifs incluent des informations sur leur signification et des contraintes sur leur application logique et cohérente* ».

Une ontologie doit contenir un certain nombre d'éléments pour effectuer une description formelle d'un ensemble de connaissances pour cela elle doit avoir les composants suivants [11]:

- Des concepts (ou classes): ils définissent un groupe d'individus (également appelé des instances) possédant des propriétés similaires.
- Des relations: les relations représentent un type d'interaction entre deux ou plusieurs concepts.
- Des fonctions: les fonctions sont un cas particulier de relation à  $n$  éléments où le dernier élément de la relation est unique pour les  $n-1$  premiers éléments.
- Des axiomes: qui représentent des propositions définies comme toujours vraies.
- Des instances: Ce sont les «individus» qui peuplent les classes.

Plusieurs langages de représentation d'ontologies existent. Dans nos travaux de recherche, nous avons choisi le langage Web Ontology Language (OWL), lequel depuis 2004, est une recommandation du W3C. Il est considéré aujourd'hui comme un standard pour la représentation d'ontologies, ce qui fait qu'un grand nombre de ressources sont disponibles pour ce formalisme (outils, documentations, exemples).

OWL est construit sur le modèle de données de RDF (Resource Description Framework) et RDFS (Resource Description Framework Schema), il offre trois sous-langages d'expressivité croissante conçus pour des communautés de développeurs et d'utilisateurs spécifiques OWL [12].

- OWL LITE: permet d'établir une hiérarchie de concepts simples, contraintes simples.
- OWL DL (DL pour description logic): comprend toutes les structures de OWL, possède une expressivité plus importante, avec complétude de calcul.
- OWL FULL expressivité maximale, liberté syntaxique sans garantie de calcul, une classe peut aussi correspondre à l'instance d'une autre classe.

#### 3.1 OBJET DE CONCEPTUALISATION ET DÉMARCHE DE CRÉATION

L'ontologie 3DIONTO que nous avons développée dans ce travail de recherche est une ontologie du domaine, en effet elle modélise les concepts utilisés dans la conception des techniques d'interaction 3D pour les EV.

D'une part, c'est une ontologie qui décrit les techniques d'interaction 3D en se focalisant sur les caractéristiques mentionnées dans l'étape d'identification des connaissances, il nous faut donc une ontologie formelle en logique de description (OWL).

D'autre part, cette ontologie, dans le cadre d'une utilisation en situation réelle, est destinée à être utilisée, et éventuellement modifiée, par des utilisateurs qui n'ont pas nécessairement des connaissances poussées en ingénierie ontologique. Par conséquent, il est plus raisonnable, du point de vue de la maintenance, d'envisager une ontologie de type « lightweight ».

L'ontologie proposée a été développée en utilisant la méthode construction d'ontologie METHONTOLOGY [13]. Il s'agit d'une méthodologie qui fournit un ensemble de directives dans le processus de développement d'ontologie liées à l'identification de l'activité, les types de techniques qui sont les plus appropriées dans chaque activité, et les produits en résultant. Les étapes suivies sont les suivantes :

- Regroupement des documents : nous avons effectué un état de l'art sur les techniques d'interaction 3D dans des EVs avec comme objectif d'identifier le vocabulaire nécessaire à la description de ces techniques.
- Création de la liste des concepts à représenter dans l'ontologie.
- Création d'une définition informelle des concepts.
- Opérationnalisation de l'ontologie. Modélisation des définitions informelles en OWL. Nous avons utilisé l'éditeur Protégé (développé par l'université de Stanford) pour la génération automatique du code OWL correspondant à notre ontologie et l'éditeur OWLGrEd (développé par l'université de Latavia).

### **3.2 QUESTIONS DE COMPÉTENCES**

L'ontologie proposée devrait pouvoir répondre aux questions de compétence suivantes :

- Cette technique est-elle obtenue à partir d'une technique existante ?
- Quels sont les modifications apportées par rapport à l'ancienne technique ?
- Quel est le nom de cette technique ?
- Pour quel primitif d'interaction cette technique peut être utilisée ?
- Quel type de feedback est utilisé pour cette technique ?
- Quel type d'indication d'objet est utilisé pour cette technique ?
- Quel type d'indication de sélection est utilisé dans cette technique ?
- Dans quel type d'EV cette technique peut être utilisée ?
- Cette technique peut-elle être combinée avec d'autres techniques ?
- Quel type de périphérique d'entrée peut-il être utilisé avec cette technique ?
- Quel type de périphérique de sortie peut-il être utilisé avec cette technique ?
- Quel type d'objet attachement peut-il être utilisé dans cette technique ?
- Quel type d'objet position peut-il être utilisé dans cette technique ?
- Quel type d'objet orientation peut-il être utilisé dans cette technique ?
- Quel type de contrôle d'application est-il utilisé dans cette technique ?

### **3.3 LA TÂCHE D'INTERACTION 3D**

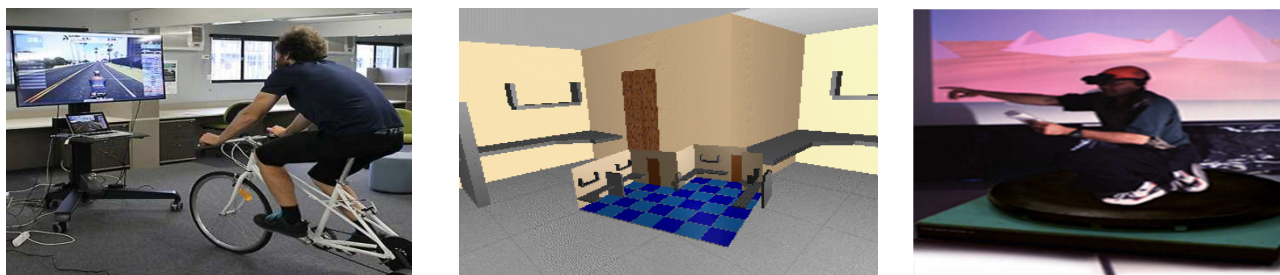
Bowman [14] et Mine [15] se sont intéressés aux tâches élémentaires usuelles que l'on retrouve dans toutes les applications utilisant des techniques d'interaction 3D et qui peuvent être regroupées en quatre catégories:

#### **3.3.1 LA NAVIGATION**

La navigation est un élément très important dans le processus d'interaction dans un EV. Selon Bowman, la navigation dans un EV est constituée de deux composantes [1]: une composante motrice et une composante cognitive.

La composante motrice concerne le mouvement ou le déplacement de l'utilisateur dans l'espace. Plusieurs techniques de déplacements existent et peuvent être classées selon les métaphores de navigation utilisées. Généralement, il existe deux catégories de métaphores : les métaphores réelles comme la marche ou la conduite et les métaphores magiques qui donnent aux utilisateurs des pouvoirs magiques en éliminant les contraintes physiques du monde réel. On peut citer par exemple la

métaphore de la carte qui permet aux utilisateurs de se déplacer en spécifiant les coordonnées de la cible à atteindre ou la métaphore de « World in Miniature » [16] voir figure 5.



**Fig. 5. Technique de navigation avec un velo University of the Sunshine Coast VMC (à gauche), au centre le World In Miniature, à droite un tapis à capteurs de poids Le Magic Carpet (Georgia Tech)**

La composante cognitive (wayfinding en anglais) est un processus cognitif qui permet de définir un chemin dans un EV en construisant une « carte cognitive » de l'espace [1]. La formation d'une carte cognitive de l'espace virtuel nécessite trois types de connaissances spatiales : les points de repère (Landmark knowledge), l'itinéraire (Route knowledge) et la configuration (Survey knowledge). Selon Passini [17], pendant l'exploration d'un nouvel environnement, la personne commence dans un premier temps par « balayer ou scanner » l'environnement pour repérer les points importants dans cet espace (lieux et objets importants). C'est le processus des connaissances des points de repère. Ensuite, elle structure ces connaissances pour créer des relations composant cet environnement afin de composer l'itinéraire lui permettant d'atteindre sa destination. Durant le déplacement, des informations supplémentaires spatiales viendront s'ajouter aux connaissances précédentes pour mettre à jour la configuration interne de l'espace de l'utilisateur.

Il existe différentes métaphores de navigation qui ont été déjà proposées. Ces métaphores peuvent être classées en deux catégories [18]:

- **Métaphores de contrôle direct de la caméra.** Dans ce type de métaphores, l'utilisateur contrôle d'une façon directe la position et l'orientation de son point de vue en utilisant un périphérique d'entrée adapté :
  - Contrôle de la caméra centrée sur l'utilisateur. Parmi cette catégorie de métaphores, on peut citer la métaphore de « Eyeball in hand » proposée par Ware [19], également la métaphore de « World in miniature » proposée par Mine [16].
  - Contrôle de la caméra centrée sur les objets. On trouve la métaphore de la « Scene in hand » proposée par Ware [20].
- **Métaphores de contrôle indirect de la caméra.** Cette catégorie donne à l'utilisateur un contrôle indirect de la position et l'orientation de son point de vue. On peut citer par exemple la métaphore de « Teleportation » [21], ainsi que la métaphore de « Small scene manipulation » proposée par De Boeck [18].

### 3.3.2 LA SÉLECTION ET LA MANIPULATION

En RV, la manipulation des objets joue un rôle très important dans l'interaction 3D. La qualité de l'EV dépend du niveau d'interaction entre l'utilisateur et cet environnement. C'est une tâche en commun entre le monde réel et l'EV. Dans notre vie courante, nous utilisons nos mains afin d'interagir avec des objets ; la main peut donc être considérée comme un parfait périphérique d'interaction. Elle permet la manipulation de différents types d'objets d'une façon précise efficace et rapide. Si l'on veut par exemple porter un livre d'un point A vers un point B, nous effectuons les étapes suivantes :

On prend le livre on le déplace on retourne le livre selon l'orientation voulue on dispose le livre.

Dans nos travaux, nous utilisons une décomposition semblable à celle évoquée précédemment c'est-à-dire que pour nous la tâche de manipulation est constituée de :

- **Sélection:** la sélection consiste à distinguer un objet parmi d'autres (prendre le livre). Cette tâche est considérée selon Mine [16] comme l'action de pointer un objet puis le valider. La sélection peut être alors présentée de la façon suivante :

**Sélection = pointage + validation**

- **Translation:** la tâche de changement de la position 3d d'un objet souvent préalablement sélectionné (déplacer le livre).
- **Rotation:** la rotation est la tâche de changement d'orientation d'un objet (retourner le livre).
- **Classification des techniques de manipulation 3D**

Il existe plusieurs techniques de manipulation 3D. Beaucoup de ces techniques ont des points en commun. Ces techniques de manipulation peuvent être structurées par une classification permettant de mieux comprendre ces techniques et également de les évaluer.

Il existe des classifications qui ont été proposées afin de structurer les techniques de manipulation. On peut citer par exemple La classification par métaphore (tableau 1) :

- **Métaphores égocentriques:** une métaphore égocentrique est une métaphore dans laquelle l'utilisateur agit directement depuis l'intérieur de l'EV, comme s'il en faisait partie. Ce type de métaphore est généralement moins approprié à la manipulation à grande échelle. Ces métaphores sont généralement utilisées pour la manipulation d'objet avec précision. Les métaphores égocentriques sont divisées en deux familles :
  - Les métaphores de main virtuelle
  - Les métaphores de pointeur virtuel
- **Métaphores exocentriques:** elles placent l'utilisateur à un niveau extérieur. Celui-ci interagit depuis l'extérieur de l'EV. Par conséquent, ces métaphores d'interaction sont particulièrement utilisables dans les situations où la tâche est répartie sur des distances relativement grandes dans la scène. Cependant, la manipulation d'objet qui exige une interaction très précise, telle que la déformation d'objet, sera plus difficile avec ce genre de métaphores.

Tableau 1. Classification des techniques de manipulation 3D [22]

Catégorie	Sous-catégorie	Technique ou périphérique utilisé	Référence
Egocentrique	Manipulation directe	Visiocasque	[23]
		Gants de données intégraux	[23]–[27]
		Gants de données	[1], [28]
		Ray-casting	[21], [29], [30]
		Bent pick ray	[31]
		HOMER	[1], [21], [32]
		Capteurs de flexion, compasse électronique, capteur d'inclinaison	[33]
	Contrôle physique	Grab-and-carry	[28]
		SkeweR	[34]
		Micro ou joysticks	[20], [35]
		Aperture	[36]
	Contrôle virtuel	Stéréoscopie interactive	[37]
		SPIDAR	[38]
		Go-Go	[21], [39], [40]
		ISAAC	[41]
Voodoo Dolls		[42]	
Exocentrique	Manipulation directe	Virtual hand	[34], [43], [44]
		MASSIVE	[45]–[47]
	Contrôle physique	Scaled-world grab	[48]
		Scaled-grab	[49]
	Contrôle virtuel	World-In-Miniature	[50]
		RTD (Reconfigurable Tangible Device)	[51]
		CAVE	[35], [52], [53]
		GeoWall	[54]
		Virtual control panels	[55]
		Responsive Workbench	[28], [56], [57]

### 3.3.3 CONTRÔLE D'APPLICATION (LE CONTRÔLE DU SYSTÈME)

Le contrôle d'application est une tâche élémentaire fondamentale à toute application car elle permet le dialogue entre l'utilisateur et l'application. En effet, le but du contrôle d'application est le déclenchement de fonctions et d'options de l'application afin [1]:

- D'exécuter une application particulière du système.
- et/ou changer soit le mode d'interaction.
- et/ou l'état du système.

Ernst Kruijff [1] a proposé une classification des différentes techniques de contrôle d'application (voir figure 6) :

- **Menus graphiques** : Ils peuvent prendre soit la forme d'un menu 2D classique intégré dans un EV, soit la forme d'un menu 3D.
- **Commande vocale** : c'est une méthode naturelle d'interaction avec l'EV, elle permet l'association de mots ou phrases pour le lancement de commandes. Cependant, les systèmes de reconnaissance vocale sont sensibles aux bruits extérieurs et n'ont pas une efficacité garantie. De plus, il existe une phase d'apprentissage des mots de l'utilisation du système par l'utilisateur.
- **Reconnaissance de gestes** : la reconnaissance de gestes permet via la réalisation d'un mouvement naturel de lancer une commande.
- **Outils de commande** : les outils sont des représentations d'outils réels ou virtuels avec lesquels l'utilisateur va agir sur l'environnement (par exemple un pinceau réel dans le cas d'une application de peinture virtuelle).

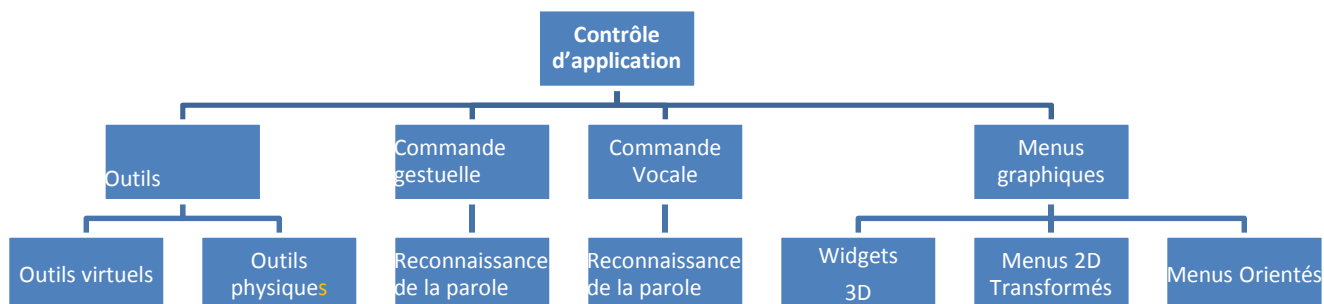


Fig. 6. Classification des différentes techniques de contrôle d'application [1]

### 3.4 CONTENU ET ORGANISATION DE L'ONTOLOGIE

Le modèle de connaissances que nous proposons 3DIONT est composé de 3 parties, qui sont regroupées en 3 concepts principaux qui sont :

- **Le concept : EV** (figure 7 et figure 8)
  - **Engine** : un EV doit avoir un ensemble de composants logiciels appelés moteur ou **Engine**, qui doivent effectuer des calculs pour différents est ainsi produire un EV interactif en temps réel. Ces moteurs sont :
    - **Moteur physique** : pour la gestion de collision les forces la chute des objets...Etc.
    - **Moteur graphique** : pour la gestion des objets et de la scène.
    - **Moteur réseau** : pour la gestion des réseaux.
    - **Moteur son** : pour la gestion des effets sonores dans l'environnement.

- **Type** : les EV peuvent avoir différents degrés d'immersion (non-immersif, semi-immersif, immersif) cela dépend généralement des périphériques d'affichage utilisés
- **Périphériques d'interaction** : ils peuvent être d'entrée ou de sortie ou bien les deux à la fois. Ils doivent transmettre les actions des utilisateurs à l'EV pour les périphériques d'entrée, et reproduire le plus fidèlement possible le comportement de l'environnement
- **Le concept: Objet 3D** (figure 9 et figure 10)
  - **Objet 3D** : les objets 3D dans un EV ont une position géométrique dans la scène. Ils peuvent avoir un **Comportement Actif** ou non **Passif**. Lors de l'interaction ces objets subissent des **Transformations** de type **Translation, Rotation** ou encore **Scale**.
- **Le concept : Technique d'interaction** (figure 11 et figure 12)

Pour représenter une technique d'interaction, nous avons défini le concept 3D interactionTechnique.

- **3DInteractionTechnique** : une technique a une **Description** et un **Historique**. Ils peuvent être de de Type **Egocentrique** ou **Exocentrique**. Pour chaque **Primitive** il y a une technique spécialement adaptée.

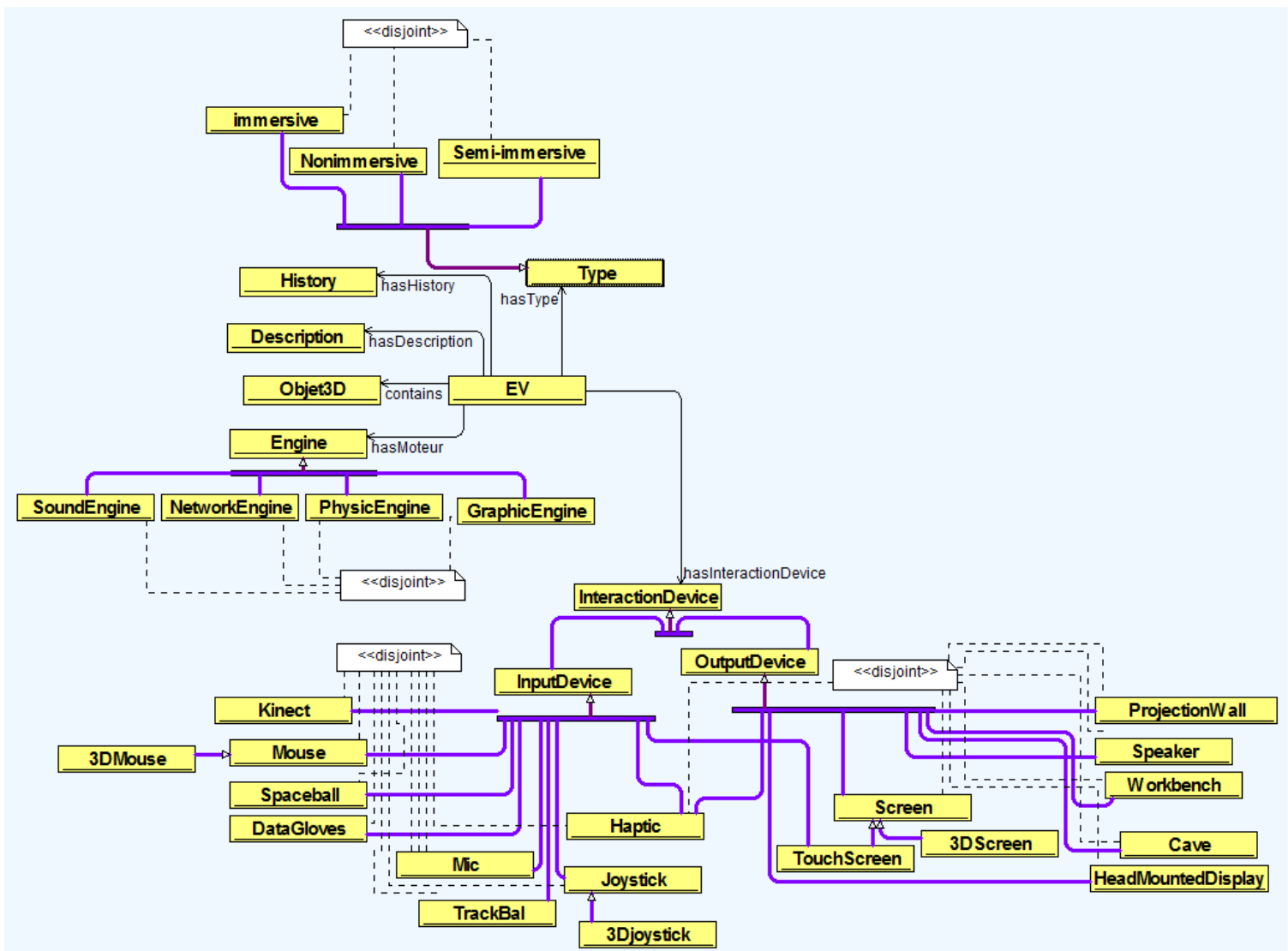


Fig. 7 Description du concept EV en OWL (sous OWLGrEd)

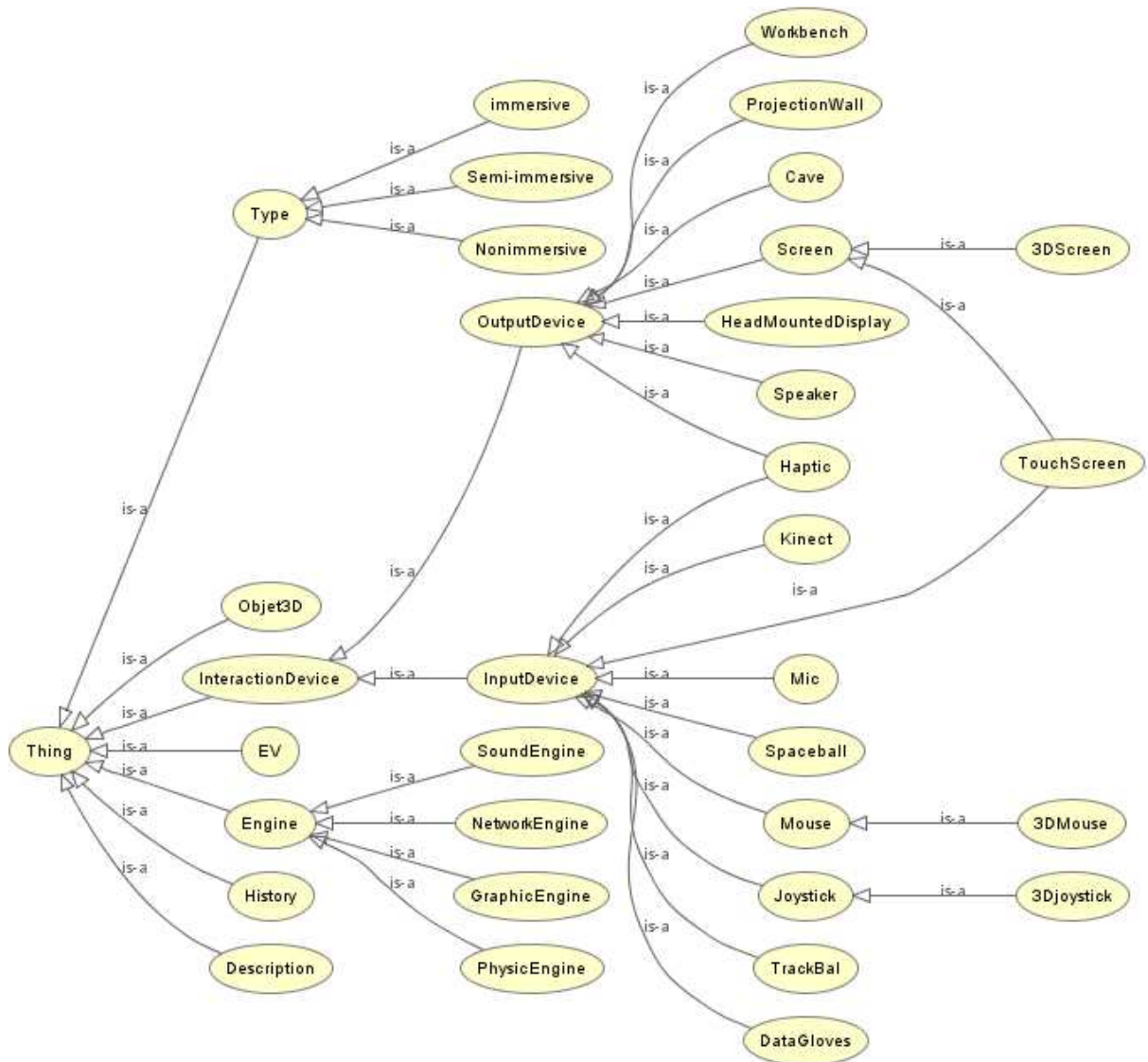


Fig. 8. Description du concept EV sous Protégé

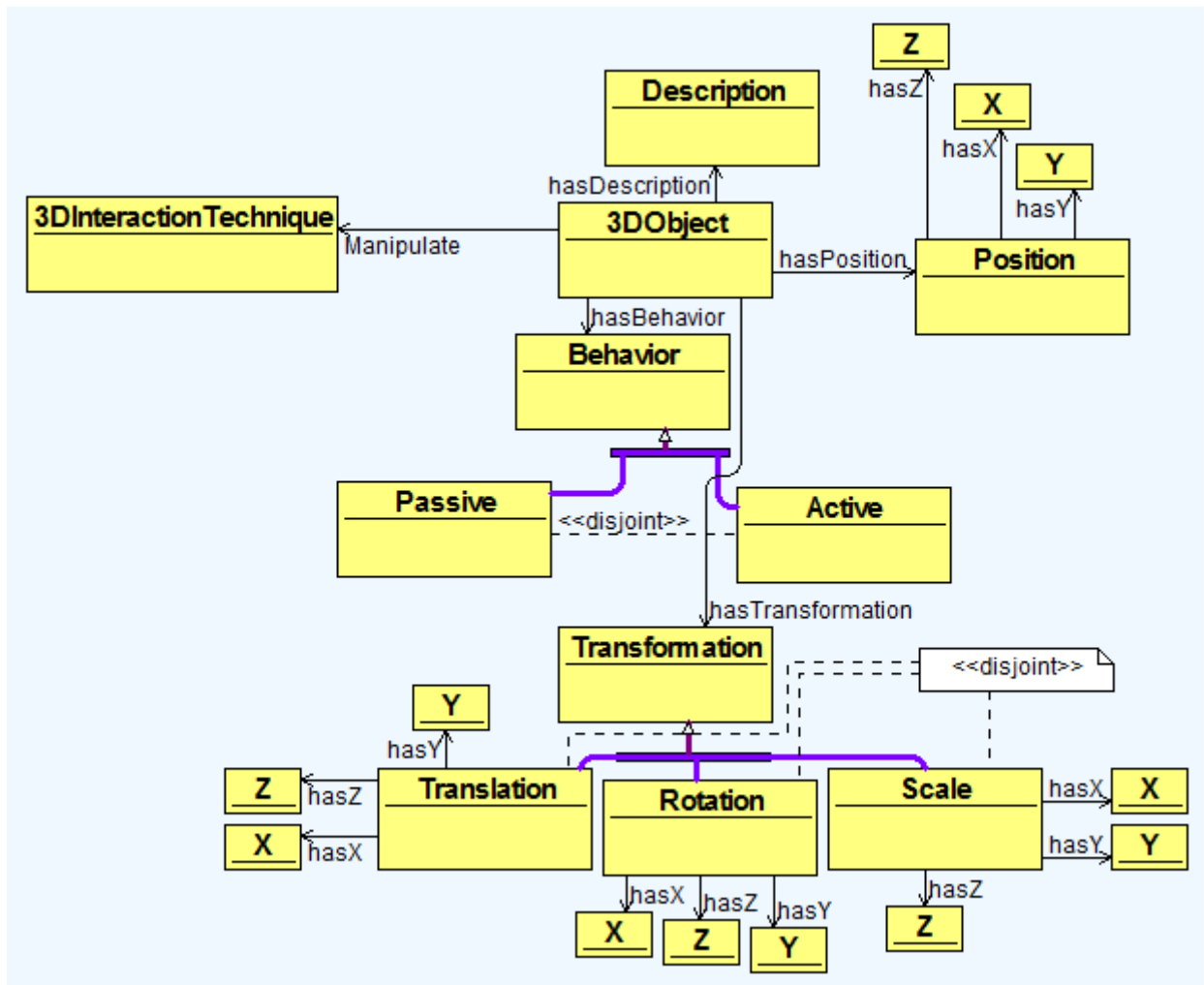
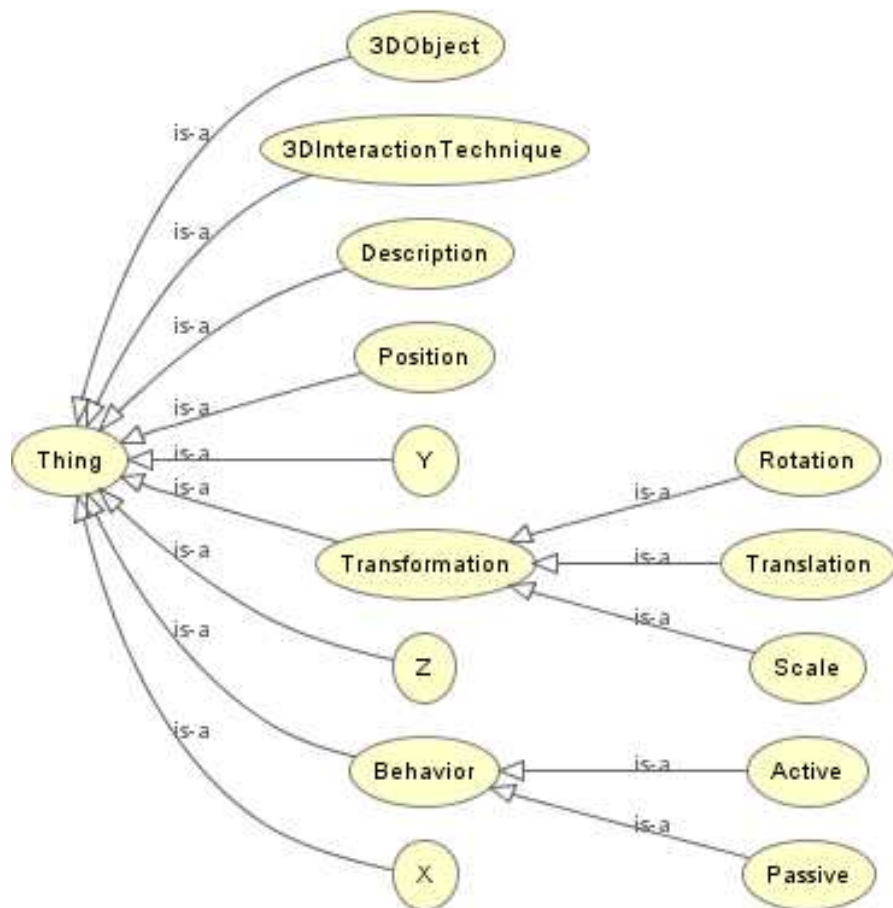


Fig. 9. Description du concept 3Dobject en OWL (sous OWLGrEd).



*Fig. 10. Description du concept 3DObject sous Protégé*

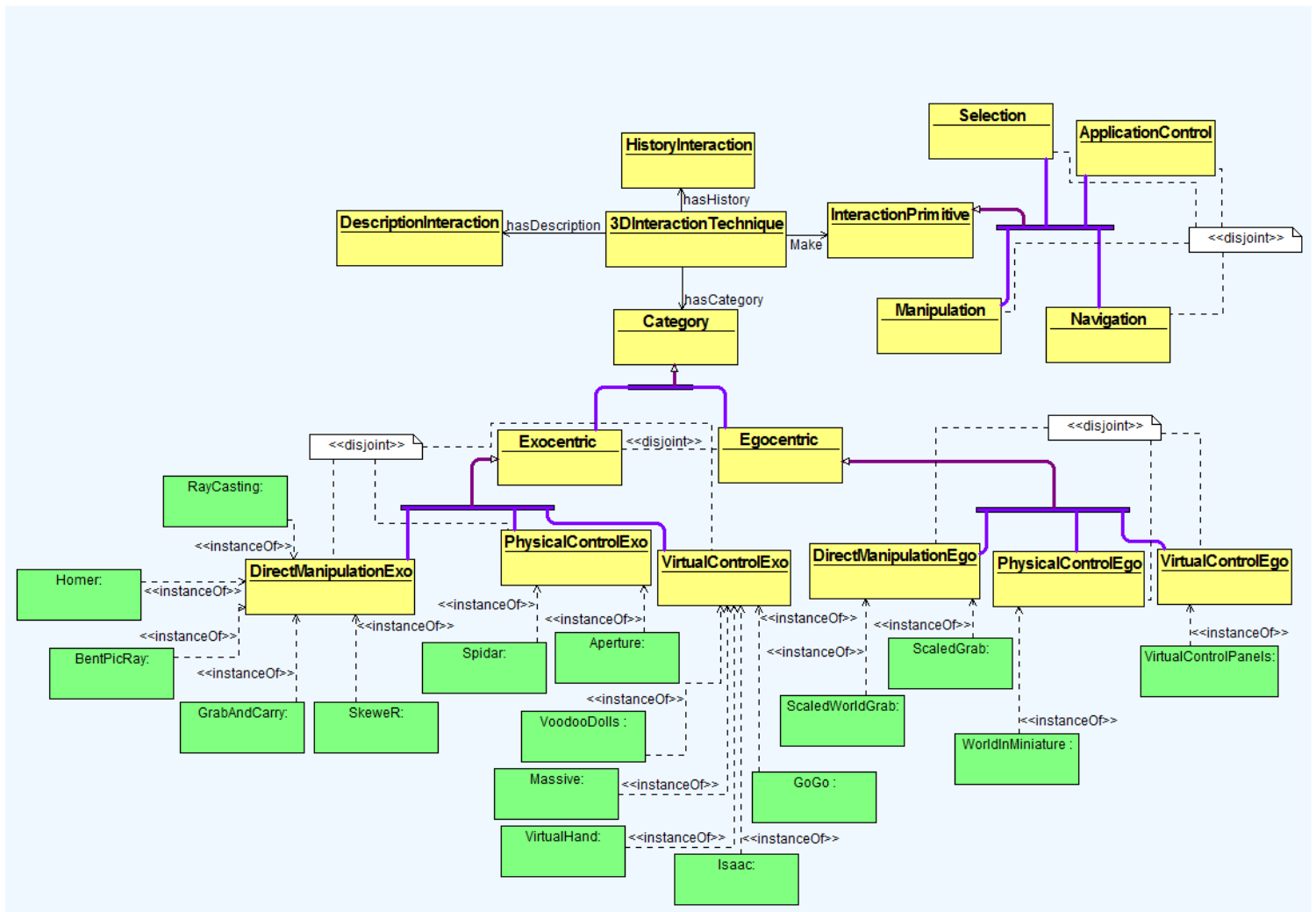


Fig. 11. Description du concept 3DInteractionTechnique en OWL (sous OWLGrEd)

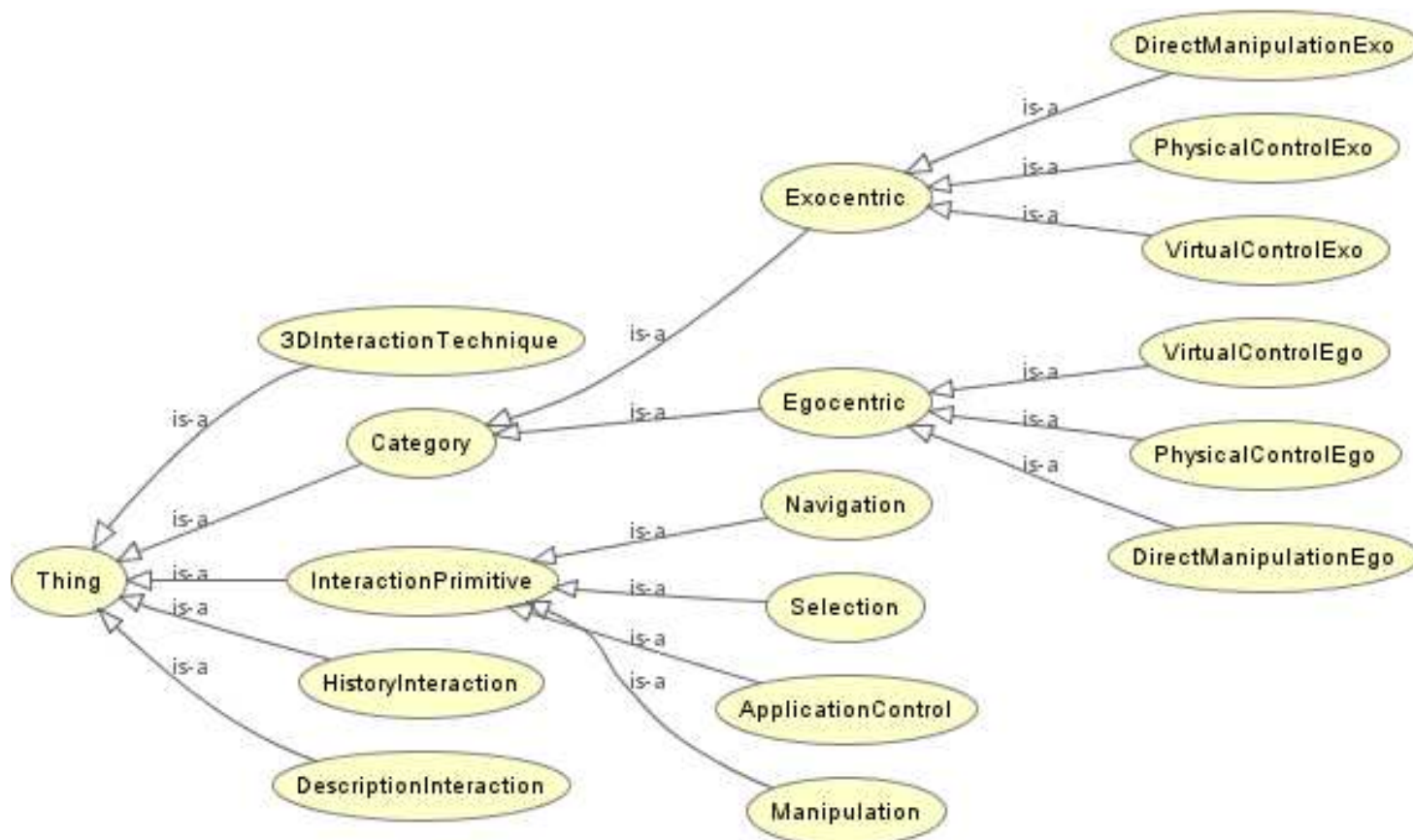


Fig. 12. Description du concept 3D Interaction Technique sous Protégé

### 3.5 DISCUSSION

Dans ce document nous avons présenté une ontologie 3DIONTO d'aide à la conception des techniques d'interaction 3D. Alors que certaines ontologies proposent la définition des objets qui composent un EV [58], [59] et d'autres définissent les éléments de conception d'un serious game [60]; aucune de ces propositions n'inclue un ensemble de facteurs de conception pour ces techniques d'interaction dans un EV. L'ontologie proposée dans ce travail de recherche peut être utilisée dans les cas suivants :

- L'ontologie peut tout d'abord standardiser et uniformiser la description des techniques d'interaction 3D
- L'ontologie peut servir de référentiel commun entre les concepteurs des EVs, et ainsi faciliter la collaboration entre les personnes impliquées dans le processus de conception, ces concepteurs peuvent enrichir eux-mêmes cette ontologie qui est au départ très simple.
- L'ontologie peut aussi être exploitée par un système intelligent. celui-ci est dans ce cas un agent assistant sous forme d'un moteur de recherche qui utilisera les informations contenues dans l'ontologie afin d'assister les utilisateurs dans le processus de conception en leur proposant des suggestions pertinentes par rapport à des contraintes spécifiques.

### 4 CONCLUSION

Nous venons de présenter l'ontologie 3DIONTO, une ontologie pour la conception des techniques d'interaction 3D dans un EV. Elle comprend plusieurs éléments clés identifiés à travers une étude contextuelle, un état de l'art et une évaluation d'un modèle de conception. Avec 3DIONTO, nous visons à aider les développeurs et les concepteurs des EV dans la compréhension des facteurs clés qui devraient être inclus dans la phase de conception des techniques d'interaction 3D. Nous visons aussi à partager et à intégrer ces connaissances avec d'autres ontologies. Comme perspectives, nous projetons de continuer l'évaluation de l'ontologie 3DIONTO avec des concepteurs et des développeurs, pour évaluer l'apport de notre ontologie dans le processus de conception.

## REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier vivement le professeur Lakhder Mohammed pour le temps consacré à la lecture de ce papier, et pour les suggestions et les remarques judicieuses qu'il m'a indiquées.

## REFERENCES

- [1] D. A. Bowman, Ed., *3D user interfaces: theory and practice*. Boston: Addison-Wesley, 2005.
- [2] D. Bowman and L. Hodges, "Formalizing the design, evaluation, and application of interaction techniques for immersive virtual environments," *J. Vis. Lang. Comput.*, vol. 10, no. 1, pp. 37–53, 1999.
- [3] R. Kalawsky, *The Science of Virtual Reality and Virtual Environments*, 1st ed. Boston, MA, USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1993.
- [4] W. Buxton, "Lexical and Pragmatic Considerations of Input Structures," *SIGGRAPH Comput Graph*, vol. 17, no. 1, pp. 31–37, Jan. 1983.
- [5] S. K. Card, J. D. Mackinlay, and G. G. Robertson, "A Morphological Analysis of the Design Space of Input Devices," *ACM Trans Inf Syst*, vol. 9, no. 2, pp. 99–122, Apr. 1991.
- [6] R. J. K. Jacob and L. E. Sibert, "The Perceptual Structure of Multidimensional Input Device Selection," in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, New York, NY, USA, 1992, pp. 211–218.
- [7] S. Coquillart and J.-M. Burkhardt, *Le traité de la réalité virtuelle. Volume 2, Volume 2*. Paris: École des mines de Paris, 2006.
- [8] Philippe Fuchs and Guillaume Moreau, *Le traité de la réalité virtuelle*. Presses des MINES, 2006.
- [9] R. Neches, R. Fikes, T. Finin, T. Gruber, R. Patil, T. Senator, and W. R. Swartout, "Enabling Technology for Knowledge Sharing," *AI Mag*, vol. 12, no. 3, pp. 36–56, Sep. 1991.
- [10] T. R. Gruber, "A Translation Approach to Portable Ontology Specifications," *Knowl Acquis*, vol. 5, no. 2, pp. 199–220, Jun. 1993.
- [11] A. Gómez-Pérez, "Développement récents en matière de conception, de maintenance et d'utilisation des ontologies," *Terminol. Nouv.*, vol. 19, pp. 9–20, 1999.
- [12] Véronique Giudicelli, "Ontologies Langage OWL Application à la formalisation des concepts de description d'IMGT-ONTOLOGY avec l'éditeur Protégé," presented at the LIGM, IGH, UPR CNRS 1142, mai-2011.
- [13] M. Fernandez-Lopez and A. Gomez-Perez, "Overview and analysis of methodologies for building ontologies," *Knowl. Eng. Rev.*, vol. 17, no. 2, pp. 129–156, 2002.
- [14] D. Bowman, D. Johnson, and L. Hodges, "Testbed evaluation of virtual environment interaction techniques," in *Object associations: a simple and practical approach to virtual 3D manipulation*, Bukowski, R., and Séquin, C. (1995), Proceedings of the 1995 Symposium on Interactive 3D Graphics, pp. 131-ff, 1999, pp. 26–33.
- [15] M. Mine, "Virtual environment interaction techniques," UNC Chapel Hill Computer Science Technical Report, TR95-018, 1995.
- [16] M. R. Mine, "Working in a Virtual World: Interaction Techniques used in the Chapel Hill Immersive Modeling Program," 1996.
- [17] R. Passini, *Wayfinding in architecture*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1984.
- [18] J. De Boeck, E. Cuppens, T. De Weyer, C. Raymaekers, and K. Coninx, "Multisensory Interaction Metaphors with Haptics and Proprioception in Virtual Environments," in *Proceedings of the Third Nordic Conference on Human-computer Interaction*, New York, NY, USA, 2004, pp. 189–197.
- [19] C. Ware and D. R. Jessome, "Using the bat: a six-dimensional mouse for object placement," *IEEE Comput. Graph. Appl.*, vol. 8, no. 6, pp. 65–70, Nov. 1988.
- [20] C. Ware, "Using hand position for virtual object placement," *Vis. Comput. Int. J. Comput. Graph.*, vol. 6, no. 5, pp. 245–253, 1990.
- [21] D. Bowman and L. Hodges, "An evaluation of techniques for grabbing and manipulating remote objects in immersive virtual environments," in *Proceedings of the 1997 Symposium on Interactive 3D Graphics*, 1997.
- [22] J. Jung, H. Park, D. Hwang, M. Son, D. Beck, J. Park, and W. Park, "A review on interaction techniques in virtual environments," in *Proc. 2014 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 2014, pp. 1582–1590.
- [23] S. Fisher, M. McGreevy, J. Humphries, and W. Robinett, "Virtual Environment Display System," in *I3D '86 Proceedings of the 1986 Workshop on Interactive 3D Graphics*, 1986, pp. 77–87.
- [24] T. Zimmerman, J. Lanier, C. Blanchard, S. Bryson, and Y. Harvill, "A Hand Gesture Interface Device," in *CHI '87 Proceedings of the SIGCHI/GI Conference*, 1987, pp. 189–192.

- [25] J. Foley, *Interfaces for advanced computing*. Scientific American, 1987.
- [26] D. Sturman, D. Zeltzer, and S. Pieper, "Hands-on interaction with virtual environments," in *UIST '89 Proceedings of the 2nd Annual ACM SIGGRAPH Symposium*, 1989, pp. 19–24.
- [27] G. Lee, G. Kim, and C. Park, "Modeling virtual object behavior within virtual environment," in *Proceedings of the ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, 2002, pp. 41–48.
- [28] L. D. Cutler, B. Frhlich, and A. Hanrahan P. (1997, "Two-handed direct manipulation on the responsive workbench," in *Proceedings of the symposium on Interactive 3D graphics*, 1997, pp. 107–114.
- [29] S. Roth, "Ray Casting for Modeling Solids," *Comput. Graph. Image Process.*, vol. 18, no. 2, pp. 109–144, 1982.
- [30] I. Poupyrev, S. Weghorst, M. Billinghurst, and T. Ichikawa, "A framework and testbed for studying manipulation technique for immersive VR," in *Proceedings of VRST '97*, 1997, pp. 21–28.
- [31] K. Riege, T. Holtkamper, G. Wesche, and M. Frohlich B. (2006, "The bent pick ray: An extended pointing technique for multi-user interaction," in *3D User Interfaces, 2006*, 2006, pp. 62–65.
- [32] J. Pierce, B. Stearns, and R. Pausch, "Voodoo dolls: seamless interaction at multiple scales in virtual environments," in *Proceedings of the 1999 Symposium on Interactive 3D Graphics*, 1999, pp. 141–145.
- [33] J. Lee, S. Lee, S. Jang, and K. Park, "A simplified hand gesture interface for spherical manipulation in virtual environments," in *Proceedings of ICAT '05*, 2005, pp. 284–284.
- [34] T. Duval, A. Lécuyer, and S. Thomas, "Skewer: a 3d interaction technique for 2-user collaborative manipulation of objects in virtual environments," in *IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI) 2006*, 2006, pp. 69–72.
- [35] D. Mizell, S. Jones, M. Slater, and B. Spanlang, "Comparing immersive virtual reality with other display modes for visualizing complex 3D geometry," 2002.
- [36] A. Forsberg, K. Herndon, and R. Zeleznik, "Aperture based selection for immersive virtual environments," in *Proceedings of the 9th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, 1996, pp. 95–96.
- [37] C. Schmandt, "Spatial Input/Display Correspondence in a Stereoscopic Computer Graphic Work Station," in *SIGGRAPH '83 Proceedings of the 10th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*, 1983, pp. 253–261.
- [38] Y. Hirata and M. Sato, "3-Dimensional Interface Device for Virtual Work Space," in *Proceedings of the 1992 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 1992, pp. 889–896.
- [39] I. Poupyrev, M. Billinghurst, S. Weghorst, and T. Ichikawa, "The go-go interaction technique: non-linear mapping for direct manipulation in VR," in *Proceedings of the 9th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, 1996, pp. 79–80.
- [40] I. Poupyrev, S. Weghorst, M. Billinghurst, and T. Ichikawa, "Egocentric Object Manipulation in Virtual Environments: Empirical Evaluation of Interaction Techniques," *EUROGRAPHICS '98*, vol. 98, no. 17, p. 3, 1998.
- [41] M. R. Mine, "ISAAC : A Virtual Environment Tool for the Interactive Construction of Virtual Worlds," 1995.
- [42] J. Pierce, B. Stearns, and R. Pausch, "Voodoo dolls: seamless interaction at multiple scales in virtual environments," in *Proceedings of the 1999 Symposium on Interactive 3D Graphics*, 1999, pp. 141–145.
- [43] Y. Tomozoe, T. Machida, K. Kiyokawa, and H. Takemura, "Unified gesture-based interaction techniques for object manipulation and navigation in a large-scale virtual environment," *IEEE Virtual Real. Proc. Pp*, pp. 259–260, 2004.
- [44] K. Kiyokawa and H. Takemura, *A Tunnel Window and Its Variations: Seamless Teleportation Techniques in a Virtual Environment*. HCI International, 2005.
- [45] C. M. Greenhalgh and S. D. Benford, "Introducing Regions into Collaborative Virtual Environments," *Submitt. IEEE VRAIS*, vol. 97, 1997.
- [46] S. Benford, C. Greenhalgh, and M. Lloyd D. (1997, "Crowded collaborative virtual environments," in *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human factors in computing systems*, pp. 59–66.
- [47] J. Hindmarsh, M. Fraser, C. Heath, S. Benford, and C. Greenhalgh, "Object-focused interaction in collaborative virtual environments," *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact. TOCHI*, vol. 7, no. 4, pp. 477–509, 2000.
- [48] M. and Mine, "F., and Sequin, C. (1997), 'Moving objects in space: exploiting proprioception in virtual- environment interaction,' *Proceedings of the 24th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*," pp., pp. 19–26.
- [49] A. Simon, A. Dressler, H. P. Krger, S. Scholz, and J. Wind, "Interaction and co-located collaboration in large projection-based virtual environments," *Hum.-Comput. Interact.-INTERACT*, vol. 2005, pp. 364–376, 2005.
- [50] R. Stoakley, M. Conway, and R. Pausch, "Virtual reality on a WIM: interactive worlds in miniature," in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1995, pp. 265–272.
- [51] L. Aguerreche, T. Duval, and A. Lécuyer, "Reconfigurable tangible devices for 3d virtual object manipulation by single or multiple users," in *Proceedings of the 17th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, 2010, pp. 227–230.
- [52] C. Cruz-Neira, D. Sandin, T. DeFanti, R. Kenyon, and J. Hart, "The Cave: Audio Visual Experience Automatic Virtual Environment," *SIGGRAPH '92*, vol. 92, no. 35, p. 6, 1992.

- [53] M. Cabral, C. Morimoto, and M. Zuffo, "On the usability of gesture interfaces in virtual reality environments," in *Proceedings of the 2005 Latin American Conference on Human-computer Interaction*, 2005, pp. 100–108.
- [54] P. Morin, K. C. Kirkby, P. Van Keken, J. Leigh, S. J. Reynolds, B. Davis, R. Burdick, and L. Schumann, "GeoWall: Stereo Projection Systems Designed for Earth Science Classrooms," *Am. Geophys. Union Fall Meet.*, vol. 2001, 2001.
- [55] S. Su and R. Furuta, "The Virtual Panel Architecture: A 3D Gesture Framework," *IEEE Virtual Real. Annu. Int. Symp. Pp.*, pp. 387–393, 1993.
- [56] W. Krueger and B. Froehlich, "The responsive workbench," *IEEE Comput. Graph. Appl.*, vol. 14, no. 3, pp. 12–15, 1994.
- [57] W. Krueger, C. A. Bohn, B. Frohlich, H. Schuth, W. Strauss, and G. Wesche, "The responsive workbench: A virtual work environment," *Computer*, vol. 28, no. 7, pp. 42–48, 1995.
- [58] F. Pittarello and A. D. Faveri, "Semantic Description of 3D Environments: a Proposal Based on Web Standards," in *06, volume 1*, 2006, pp. 85–95.
- [59] B. Pellens, O. D. Troyer, W. Bille, F. Kleinermann, and R. Romero, "An Ontology-Driven Approach for Modeling Behavior in Virtual Environments," *Move Meaningful Internet Syst.*, vol. 2005, pp. 1215–1224, 2005.
- [60] S. Tang and M. Hanneghan, "Game Content Model: An Ontology for Documenting Serious Game Design," in *Proceedings - 4th International Conference on Developments in eSystems Engineering*, 2011, pp. 431–436.

## **Impact de l'érosion sur le transport des éléments traces métalliques (ETM) et la qualité des sédiments le long de la rivière Karavia : Cas du plateau de Penga-Penga, Lubumbashi, Haut-Katanga / RD Congo**

**[ Impact of erosion on the transport of trace metals (SEM) and sediments quality along the river Karavia : Case of Penga Penga Tray, Lubumbashi, Haut Katanga / RD Congo ]**

*Serge Kashimbo Kalala*

Chef des travaux à l'Unité de Gestion des ressources naturelles, Faculté des sciences Agronomiques, Université de Lubumbashi, B.P: 1825, 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:** Since the beginning of the century, the environment (air, land and water) has been subjected to increasing pressure from industrial and human activities whose effects were quickly felt. In the aquatic environment, much of anthropogenic or natural compounds are adsorbed on particulate matter and accumulate in sediment. Sediment can affect the bioavailability of contaminants and therefore toxicity. A transect was established along the river Karavia, and (composite) samples of sediments were collected in surface and in depth about four retained stations for laboratory analysis. The results indicate a high concentration of trace metals (SEM), especially copper (3488 ppm 2307 ppm surface against deep) in sediments. The level of copper content exceeds excessively standards AFNOR, WHO and Canadian recommendations for the protection of aquatic life and indicate severe pollution of the substrate. The transfer of pollutants through the profile, particularly the copper is notable. This is justified: First, the ETM from copper production through the factory Gecamines has accumulated in the surface horizons and reached a very high level of concentration, causing the disappearance of vegetation and emergence of large bare surfaces. Increased erosion explains the transfer of the ETM-Penga Penga tray down or bottom-Karavia pass the river. Second, the chemical parameters (pH, CEC) and soil (particle size) explain the transfer of ETM through the profile. The ultimate goal of this study component "sediment" is to assess the impact of these pollutants, sediment in particular, the most realistic way possible on the environment.

**KEYWORDS:** ETM, Transfer, Penga-Penga tray, Lowlands, Contents, Sediment, Toxicity, Environment.

**RESUME:** Depuis le début du siècle, l'environnement (atmosphérique, terrestre et aquatique) a été soumis à la pression croissante des activités industrielles et humaines dont les effets se sont fait rapidement sentir.

Dans le milieu aquatique, une grande partie des composés d'origine anthropique ou naturelle s'adsorbent sur les particules en suspension, puis s'accumulent au niveau des sédiments. Les sédiments peuvent modifier la biodisponibilité des contaminants et par conséquent leur toxicité. Un transect a été établi le long de la rivière Karavia, et des échantillons (composites) des sédiments ont été prélevés en surface comme en profondeur sur quatre stations retenues, pour analyse au laboratoire. Les résultats obtenus indiquent une forte concentration des éléments traces métalliques (ETM), particulièrement le cuivre (3488 ppm en surface contre 2307 ppm en profondeur) dans les sédiments. Le niveau des teneurs en cuivre dépasse excessivement les normes de l'AFNOR, de l'OMS ainsi les recommandations canadiennes pour la protection de la vie aquatique et indiquent une pollution sévère du substrat. Le transfert des polluants à travers le profil, en particulier le cuivre est notable. Ceci est justifié : Primo, les ETM issus de l'activité de production de cuivre par l'usine de la Gecamines se sont accumulés dans les horizons de surface et ont atteint un niveau de concentration très élevé, occasionnant la disparition de la végétation et l'apparition de vastes surfaces nues. L'intensification des phénomènes d'érosion explique les transferts des

ETM du plateau de Penga-Penga vers le bas-fond ou passe la rivière Karavia. Secundo, les paramètres chimiques (pH, CEC) et pédologiques (granulométrie) expliquent le transfert des ETM à travers le profil. Le but final de cette étude sur la composante « sédiments » est d'évaluer l'impact de ces polluants, sédimentaires en particulier, de la façon la plus réaliste possible sur le plan environnemental.

**MOTS-CLEFS:** ETM, Transferts, Plateau Penga-Penga, Bas-fond, Teneurs, sédiments, Toxicité, Environnement.

## 1 INTRODUCTION

La cheminée de la Gécamines mesurant 152 m de haut, située au centre de Lubumbashi, a produit des émissions pouvant contenir des poussières, des métaux pendant plus d'un demi-siècle [1]. Chaque étape du traitement des minerais de cuivre rejette des métaux lourds et des oxydes dans l'atmosphère [2]. En ce qui concerne l'usine de la Gécamines à Lubumbashi, la partie des émissions liée à l'agglomération et au grillage, qui émet la majorité du dioxyde de soufre, sort par la cheminée centrale de 152 m de haut [3]. Le reste est directement libéré à chaque étape de traitement par de plus petites cheminées [4].

Les poussières retombent donc majoritairement autour de l'usine. Les retombées de métaux lourds s'observent principalement dans un rayon de deux kilomètres autour de l'usine (partie densément peuplée) et dans la direction des vents dominants [5] [6]. Ces substances contaminent donc l'air ambiant, le sol, la faune (y compris la population humaine), la flore et le milieu aquatique. Des pluies acides [7] sont également engendrées par cette activité, par réaction entre l'eau de pluie et les oxydes de soufre émis par l'usine [8].

La composition des dépôts sur le sol est en effet analogue à celle des poussières émises par l'usine de la Gécamines, d'après les analyses de MOULAERT (1992) [9] alors que l'usine était encore en fonction. La teneur en cuivre d'échantillons de sols (entre 2 et 0,5 mm de la surface) collectés par MOULAERT en 1992 était jusqu'à 400 fois supérieure (à quatre kilomètres de la cheminée des Gécamines dans la direction du vent) à celle de la forêt climax du Katanga, soit 309  $\mu\text{g/g}$ , comme le dit [9]. De plus, KASHIMBO (2010) [10] a mesuré les teneurs en cuivre, zinc, cobalt, cadmium et plomb par type de sols à diverses profondeurs pour comparaison entre celles de sites naturels locaux et celles du site de la Gécamines. Les teneurs sont significativement plus élevées sur le site de la Gécamines. Les sédiments déposés en bas de versant (colluvions) sur ce site, et aux abords des rivières en aval sont également contaminés [11]. Suite à la dégradation de la végétation, les racines des plantes ne retiennent plus le sol, ce qui favorise l'érosion éolienne et par agents de transport en masse. La partie superficielle du sol, qui contient les dépôts de métaux lourds issus de la cheminée de l'usine de Lubumbashi, est alors déplacée vers les points bas, les cours d'eau (rivières Karavia, Lubumbashi) et dans la direction du vent [12].

La rivière Karavia située à cheval entre le plateau Penga-Penga et Karavia, a reçu une part importante des colluvions à la suite des phénomènes importants d'érosion en saison des pluies. L'érosion a été beaucoup plus marquée sur le plateau de Penga-Penga, vu que celui-ci présente de vastes surfaces nues, emprunte de la pollution polymétallique des sols causée par les rejets dans l'atmosphère de grandes quantités des fumées, (riches en  $\text{SO}_2$  et particules métalliques) par la cheminée de l'usine Gécamines ayant fonctionnée pendant près d'un demi-siècle [13]. Ces particules métalliques se sont accumulées dans les horizons de surface et transférées dans les sédiments du bord de la rivière Karavia [14]. Elles sont à l'origine de sérieux problèmes de santé publique actuellement dans la région du Katanga ou l'exploitation minière et le traitement métallurgique ont pris de l'ascension [15].

L'objectif de la présente étude consiste à déterminer le niveau des teneurs en éléments traces métalliques dans les sédiments, le long de la rivière Karavia afin de comprendre les mécanismes impliqués dans leurs transferts à travers le profil d'une part et d'autre part de mettre en évidence les risques de relargage de ces derniers par les sédiments vers le milieu aquatique (Eau) afin de résoudre les risques de leurs présences excessives dans la chaîne trophique (sédiment, eau, végétaux, êtres aquatiques, animaux, homme).

## 2 MATÉRIELS ET MÉTHODE

### 2.1 LOCALISATION DU MILIEU D'ÉTUDE

Compris entre 11°27' de latitude Sud et 27°28' de longitude Est, la ville de Lubumbashi est entièrement située dans le Sud de la République Démocratique du Congo, sa superficie est de 747 Km<sup>2</sup> [ ]. Elle est située dans une vaste dépression limitée au Nord-est par l'anticlinal de l'Etoile (1275m d'altitude) et au Sud-ouest par l'anticlinal de Kisanga (1346m d'altitude) [16].

#### LE SITE DE LA GECAMINES: LE PLATEAU PENGAPENGA

Le site de Penga-Penga est situé dans le cône de pollution de la cheminée de la Gécamines, à proximité du Cimetière de la Gécamines. La végétation de cette zone, située dans l'axe des vents dominants, a été totalement dévastée par l'accumulation progressive des dépôts atmosphériques des particules polluantes rejetées par la cheminée. Ce quartier est situé à moins de 3 km, au Nord-Ouest, de l'Usine de la Gécamines.

### 2.2 MÉTHODOLOGIE DE TERRAIN

La toposéquence de la Gécamines recoupe quatre unités : le plateau Gécamines, le versant, la rivière Karavia et le plateau Karavia. Elle commence au niveau du plateau de la Gécamines pour descendre en direction de la rivière Karavia et se termine sur le plateau Karavia. Elle représente environ 10 km de long sur 1 km de large, elle comprend le quartier résidentiel composé de quatre cellules et un cimetière en face duquel, on trouve une zone inhabitée, elle correspond au quadrant Nord-Ouest, si on considère la grande cheminée des usines Gécamines comme centre. Dans cette étude, seule la rivière Karavia a été prise en compte, ce sont les échantillons des sédiments qui ont fait l'objet d'analyse de laboratoire.

Les pentes sont peu marquées, < 2 % pour le plateau et entre 2 et 5 % pour le versant. La rivière Karavia mesure environ 10 à 20 mètres de large en saison des pluies. Les sols du plateau de la Gécamines sont généralement nus et donc subissent plus fortement l'érosion.

La toposéquence 2 est celle prise en compte dans cette étude. Elle vise à évaluer les transferts des ETM à travers le pédopaysage jusqu'aux sédiments. Celle-ci suit le tracé de la rivière Karavia jusqu'à son confluent avec la rivière Lubumbashi. Un affluent de la rivière Karavia a aussi été pris en compte. En fin de compte, ce transect ceinture le plateau Gécamines et permet de mieux apprécier les transferts de surface. Cette toposéquence se situe dans un bas fond où deux unités pédologiques ont été distinguées. La végétation de la première unité est constituée d'une végétation de vallée et de marais tels que: le *Phragmites tiphaniapa*, le *Papyrus sp.* et le *Cyperus sp.*, tandis que la deuxième unité est composée d'une pelouse herbacée constituée *Crepidiorhapon tenuis*, *Haumaniastrum katangense*, *Setaria palidifusca*, *Imperata cylindrica*.

### 2.3 METHODOLOGIE POUR L'ESTIMATION DES TENEURS EN ETM DANS LES SEDIMENTS

#### COMPARAISON EN SEQUENCE

Dans cette étude, des échantillons des sédiments ont été prélevés au niveau d'une unité physiographique (bas-fond), pour quantifier la teneur des particules dangereuses intégrées dans les matériaux décapés par l'eau et transportés à travers le pédopaysage jusqu'au bas-fond. Pour mieux interpréter les données relatives aux ETM dans une unité physiographique sur une toposéquence, il convient de comparer les teneurs de l'horizon de surface par rapport à celles de l'horizon de profondeur du bas-fond ou passe la rivière Karavia. Celle-ci a reçu des matériaux de colluvionnement des plateaux de Penga-Penga et de Karavia. L'horizon à tester est comparé à l'horizon correspondant du même type de sol, il s'agit d'une comparaison en séquence qui permettra de comprendre l'effet de l'eau et de la pente sur la redistribution des ETM dans le pédopaysage par érosion et par ruissellement.

### 2.4 CONDITIONNEMENT DES ÉCHANTILLONS

Chaque échantillon récolté sur le terrain a été séché à l'air et émotté en vue d'un tamisage à 2 mm. Chaque échantillon et son refus ont fait l'objet d'une pesée sur une balance à deux décimales en vue de l'estimation de la charge grossière. Tous les échantillons ont été conditionnés dans des boîtes hermétiques préservant ainsi leur atmosphère d'un taux d'humidité trop élevé.

## 2.5 MATÉRIELS DE TERRAIN

Le matériel utilisé pour l'observation et l'échantillonnage sur le terrain comprend : tarière, fiches de sondage et de profils pour relever les observations, charte Munsell pour la couleur, kit pH, clinomètre. Les coordonnées GPS sont prélevées en chaque point de sondage.

## 2.6 ANALYSES À RÉALISER

Les pH eau et pH KCl, Carbone organique total, Acidité d'échange pour les échantillons ayant un pH eau < 4,9 (seuil choisi pour garder un nombre d'échantillons raisonnables), Azote total pour les échantillons ayant un pourcentage de carbone organique total > à 0,8% Humidité résiduelle, Analyse granulométrique, Capacité d'échange cationique, Eléments échangeables à l'acétate ammonique à pH 7 ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cu}^{++}$ ), Eléments totaux (Cd, Cu, Zn, Co, Pb, Mg, Mn, Al, Fe, Ca, Na, K).



Figure 1 : Localisation de deux toposéquences sur la carte pédologique (1/60000) (Sys, 1954-1956)

### 3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

#### 3.1 RÉSULTATS

##### 3.1.1 PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES ET PEDOLOGIQUES DANS LES SEDIMENTS (D<sub>6</sub>)

Tableau 1: Résultats d'analyse sur les paramètres physico-chimiques et pédologiques des sédiments

Stat	pH			Carbone Total			Granulométrie			Eléments échangeables (méq/100g ou Cmol/Kg)						
	pH Eau	pH KCl	▲ pH	C g/100g	N	C/N	A%	L%	S%	Ca	Na	K	Mg	S	CEC	V%
<b>Horizon de Surface</b>																
<b>Effectif</b>	6	6	6	6	5	5	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3
<b>Moyenne</b>	5,8	5,7	0,1	1,5	0,10	16,5	23	26	50	0,01	0,02	0,13	0,04	0,21	11	2
<b>Ecart Type</b>	0,9	0,5	0,6	0,8	0,05	3,3	-	-		0,01	0,04	0,03	0,02	0,02	3	1
<b>CV%</b>	14,7	9,3	568,8	54,6	51,83	19,8	-	-		93,19	173,21	26,04	37,70	7,71	26	31
<b>Horizon en Profondeur</b>																
<b>Effectif</b>	6	6	6	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<b>Moyenne</b>	6,3	5,0	1,3	0,9	0,10	9,7	37	33	30	0,01	0,00	0,17	0,04	0,22	14	2
<b>Ecart Type</b>	0,8	1,2	0,6	0,1	0,00	1,1	8	22	14	0,01	0,00	0,07	0,03	0,08	5	1
<b>CV%</b>	13,4	24,4	48,3	15,3	4,42	10,9	21	66	46	81,91	-	39,30	59,30	37,65	37	42

Les observations ont été effectuées sur le tiers inférieur de la cuvette de la rivière Karavia. Cette morphologie est légèrement plane, sa pente est inférieure à 5%. Plus, on s'approche de la cheminée, plus les dépôts de colluvion s'accumulaient sur le site. Les apports des colluvions vers la rivière Karavia sont importants dans cette partie au regard de la gravité de la pente, le long du versant. Ces types de substrat possèdent un pH plus élevé. La moyenne du pH eau et du pH KCl sont respectivement de 5,8 et 5,7 en surface et 6,3 et 5,0 en profondeur. Le taux moyen de C/N est égal à 15, indiquant une décomposition moyennement lente de la matière organique [17]. Leur texture est sablo-argileuse en surface et argilo-limoneuse en profondeur mais le coefficient de variation montre une haute variabilité au sein de ces sédiments. La concentration des éléments échangeables est très faible sauf pour le potassium 0,13 méq/100g en surface et 0,17 méq/100g en profondeur. La capacité d'échange cationique et le taux de saturation sont également très faibles (Tableau 1).

Deux horizons ont fait l'objet d'étude sur les sédiments de la rivière Karavia, l'horizon de surface (0-30 cm) et celui de profondeur (60-70cm). En tenant compte du pH au niveau de ces deux horizons, on constate que l'horizon de surface présente une moyenne de pH Eau acide 5,8, alors que celui de profondeur a une moyenne de pH légèrement acide 6,3. Cette différence de pH est un paramètre déterminant dans la mobilité des ETM à travers le profil [18]. Au regard de la granulométrie, l'horizon de surface a une prédominance sableuse 50% avec un taux faible d'argile 23% tandis que celui de profondeur présente une tendance inverse. Les résultats ainsi observés pourraient expliquer le transfert des ETM à travers les couches du sol jusqu'à l'horizon de profondeur [19], pour lequel la réaction du sol présente une valeur de 6,3 correspondant à un pH légèrement acide et un taux d'argile élevé (37%). Ce qui constitue un piégeage d'ETM en profondeur, avec un gros risque de leurs relargage vers le milieu aquatique [20].

La valeur de la CEC indique pour l'horizon de surface, comme celui de profondeur que le substrat n'est pas de bonne qualité surtout en matière de production agricole [21]. Cela pourrait être dû à l'accumulation dans les sédiments des éléments toxiques pendant une longue période [22]. Ces éléments possèdent les mêmes mécanismes d'entrée dans le sol et les plantes comme les éléments bénéfiques. Ils ont donc été transférés en abondance vers le bas-fond ou passe la rivière Karavia.

### 3.1.2 NIVEAU DE CONCENTRATION DES ELEMENTS TRACES METALLIQUES DANS LES SEDIMENTS

*Tableau 2: Teneurs totales moyennes des ETM dans les sédiments le long de la rivière Karavia*

Totaux	Ca	Mg	K	Na	Al	Fe	Mn	Cu	Co	Pb	Cd	Zn
	mg/100g				g/100g		mg/Kg					
<b>Horizon de Surface</b>												
<b>Effectif</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>Moyenne</b>	141	199	207	69	6,0	4,4	199	3488	290	236	6	295
<b>Ecart Type</b>	108	57	51	11	1,6	2,6	126	2959	376	255	6	171
<b>CV%</b>	8	3	2	2	26	59	63	85	129	108	93	58
<b>Horizon en Profondeur</b>												
<b>Effectif</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>Moyenne</b>	113	232	299	66	6,7	5,4	199	2307	288	173	6	231
<b>Ecart Type</b>	145	60	85	23	2,0	3,4	158	2822	437	298	5	206
<b>CV%</b>	13	3	3	3	30	63	79	122	152	172	79	89

Les teneurs moyennes en éléments traces métalliques sont du même ordre de grandeur que les autres mais l'on n'observe pas une grande variabilité de la concentration d'ETM selon qu'on est en surface ou en profondeur. Le cobalt et le cadmium ont respectivement une teneur moyenne de 290 mg/kg et 6 mg/kg. Ces teneurs se trouvent excessivement supérieures aux normes fixées par la Recommandation Canadienne pour la protection de la vie aquatique [23]. Le transfert d'ETM du substrat vers le milieu aquatique est possible et dépend du pH, qui conditionne la solubilité de l'élément ou sa précipitation sous forme d'un complexe [24]. Les teneurs en fer et en aluminium dans les sédiments sont les plus importantes sur cette zone. Il en est de même des sols du plateau et du versant. S'agissant du cuivre dans les sédiments, on enregistre dans l'horizon de surface une teneur très élevée 3488 ppm, elle diminue avec la profondeur 2307 ppm, mais reste excessivement supérieure à la recommandation Canadienne de protection de la vie aquatique, qui fixe à 35 ppm, la valeur limite du cuivre dans les sédiments. L'abondance du cuivre en surface est justifiée par le fait premièrement, que l'usine de Lubumbashi a extrait principalement le cuivre, donc les retombées atmosphériques ont enrichis les sols en Cuivre et autres éléments chimiques sur le plateau de Penga-Penga [25]. Deuxièmement, les phénomènes d'érosion et de ruissellement, étant dominants en saison des pluies, ajouté la nature de la pente sur le versant, ces conditions réunies occasionnent le transfert des matériaux et particules toxiques à travers le pédopaysage jusqu'au niveau du bas fond ou passe la rivière Karavia. La pollution avérée des sédiments entraîne des conséquences incalculables sur la ressource eau, les êtres aquatiques, les plantes aquatiques, bref l'homme au sommet de la chaîne trophique [26]. Les autres éléments, le Pb, le Cd ainsi que le Zn ont des teneurs très élevées par rapport à cette recommandation Canadienne, ces teneurs diminuent avec la profondeur mais l'on note un transfert important de ceux-ci vers la profondeur suite à la texture en surface (Sable) ainsi qu'à la variation du pH (5.8 à 6.3).

### 3.2 DISCUSSION

L'interprétation des teneurs totales en ETM nécessite d'abord la connaissance des autres données pédologiques de caractérisation à savoir : les données analytiques et les données morphologiques [27]. Les résultats d'analyses en composantes principales (ACP), permettent d'établir les relations qui existent entre les éléments traces métalliques et les différentes propriétés physico-chimiques du substrat étudié. Il faut noter que certaines de ces propriétés n'expliquent guère les variations naturelles du contenu en ETM que l'on peut observer d'un horizon à l'autre au sein d'un même solum pendant que d'autres sont des références impératives pour interpréter celles-ci [28]. Il s'agit des teneurs en fer, argile, calcaire de l'échantillon et du gradient de pH. Ce sont ces paramètres qui peuvent aider à prédire et interpréter le contenu en ETM dans un horizon donné.

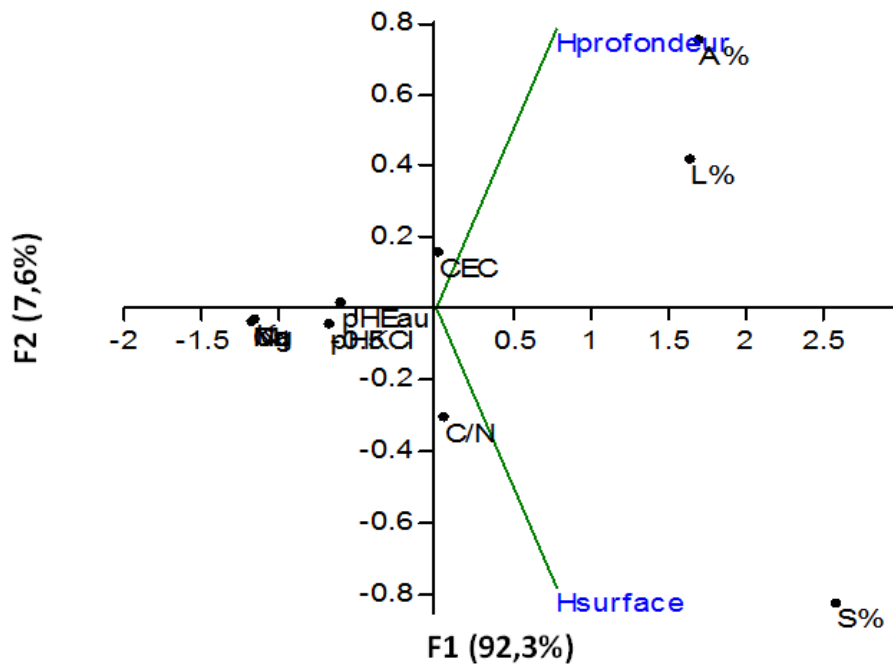


Figure 2 : Graphique des corrélations entre les paramètres chimiques et pédologiques

En se référant à la figure 2, montrant les corrélations existant entre les paramètres chimiques (pH Eau, pHKCl, CEC) et pédologiques (Granulométrie) dans les horizons de surface et de profondeur, il ressort clairement une répartition des horizons en fonction de la granulométrie, la matière organique ainsi que la capacité d'échange cationique. L'horizon de surface étant le réceptacle de toutes les contaminations [(chimique due aux procédés de traitement métallurgique, agricoles diffuses, éventuellement des retombées atmosphériques (éléments aérotransportés à grande distance), transport des polluants par ruissellement en fonction de la pente)] [29] présente un taux élevé de sable 50%, contre 23% d'argile. Selon le même graphique, le rapport C/N est de 16,5, ce qui indique la présence en surface de la matière organique issue de différentes espèces présentes dans le bas fond, le long de la rivière Karavia. Par contre, en profondeur, la tendance est inverse. Il s'observe un taux élevé d'argile 37%, accompagné d'une CEC importante, pouvant expliquer l'immobilisation (le piégeage) des éléments dangereux temporairement avant leur relargage dans le milieu aquatique (Eau). Cette observation va dans le même sens que celle faite par Baize (1997) [30] selon laquelle des teneurs nettement plus fortes dans l'horizon de surface que dans les horizons sous-jacents ne peuvent guère s'expliquer par des processus naturels, à l'exception du cas des sols forestiers caractérisés par un intense recyclage biologique dans les litières. Baize ajoute ensuite que les gradients d'argile, croissant avec la profondeur présentent une corrélation positive avec le cuivre, le plomb, le cobalt et le zinc mais une corrélation négative avec le cadmium et le manganèse. Ils sont accompagnés généralement d'un gradient parallèle en fer. S'agissant du niveau de concentration en ETM, il ressort clairement que le Cu présente la teneur la plus élevée, dépassant 34 fois plus que la valeur normale fixée par l'AFNOR [31] et 100 fois plus que la recommandation Canadienne pour la protection de la vie aquatique. Le cuivre étant un oligoélément, indispensable à l'homme, aux êtres aquatiques ainsi qu'aux végétaux [32] ne doit pas excéder une certaine teneur. Dans le cas présent, il cesse d'être bénéfique pour la vie aquatique, les végétaux. Il devient un élément toxique et entraîne des conséquences néfastes sur le substrat (sédiment), l'eau ainsi que les plantes et les êtres aquatiques.

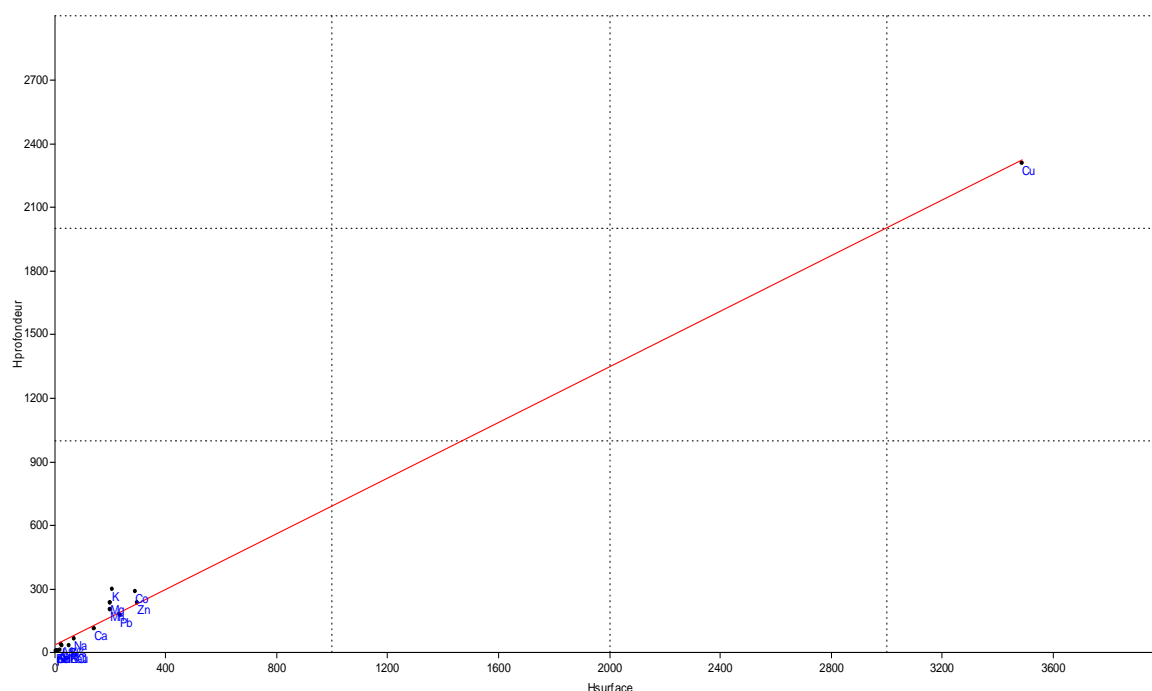


Figure 3 : Concentration du Cu dans les sédiments par rapport aux autres ETM

La situation présentée à la figure 3, trouve des explications dans les hypothèses ci-dessous :

- ❖ Le cuivre se trouve fortement concentré en surface comme les autres éléments, il diminue avec la profondeur. Ceci s'explique par le fait que la cheminée de la fonderie électrique de cuivre de Lubumbashi émet dans l'atmosphère des grandes quantités des fumées riches en  $\text{SO}_2$  (issu de l'oxydation des sulfures) ainsi que des poussières métallifères chargées en cuivre et autres métaux lourds. Ceux-ci s'éliminent ensuite par gravité, dépôt à sec, précipitation et lessivage et s'accumulent principalement dans les horizons de surface des sols environnants [33] ;
- ❖ Les différents éléments traces métalliques en particulier le cuivre se sont concentrés et accumulés dans l'horizon de surface des sols du plateau de Penga-Penga, causant ainsi la disparition de la végétation existante et l'apparition des espèces typiquement métalophytes [34]. D'où l'apparition de vastes surfaces nues ;
- ❖ Les vastes surfaces nues observées sur le plateau de Penga-Penga sont sources des problèmes suivant les saisons : en saison des pluies, ces surfaces nues sont exposées aux phénomènes intenses d'érosion. Etant donné que les ETM sont concentrés en surface, l'érosion décape ainsi l'horizon A, riche en ETM et par ruissellement, ceux-ci sont transportés vers le bas-fond vu que la topographie présente une pente importante [35]. Ceci est la cause fondamentale qui fait l'objet de recherche, dans cette présente étude. C'est ainsi qu'on retrouve des teneurs élevées, dans le substrat de bas-fond (les sédiments) en surface. On note un transfert important des ETM de l'horizon de surface à l'horizon de profondeur, ceci est dû à la présence d'une texture sableuse en surface et un pH acide qui explique la mobilité des ETM. En saison sèche, les mouvements des vents dominants occasionnent l'envol des poussières (tourbillons) transportant les particules métalliques susceptibles d'enrichir l'atmosphère et les sédiments en ETM par gravité.

## MATRICE DES CORRELATIONS ENTRE ETM ET PARAMETRES CHIMIQUES, PEDOLOGIQUES (PARAMETRES EXPLICATIFS)

	Cu tot	Co tot	Pb tot	Cd tot	Zn tot	A%	Al tot	Fe tot	pH Eau
Co tot.	0,539 0,031								
Pb tot	<b>0,969</b> 0	<b>0,632</b> 0,009							
Cd tot	<b>0,472</b> 0,065	0,509 0,044	0,465 0,069						
Zn tot	-0,048 <b>0,859</b>	0,2 0,458	-0,079 <b>0,772</b>	0,152 0,573					
A%	-0,161 0,76	-0,288 0,58	-0,108 <b>0,839</b>	0,369 0,471	-0,098 <b>0,854</b>				
Al tot	-0,322 0,224	-0,204 0,448	-0,311 0,241	-0,351 0,183	0,077 <b>0,776</b>	-0,015 <b>0,977</b>			
Fe tot	0,078 <b>0,773</b>	<b>0,641</b> 0,007	0,161 0,552	0,062 0,821	0,214 0,425	-0,047 <b>0,929</b>	0,485 0,057		
pH Eau	0,495 0,122	<b>0,692</b> 0,018	0,416 0,203	0,54 0,086	0,251 0,456	0,426 0,72	-0,441 0,174	0,238 0,481	
pH Kcl	0,227 0,501	0,563 0,071	0,143 <b>0,674</b>	0,154 0,652	0,555 <b>0,076</b>	0,178 <b>0,886</b>	0,009 <b>0,979</b>	0,595 0,054	0,505 0,113
C	0,312 0,299	-0,234 0,442	0,289 0,338	0,586 0,035	-0,213 0,486	<b>0,969</b> 0,031	-0,501 0,081	-0,508 0,77	0,047 <b>0,904</b>
C.E.C	-0,228 0,414	-0,269 0,332	-0,195 0,486	0,386 0,156	-0,146 0,603	<b>0,944</b> 0,005	0,009 <b>0,976</b>	0,137 0,626	0,149 <b>0,681</b>
pH Kcl C		C							
C	-0,529 0,143								
C.E.C	-0,389 0,266	<b>0,807</b> 0,002							

Figure 4 : Matrice des corrélations entre ETM et les paramètres (chimiques et pédologiques)

L'analyse de la matrice des corrélations indique l'existence de plusieurs corrélations entre éléments. Ici, l'on s'intéressera aux corrélations qui expliquent les relations de causalité entre les ETM et les paramètres (chimiques et pédologiques) pris en compte. Une corrélation positive, hautement significative entre le plomb et le cuivre est enregistrée [0,969]. Il existe d'autres corrélations entre les Co-Cu, Co-Pb, Cd-Co, cela a été observé par plusieurs auteurs [3auteurs] ayant travaillé sur l'arc cuprifère Katanga (sols, Eau). Ces corrélations sont positives mais légèrement significatives. Le cobalt reste l'élément le plus lié dans les sédiments, il est influencé par le pH Eau et le fer [0,692] et [0,641] respectivement. Le cadmium présente une corrélation positive, significative avec la matière organique (carbone). L'on note l'existence dans les sédiments de plus de corrélation entre éléments que dans les sols hydromorphes de bas-fond (Gleysols). Le cuivre, le cobalt, le plomb et le cadmium présentent entre eux, une corrélation positive, significative atteignant [0,86].

Ces éléments sont proportionnellement liés au fer de manière hautement significative. Enfin, le pH eau a une corrélation positive avec le cuivre et le cadmium [0,929 et 0,922]. On peut noter que les sédiments présentent des relations spécifiques entre certains éléments tels que le zinc et la CEC qui ont une relation positive [0,813] et le carbone qui est significativement lié au cobalt [0,941].

Les résultats obtenus sur les sédiments montrent toutefois que les transferts d'ETM des plateaux aux vallées sont relativement importants, ce qui justifie la forte teneur en cuivre dans les sédiments. Ceux-ci se font principalement sous forme particulaire, en surface puisque les sols de plateaux sont homogènes le long de la pente.

#### 4 CONCLUSION

L'étude de détermination du niveau des teneurs en ETM dans les sédiments avait pour objectif principal, de comprendre les mécanismes impliqués dans les transferts des particules dangereuses d'une part à travers le pédopaysage (du plateau en

passant par le versant vers le bas-fond), et d'autre part à travers les horizons du sol (séquence). Les transferts des ETM à travers le pédopaysage est les résultats d'importants phénomènes d'érosion observés sur le plateau de Penga-Penga aux vastes surfaces nues. Les transferts des matériaux sont importants sur le plateau de Penga-Penga que sur celui de Karavia. Ces matériaux se sont accumulés dans les substrats de bas-fond (sédiment) atteignant des niveaux de concentration excessivement élevés pour ce qui est du cuivre, cobalt, plomb, cadmium. Ces ETM oligoéléments indispensables aux végétaux, êtres aquatiques aux animaux ainsi qu'aux hommes excepté le cadmium, dépassent largement les limites fixées par l'AFNOR, l'OMS et les recommandations canadiennes pour la protection de la vie aquatique. S'agissant de la comparaison des ETM en séquence, on a noté aussi les transferts importants à travers le profil, cela a été favorisé par l'implication des paramètres chimiques et pédologiques (pH, acide en surface et très légèrement en profondeur ; sable en surface d'où facilitation des transferts vers les horizons inférieurs, argile en profondeur d'où immobilisation et piégeage des ETM). Le temps de résidence de ces ETM dans cet horizon de profondeur est court et est dicté par les dynamiques de leurs formes chimiques, les changements des conditions physico-chimiques, pédologiques (du substrat) et hydrologiques. L'entrée de ces ETM dans le milieu aquatique est à l'origine de plusieurs dysfonctionnements de la ressource Eau en particulier, et de l'Environnement en général vu que l'eau est un élément indispensable dans les processus chimiques, physiques et biologiques de tous les êtres (humains, aquatiques, végétaux, substrats,...)

Après l'analyse de laboratoire, le traitement des données, deux recommandations peuvent être mises en œuvre, afin de vulgariser à la population les techniques nécessaires de gestion de substrat pollué pour limiter les transferts des substances dangereuses vers le milieu aquatique. Il s'agit de :

- D'installer une végétation abondante sur les vastes surfaces nues et surtout le versant, par l'usage de la matière organique, la chaux pour activer la croissance végétale sur ce substrat pollué. Ceci en vue de créer une barrière naturelle susceptible de bloquer les particules dangereuses du sol vers le milieu aquatique ;
- D'éviter tant soit peu, de pratiquer les cultures maraichères sur ce type de substrat, aux risques de contaminer le consommateur (population Lushoise).

## REFERENCES

- [1] <http://www.forrestgroup.com/fr/stl/stl.html>, consulté le 6 juillet 2008
- [2] MOULAERT, N., Emissions de l'industrie métallurgique à Lubumbashi (Shaba - Zaïre) et conséquences sur l'environnement, Travail de fin d'études inédit, Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux, Gembloux, 1992.
- [3] BRION, R., MOREAU, J.L., De la mine à mars. La genèse d'Umicore, Lanoo, Tielt, 2006.
- [4] GHISLAIN, Y., GECOMIN. Traitement métallurgique, in Les expatriés de Lubumbashi, [en ligne], <http://lubum2.free.fr/umhk/gecomin/traitement.htm>, page consultée le 10Fevrier 2015.
- [5] MBENZA M, ALONI K & MUTEBA M. 1989 : quelques considérations sur la pollution de l'air à Lubumbashi (Shaba, Zaïre). *Géo-eco-trop*, 13, 1-4, 113-125;
- [6] Leteinturier B., Malaisse F., 1999b. De la réhabilitation des sites pollués par l'exploitation minière du cuivre en Afrique centro-australe. *Bull. Séance. Acad. r. Sci. Outre-mer* 45 (1999). P 535-554 ;
- [7] MUNYEMBA, F., BAMBA, I., DJIBU, J.-P., AMISI, M., VEROUSTRAETE, F., NGONGO, L., BOGAERT, J., Occupation des sols dans le cône de pollution Lubumbashi, in *Annales de la faculté des Sciences Agronomiques de l'Université de Lubumbashi*, vol. I, n°2, 2008, pp. 19-
- [8] LETEINTURIER, B., Evaluation du potentiel phytocénotique des gisements cuprifères d'Afrique centro-australe en vue de la phytoremédiation des sites pollués par l'activité minière, thèse de doctorat, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Gembloux, 2002.
- [9] MOULAERT, N., Emissions de l'industrie métallurgique à Lubumbashi (Shaba - Zaïre) et conséquences sur l'environnement, Travail de fin d'études inédit, Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux, Gembloux, 1992.
- [10] KASHIMBO, S., Contribution à la caractérisation des teneurs naturelle et de contamination en éléments traces métalliques des sols et sédiments autour de Lubumbashi, Mémoire inédit, Faculté des Sciences Agronomiques, UNILU, Lubumbashi, 2010.
- [11] Ankley GT, Katko A, Arthur JW. 1990. Identification of ammonia as an important sediment-associated toxicant in the Lower Fox River and Green Bay, Wisconsin. *Environ Toxicol Chem* 9:313-322.
- [12] ASSANI A.A. et MUTEBA M. (1994) - Aspect de la pollution de la rivière Lubumbashi par la Fonderie Minière de la Gécamines, *Bulletin de la Société Belge d'Etudes Géographiques*, 2, Pp. 211-223.

- [13] Sterckeman, T., Douay, F., Proix, N. & Fourrier, H. (2002) Contamination des sols vers la profondeur à Noyelles-Godault et Aubry. In: Un point sur....les éléments traces métalliques dans les sols approches fonctionnelles et spatiales. INRA. Editions. Paris 565p ;
- [14] Andres. L., (2008). Etude de l'impact des contaminations métalliques sur les propriétés des sols autour de Lubumbashi. TFE FSAGx, 75p.
- [15] Thierry De Putter, Sophie Decrée, Célestin Banza Lubaba Nkulu, Benoit Nemery, Pierre Meerts, Michel-Pierre Faucon, Mylor Ngoy Shutcha. Geology, source of exposure, environmental and health effects of cobalt and associated trace elements in Katanga Copperbelt (Democratic Republic of Congo). International Symposium on Mineralogy, Environment and Health, 17-18 septembre 2009, Université Paris-Est Marne-la-Vallée, France, pp63-64 ;
- [16] Akwerali Sombo J., et al 2013. Plan d'aménagement et de gestion des ressources en eau dans la ville de Lubumbashi. UNILU/Facultés des sciences. Rapport, 56p.
- [17] Bonneau M., 1995. Fertilisation des forêts dans les pays tempérés. ENGREF. Nancy, 367p.
- [18] Halen H., 1993. Distribution et cinétique de mobilisation du cadmium dans le sol. Thèse. Louvain La Neuve. 151p. + Annexes.
- [19] LEGROS J.P., et PEDRO G., 1985. The causes of particles-size distribution in soil profiles derived from crystalline rocks, France. *Geoderma*, 36, 15-25.
- [20] Ankley GT, Schubauer-Berigan MK, Dierkes JR. 1991. Predicting the toxicity of bulk sediments to aquatic organisms with aqueous test fractions: pore water vs. Elutriate. *Environ Toxicol Chem* 10:1359-1366.
- [21] GENON J.G et DUFEY J.E., 1991. Contribution des argiles et de la matière organique à la capacité d'échange cationique de sols du Sud-est de la Belgique. *Rev. Agric.*, vol. 44, n°2, 277-284.
- [22] Ankley GT, Thomas NA, Di Toro DM, Hansen DJ, Mahony JD, Berry WJ, Swartz RC, Hoke RA, Garrison AW, Allen HE, Zarba CS. 1994. Assessing potential bioavailability of metals in sediments: A proposed approach *Environ Management* 8:331-337.
- [23] CCME EPC-98E (Canadian Council of Ministers of the Environment), 1999. Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life. <<http://www.ccme.ca/>>.
- [24] Campbell PGC, Tessier A. 1994. Geochemistry and bioavailability of trace metals in sediments. In *Aquatic ecotoxicology: fundamental concepts and methodologies*. Vol. 1. Eds Boudou A. and Ribeyre F. CRC Press, Boca Raton, Fla. Pp. 125-148.
- [25] MUKOBO, R.-P., Evaluation et cartographie des contaminations des sols autour du site de la Gécamines, mémoire de D.E.A. inédit, Faculté des Sciences Agronomiques, UNILU, Lubumbashi, 2007.
- [26] Chapman PM, Wang F, Janssen C, Persoone G, Allen HE. 1998. Ecotoxicology of metals in aquatic sediments: binding and release, bioavailability, risk assessment, and remediation. *Can J fish Aquat Sci* 55:2212-2243.
- [27] Baize D., 1997. Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols (France). Références et stratégies d'interprétation. INRA, Paris, 410p.
- [28] JAMAGNE M., 1973. Contribution à l'étude pédogénétiques des formations lœssiques du nord de la France. Thèse. Gembloux. 445p.
- [29] Baker D.E., (1990). Copper in Alloway B.J., (ed), *Heavy metals in soils*. Blackie & Sons, London, UK, 151,176.
- [30] Baize D., 1997. Interpréter les teneurs totales en micro-polluants minéraux : fonds géochimiques locaux et contaminations modérées. 3eme rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse de terre. COMIFER-GEMAS. Blois. 181-192.
- [31] AFNOR, 1996. *Qualité des sols*. Recueil de normes françaises. 3<sup>ème</sup> édition. Paris. La défense. 534 p.
- [32] JUSTE C., 1994. Matières organiques et comportements des éléments traces dans le sol. In *matières organiques et Agriculture*. Actes des 4<sup>es</sup> journées de l'analyse de terre. GEMAS. J. Decroux et J.C. Ignazi, coord. 115-123.
- [33] IPSC. 1998. Environmental health criteria 200, copper. pp. 269-270;
- [34] MALAISSE F., Colonval-Elenkov E. & Brooks RR. 1983. The impact of copper and cobalt orebodies upon the evolution of some plant species from upper Shaba, Zaire. *Plant systematics and evolution*, 142, 207-221.
- [35] Kaya.D, 2007. Contribution à l'étude des facteurs de distribution spatiale des teneurs en éléments traces métalliques dans les sols et les sédiments dans le quartier Gécamines, DEA UNILU 50 p.

## Diagnostic de la contamination des eaux de la rivière Mulungwishi par les éléments traces métalliques (ETM) : Lubumbashi, Haut-Katanga / RD Congo

### [ Diagnosis of water contamination of the river Mulungwishi by metal trace elements (ETM) : Lubumbashi, Haut Katanga / RD Congo ]

*Serge Kashimbo Kalala<sup>1</sup>, Kanda Ndaya Glodie<sup>2</sup>, Kiyukeno Kitwanyoka Yannick<sup>3</sup>, Nkulu Masengo Lucien<sup>4</sup>, Kirongozi Swedi<sup>4</sup>, and Kazadi Kanyama Papy<sup>5</sup>*

<sup>1</sup>Chef des travaux à l'Unité de Gestion des Ressources naturelles, Faculté des sciences Agronomiques, Université de Lubumbashi, B.P: 1825, RD Congo

<sup>2</sup>Etudiante, au département d'Agronomie générale, de la Faculté des sciences Agronomiques, Université de Lubumbashi, B.P: 1825, RD Congo

<sup>3</sup>Assistant au Département de Génie civile, Ecole Supérieure des Ingénieurs (ESI), Université de Lubumbashi, B.P: 1825, RD Congo

<sup>4</sup>Assistants au Département d'Economie Agricole, Faculté des sciences Agronomiques, Université de Lubumbashi, B.P: 1825, RD Congo

<sup>5</sup>Assistant à la Faculté de Médecine Vétérinaire, Département de Biochimie, Université de Lubumbashi, B.P 1825, 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:** In the aquatic environment, much of anthropogenic or natural compounds are adsorbed on particulate matter and accumulate in sediment. Sediment can affect the bioavailability of contaminants and therefore toxicity. A transect was established along the river Mulungwishi, 12 stations were selected along this transect and water and sediment samples were collected for laboratory analysis. The results indicate a high concentration of elements in the study (Cu, Co, Pb, Fe, Mn, and Mg), particularly in sediments than in the water. Cu slightly exceeds WHO standards set at 2 mg / L, the station 7. Against the stations 4, 5, 6, 7, and 8 show high concentrations in sediments to Cu, Co. This is explained by the change in physicochemical conditions of rivers. In this case, it is the pH of the water, particularly when acid which facilitates the mobility of certain hazardous components and their transport along the river especially when the speed is great. By contrast when the pH of the water is basic, some other elements precipitate and accumulate in sediment, increasing their concentrations, or of the risk of exposure of aquatic fauna, creatures and aquatic plants as well as the man who would exercise any activity on an exposed river has human pressure in all its forms.

**KEYWORDS:** Mining, Impact, Water, Sediment, Contents level, Contamination, Exposure, Trophic chain.

**RESUME:** Dans le milieu aquatique, une grande partie des composés d'origine anthropique ou naturelle s'adsorbent sur les particules en suspension, puis s'accumulent au niveau des sédiments. Les sédiments peuvent modifier la biodisponibilité des contaminants et par conséquent leur toxicité. Un transect a été établi le long de la rivière Mulungwishi, 12 stations ont été retenues le long de ce transect et des échantillons d'eau et des sédiments ont été récoltés pour analyse au laboratoire. Les résultats obtenus indiquent une forte concentration des éléments à l'étude (Cu, Co, Pb, Fe, Mn, Mg), particulièrement dans les sédiments que dans l'eau. Le Cu dépasse légèrement les normes de l'OMS fixées à 2mg/L, à la station 7. Par contre les

stations 4, 5, 6, 7, et 8 présentent de teneurs élevées dans les sédiments pour le Cu, le Co. Ceci s'explique par la variation des conditions physico-chimiques des cours d'eau. Dans le cas présent, il s'agit du pH de l'eau, particulièrement qui lorsqu'il est acide, facilite la mobilité de certains éléments dangereux ainsi que leurs transports le long de la rivière surtout lorsque la vitesse est grande. Par contre lorsque le pH de l'eau devient basique, certains autres éléments précipitent et s'accumulent dans les sédiments, accroissant ainsi leurs concentrations, d'où les risques d'exposition de la faune aquatique, des êtres et plantes aquatiques ainsi que de l'homme qui exercerait une quelconque activité sur un cours d'eau exposé à la pression anthropique sous toutes ses formes.

**MOTS-CLEFS:** Exploitation minière, Impact, Eau, Sédiments, Niveau des teneurs, Contamination, Exposition, chaîne trophique.

## 1 INTRODUCTION

La présence de polluants dans les eaux naturelles, même à l'état des traces s'accompagne des conséquences néfastes sur l'environnement et les organismes vivants car la biodisponibilité de ces substances dans l'eau est souvent forte [1]. Berceau de la vie et agent de son développement, l'eau recueille les produits de l'érosion de l'écorce terrestre, notamment les substances indispensables à la croissance des organismes aquatiques et terrestres [2]. Doivent être considérés comme source des problèmes, ceux de ces éléments et composés que les activités humaines concentrent dans les eaux au point d'y menacer la vie [3]. Les activités anthropiques sont la source de nombreux polluants disséminés dans l'environnement [4]. Les éléments traces (ETM), incluant les métaux et les métalloïdes font partie de ces polluants à risque de préoccupation prioritaire car très toxiques et non dégradables [5]. Leur rémanence dans l'environnement implique qu'ils s'accumulent dans les organismes et qu'il est difficile de réduire leur concentration [6] entraînant des effets toxiques sur les êtres vivants et perturbant le bon fonctionnement des écosystèmes [7]. Parmi les contaminants majeurs de l'environnement, on note les éléments traces métalliques (ETM) [8]. Ceux-ci posent de sérieux problèmes écologiques, tant par le caractère ubiquiste de leur présence au sein de la biosphère que par leur toxicité et leur bioaccumulation potentielle dans plusieurs espèces aquatiques induisant des effets dévastateurs sur la balance écologique de l'environnement aquatique [9].

L'eau douce renouvelable est une ressource indispensable à la vie. Elle mérite une attention toute particulière, vu qu'elle est très altérée et sérieusement menacée par les activités d'exploitation et de traitement des minerais au Katanga. En effet, la croissance démographique accompagnée d'une urbanisation rapide cause de nombreuses perturbations pour les milieux naturels [10], l'industrialisation, l'utilisation non rationnelle des engrais et pesticides, le manque de sensibilisation de la population envers la protection de l'environnement, conduisent autant à un déséquilibre de l'écosystème et génèrent des éléments polluants qui peuvent affecter la qualité physico-chimique et biologique des milieux aquatiques récepteurs [11], mais aussi altérer les usages de l'eau (captage de l'eau, baignade, etc.) [12].

L'exploitation minière de métaux de base (Cu, Co, Pb, Zn) au Katanga est comptée parmi les activités industrielles génératrices de sérieux problèmes de pollution métallique des ressources en eau [13].

Les activités d'exploitation et de traitement des minerais ainsi que l'exploitation minière artisanale au Katanga sont responsables de la contamination dramatique en ETM, des eaux de surface, sédiments, eaux souterraines, de sols et peuvent également affecter négativement l'environnement local et les ressources en eau par le retrait d'eau douce et la pollution due aux décharges de l'eau des usines de traitement des minerais [14].

Le présent travail avait pour objectif d'évaluer les teneurs en éléments traces métalliques (Cu, Co, Fe, Mn, Mg) dans les échantillons d'eau et des sédiments récoltés le long de la rivière Mulungwishi. Ceci en vue de mettre en évidence d'une part, l'impact négatif significatif de l'exploitation minière (artisanale ou mécanique) et l'implantation des usines de traitement des minerais sans étude préalable, et d'autre part de mettre en évidence les risques de la présence excessive des ETM sur la santé du cours d'eau, des êtres et plantes aquatiques, de la faune ichthyologique mais aussi et surtout de l'homme à travers la chaîne trophique.

## **2 MILIEU, MATÉRIELS ET MÉTHODES**

### **2.1 MILIEU**

#### **2.1.1 LOCALISATION DU SITE**

Ce site est situé sur la route N°1 (Lubumbashi-Kolwezi), vers Kolwezi à 160 Km au Nord Ouest de la ville de Lubumbashi, et à 35 Km de la ville de Likasi. Il est localisé géographiquement à 10°46'38" de Latitude Sud et à 26°38'15" de Longitude Est. Du point de vue morphométrique, le site de Mulungwishi se trouve sur le plateau de Kundelungu à une altitude de 1180m, en dessous de la chaîne de Mitumba qui débute en Zambie et prend fin à Kigali-Ituri au Sud Kivu. Hydrologiquement, la rivière Mulungwishi fait le prolongement de la rivière Kashengeneke [15].

#### **2.1.2 METHODOLOGIE DE TERRAIN POUR LE PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS D'EAUX ET DES SEDIMENTS**

Un transect a été établi sur la rivière Mulungwishi partant de l'amont (Kambove) jusqu'à l'aval (Mulungwishi vers Katepe). 12 stations de collecte des échantillons d'eaux et des sédiments superficiels ont été installées le long du transect en partant de la source à l'embouchure.

#### **2.1.3 LOCALISATION DES STATIONS À L'ÉTUDE**

Les douze stations retenues dans cette étude sont situées le long de la rivière Musesa, en amont jusqu'à la rivière Mulungwishi (aval).

**SW1** : Station se trouvant à 3km de la source de la rivière et avant l'usine d'exploitation minière. Elle passe pour le site témoin;

**SW2** : Station se trouvant après l'usine d'exploitation minière, localisée dans une zone exclusivement minière ;

**SW3** : Station se trouvant avant la jonction avec une petite rivière appelée Mulungwishi, jusque-là portant toujours le nom de Musesa;

**SW4** : Station se trouvant en amont des installations de la carrière Kafundwa. Cette station est un bon site pour évaluer l'impact de l'exploitation minière sur la rivière Mulungwishi;

**SW5** : Station se trouvant juste à la jonction de deux rivières qui forment la rivière Mulungwishi;

**SW6** : Station se trouvant à quelques kilomètres des exploitations artisanales du cuivre et Cobalt;

**SW7** : station se trouvant à environ 3km du site précédent après une végétation abondante. Elle se situe avant le site d'exploitation de gravier, moellon de l'entreprise CRECK 7;

**SW8** : Station se trouvant en amont de l'entreprise CRECK 7;

**SW9** : Station se trouvant après le pont sur la route nationale N°1. Cette station se situe dans la zone à forte concentration humaine, donc susceptible de recevoir les déversements des déchets divers (ordures ménagères, défécations humaines,...);

**SW10** : Station se trouvant à quelques mètres du pont et des rails juste avant que la rivière ne se divise et prenne deux directions différentes ;

**SW11** : Station se trouvant sur la branche qui se dirige vers la zone à exploitation agricole (cultures maraichères essentiellement);

**SW12** : Station se trouvant sur la branche qui se dirige vers les exploitations piscicoles.

Douze échantillons d'eaux et des sédiments ont ainsi été prélevés dont deux, sur la rivière Musesa avant l'usine d'exploitation, quatre échantillons le long de la rivière Musesa après l'usine, deux échantillons le long de la rivière Mulungwishi avant son fusionnement avec la rivière Musesa et quatre échantillons, après la jonction des deux rivières ou elle prend un seul nom : rivière Mulungwishi.

## 2.2 MATÉRIELS

### 2.2.1 MATÉRIELS À ANALYSER

#### Eaux

Les eaux de la rivière Musesa avant et après l'usine de traitement de cuivre et de cobalt ainsi que celles de la rivière Mulungwishi constituent le matériel sur lequel des mesures au laboratoire seront effectuées.

#### Sédiments

Les sédiments seront utilisés comme substrat sur lequel des mesures devront être faites, afin de déterminer les phases porteuses d'ETM, qui joue un rôle important dans l'absorption et la libération des ETM en milieu aquatique.

### 2.2.2 MATÉRIELS DE TERRAIN

Les bouteilles de 500ml, la glacière+ de la glace, Perche (porte bouteille), Burette pour le mélange des solutions et le mélange de deux acides, Pipettes pour un prélèvement précis, Becher pour le mélange et autres verreries.

## 2.3 ECHANTILLONNAGE

Les échantillons d'eau ont été prélevés à l'aide des bouteilles en plastique de 500ml préalablement rincées trois fois avec de l'eau distillée afin d'éviter tout risque de biaiser les résultats. Pour récolter l'échantillon d'eau, deux bouteilles doivent être plongées à mi-profondeur et au centre du cours d'eau. Si le cours d'eau est profond, une perche doit être utilisée, loin des bords ainsi que des obstacles naturels ou artificiels, en dehors des zones mortes ou des remous et en évitant la remise en suspension des dépôts. Le prélèvement des sédiments se justifie par le fait que les polluants rejetés au cours des années précédentes, sous l'action des facteurs physico-chimiques s'accumulent dans le fond de la rivière (sédiment).

## 2.4 MÉTHODE DE LABORATOIRE

### 2.4.1 CONDITIONNEMENT DES ÉCHANTILLONS

Les échantillons d'eau ont subi une digestion acide simple, conformément aux méthodes standardes pour l'examen des eaux potables et usées un volume de 10 ml de chaque échantillon d'eau préalablement acidifié et est placé dans une éprouvette à laquelle est ajoutée un volume de 0,5 ml d'acide nitrique ultra pur (concentration résiduelle en ETM < 10ppb). Puis les éprouvettes sont mises dans un bloc chauffant à 105°C sous une hotte pendant 2h sans atteindre l'ébullition. Une fois refroidies, les éprouvettes sont diluées à 10 ml avec de l'eau ultra-pure type I ASTM puis stockées à 4°C en attendant les analyses [16]. Les échantillons des sédiments ont été séchés à l'air, à la température ambiante, puis broyés et tamisés au travers d'un passoir de grosseur de maille de 1.4.µm recommandé dans la démarche d'analyse des sédiments. Environ 1g de sédiment tamisé a été digéré afin d'être soumis à l'analyse [17].

### 2.4.2 MESURES AU LABORATOIRE

Les échantillons d'eau et de sédiments prélevés dans la rivière ont été conservés au froid et ont été envoyés au laboratoire chimique de Tenke Fungurume Mining (TFM) et au laboratoire chimique de la Gécamines. L'analyse des échantillons d'eau a été réalisée à l'aide du Spectromètre d'absorption atomique suivant le mode opératoire suivant :

- Prendre aliquote (15ml- 20ml) de l'échantillon dans un tube à essai ;
- Mettre sur le rock, les tubes contenant les échantillons ;
- Lecture à l'instrument des paramètres demandés (Cu, Co, Fe, Mn et Mg) ;
- Les éléments à lire sont atomisés dans une flamme de l'ordre de 2400cc- 2500cc selon le principe de Beer-Lambert ;
- Lecture des valeurs des éléments à l'ordinateur.

Pour l'analyse des sédiments, le mode opératoire est le suivant :

- Mettre l'échantillon pesé dans un bécher de 2500ml ;
- Attaquer l'échantillon pesé avec les acides suivants :

HCl : 10ml+10ml  
HNO<sub>3</sub> : 5ml  
HClO<sub>3</sub> : 5ml;

- Premièrement, on attaque avec les trios acides pendant 25-30 minutes jusqu' à la disparition complète de la fumée blanche qui indique la fin de la réaction.
- Deuxièmement, on utilise 10ml de HCl pendant 3-5 minutes.

L'attaque se fait sur une plaque chauffante à environ 105°C-110°C.

## 2.5 TRAITEMENT DES DONNÉES

Pour les échantillons d'eaux et de sols, les résultats de laboratoire seront comparés aux normes internationales déterminées par l'organisation mondiale de la santé (OMS) et ceux des sédiments, les résultats seront comparés à la loi canadienne sur la protection de la vie aquatique. Les résultats d'analyses de laboratoire ont été traités à l'aide du logiciel Past, présentés dans les tableaux et sous forme de graphiques.

## 3 RÉSULTATS

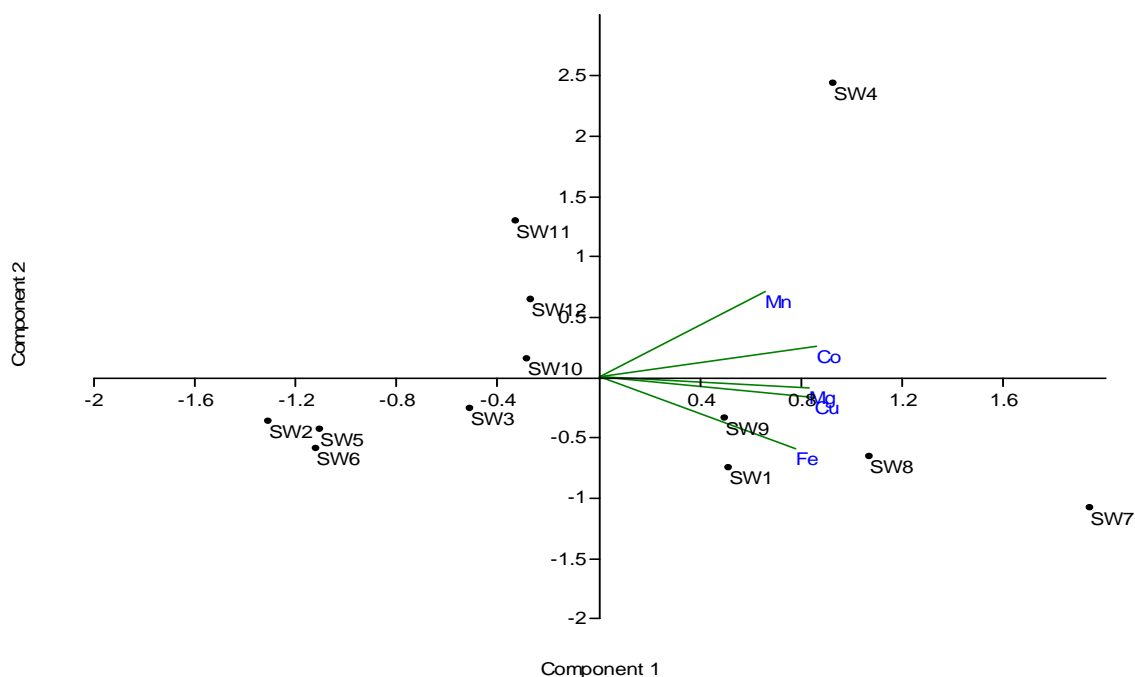
Tableau 1 : Concentration des ETM (mg/L) dans l'eau de la rivière Mulungwishi

	Cu	Co	Fe	Mn	Mg
SW1	1.038	0.394	1.644	0.199	28.681
SW2	-0.006	0.031	-0.014	0.022	19.486
SW3	0.794	0.272	0.989	0.198	17.009
SW4	1.64	0.513	0.075	0.986	24.961
SW5	-0.026	0.02	0.09	0.047	22.861
SW6	0.198	0.089	0.692	0.058	16.949
SW7	2.052	0.6093	3.6206	0.476	31.814
SW8	1.5274	0.4634	2.3111	0.373	29.164
SW9	1.0963	0.3991	1.285	0.272	28.362
SW10	0.3549	0.172	0.4994	0.322	26.423
SW11	-0.5237	0.38	0.198	0.494	24.384
SW12	-0.3607	0.542	0.103	0.185	25.421
* Normes OMS (mg/L)	2	-	0.3	0.4	-

\* OMS : Organisation Mondiale de la santé

Le tableau 1 présente les résultats de la concentration des éléments traces métalliques dans l'eau de la rivière Mulungwishi. D'une manière globale, les ETM ont de teneurs qui ne dépassent pas les valeurs limites de l'OMS [18] excepté le Cu à la station 7 où il titre 2.052 mg/L. Il titre 1.0963 à la station 8 et reste inférieur à la norme de l'OMS. Il convient de signaler que les deux stations se situent à proximité d'un site d'exploitation artisanale du cuivre et du cobalt. Le Fe dépasse la norme aux stations 1, 3, 6, 7, 8, 9, 10 et ne présente aucun danger alors que le Mn dépasse légèrement la norme aux stations 7 et 11. Le Mg est très abondant dans l'eau.

*Analyse en composantes principales (ACP) des ETM dans l'eau en fonction des sites*



**Graphique 1 : Analyse en composantes principales des ETM dans l'eau**

Au regard de l'analyse en composantes principales, il apparaît un nuage des points constitué de Cu, Mg, Fe. Ceux-ci sont présents dans les stations SW1, SW9, SW8, SW7 tandis que les stations SW2, SW3, SW5, SW6, SW10, SW11, SW12 ne sont pas influencés par ces ETM, c'est-à-dire ils ont de teneurs qui sont en dessous des normes fixées par l'OMS, donc jouent le rôle utile permettant aux êtres aquatiques de réaliser leurs besoins physiologiques. Un autre nuage des points représenté par le Mn et le Co, est en relation avec la station 4, c'est-à-dire ces deux éléments ont une relation de causalité car cela est une réalité sur le terrain. On observe sur l'arc cuprifère Katangais, un ensemble des minerais qui présentent des corrélations positives, il s'agit du Cu-Co, Cu-Cd, Cu-Mn, Co-Mn.

Les résultats d'analyse du Cu dans l'eau indiquent que celui-ci est plus accumulé dans les sédiments que dans l'eau, il en est de même du Co, du Fe, Mn, et du Mg.

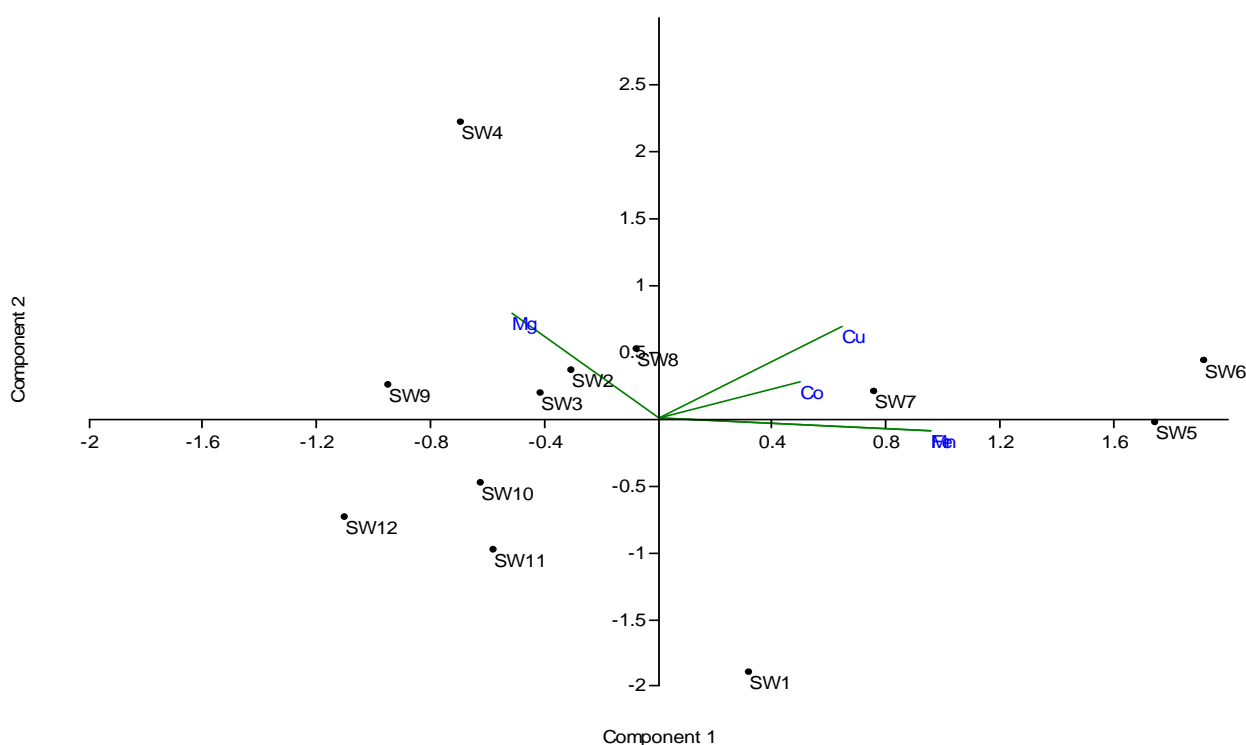
**Tableau 2 : Concentration des ETM (ppm) dans les sédiments dans la rivière Mulungwishi**

	<b>Cu</b>	<b>Co</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Mg</b>
<b>SW1</b>	0.18	0.38	79.4	79.4	10.12
<b>SW2</b>	15.2	3.2	66.2	66.2	39.72
<b>SW3</b>	9.5	5.96	64.6	64.6	39.52
<b>SW4</b>	37.7	6.34	51.2	51.2	56.32
<b>SW5</b>	46.8	2.56	103.4	103.4	15.88
<b>SW6</b>	37.4	48.6	98.4	98.4	17.92
<b>SW7</b>	21.9	42.8	74.5	74.5	22.48
<b>SW8</b>	29.6	18.2	56.4	56.4	27.27
<b>SW9</b>	13.3	22.5	36.9	36.9	29.56
<b>SW10</b>	9.01	7.4	51.4	51.4	24.85
<b>SW11</b>	2.4	4.3	55.3	55.3	21.43
<b>SW12</b>	1.2	2.5	42.4	42.4	25.4
<b>*Valeurs Guides</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	<b>20</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

\* : Directives de qualité de sédiments: Recommandations pour la protection de la vie aquatique (Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life).

Les résultats sur le dépôt des ETM dans les sédiments montrent une tendance marquée du Cu, Co, Fe au regard des recommandations pour la protection de la vie aquatique [19]. Les stations 4, 5, 6, 7, et 8 présentent de teneurs élevées dans les sédiments pour le Cu. Il convient de noter que les stations 7 et 8 ont présenté la même tendance du cuivre dans l'eau. Le Co dépasse cette recommandation aux stations 6, 7 respectivement 48.6 et 42.8 ppm. Les stations 8 et 9 ont une teneur en Co aussi élevée mais inférieure à la recommandation canadienne. Le fer très présent dans nos sols reste supérieur dans toutes les stations. La plus grande valeur étant trouvée à la station 5, ne se trouvant pas sous l'influence d'une activité humaine (Usine ou exploitation minière artisanale) écarte toutes possibilités sur l'hypothèse d'une cause anthropogène du fer. La concentration en ETM est très marquée dans les sédiments que dans l'eau. Ceci s'explique par le fait que ces ETM se déposent, suite aux conditions qui règnent dans cette rivière. Il s'agit du pH de l'eau, particulièrement qui lorsqu'il est acide, cela facilite la mobilité de certains éléments dangereux ainsi que leurs transports le long de la rivière surtout lorsque la vitesse est grande [20]. Par contre lorsque le pH de l'eau devient basique, certains autres éléments précipitent et s'accumulent dans les sédiments [21], accroissant ainsi leurs concentrations, d'où les risques de relargage de ceux-ci dans l'eau après un certain temps lorsque les conditions hydrodynamiques du cours d'eau changent [22].

**Analyse en composantes principales des ETM dans les sédiments en fonction des sites**



**Graphique 2 : Analyse en composantes principales des ETM dans les sédiments**

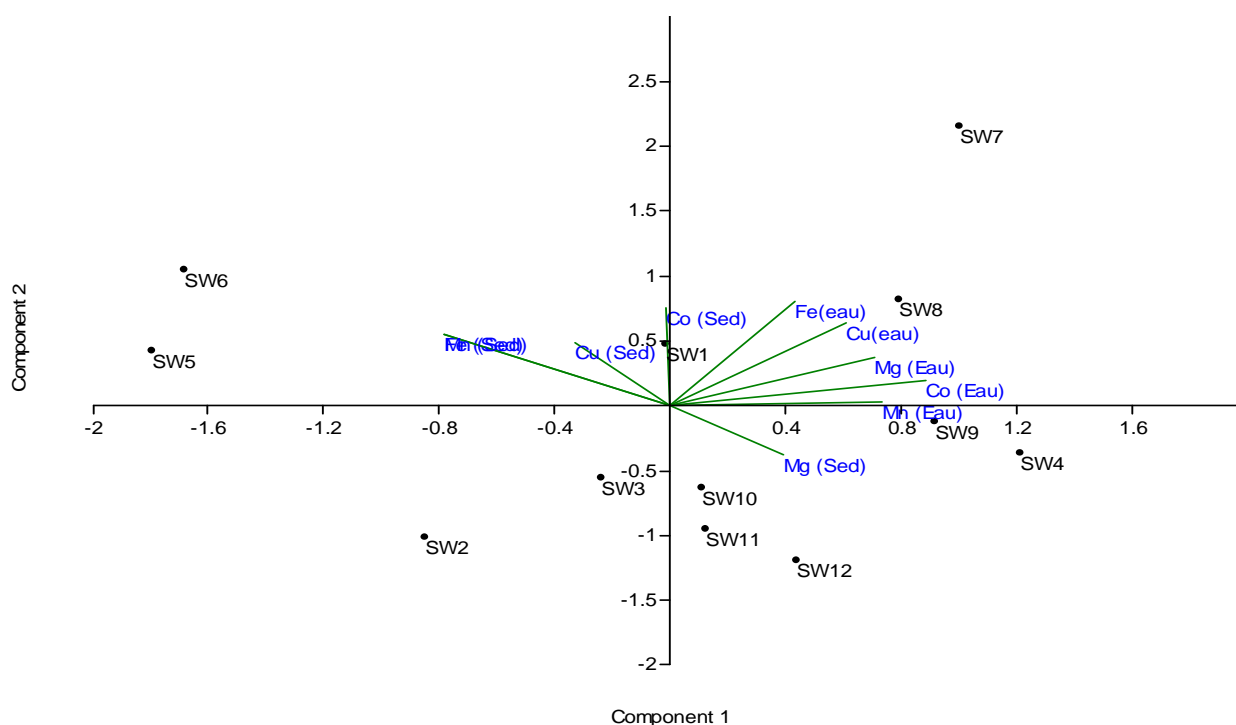
Au regard du graphique 2, indiquant les corrélations entre les ETM en fonctions des stations, on observe trois stations dans lesquelles le Cu, Co, Mn et le Fe présentent des corrélations positives significatives. Il s'agit des stations SW5, SW6 et SW7. Ceci s'explique par le passage de l'arc cuprifère Katangais [23], riche en ces éléments naturellement fixés dans les sols et sous-sols sous forme des roches. C'est par le travail d'exploitation minière (mécanique ou artisanale) que l'homme remet en circulation ces éléments dangereux dans les compartiments de l'Environnement (Eau, Air, Sol) [24]. De l'autre côté, l'on trouve d'autres stations SW2, SW3, SW4, SW8, SW9 qui présentent un taux important de Mg. Dans ces stations, les ETM dangereux dans les sédiments sont à des teneurs inférieures à la recommandation canadienne pour la protection de la vie aquatique. La présence du Mg, élément central de la chlorophylle pourrait justifier la présence des espèces végétales autour des stations sus mentionnées. Ces espèces, en occurrence arbustes ont laissé tomber leurs feuilles dans le cours d'eau ainsi que herbeuses, saisonnières. La dégradation de ces matières organiques entraîne comme conséquence, l'acidification de l'eau ainsi que la précipitation d'autres parties des végétaux, dégradées vers le lit de la rivière [25].

Par contre, un dernier groupe des stations SW1, SW10, SW11, SW12 seraient celles où l'on observe des conditions acceptables au regard de la concentration en ETM dans l'eau ou les sédiments. Ces stations sont situées en général, loin de la pression liée aux différentes activités d'exploitation minière (mécanique, artisanale) que subit la rivière Mulungwishi. Les concentrations en ETM dangereux restent en dessous des valeurs limites fixées par la recommandation canadienne pour la protection de la vie aquatique. Il est évident, au regard des paramètres étudiés, que les stations SW1, SW10, SW11, SW12 ont une eau de bonne qualité avec un substrat (sédiment) indemne de toute contamination (métallique ou organique).

#### 4 DISCUSSION

Les métaux essentiels sont des éléments indispensables à l'état des traces (ETM) pour de nombreux processus cellulaires. Ils se trouvent en proportion très faible dans les tissus biologiques [26]. Les ETM contenus dans notre environnement (Eau, Air, Sols) peuvent, par des cycles parfois complexes, se retrouver dans une étape végétale ou animale de notre chaîne alimentaire et entraîner une contamination de l'homme par voie orale [27]. Toutefois, un simple passage passif dans notre chaîne alimentaire aurait un impact limité, sans l'existence d'un phénomène très particulier pour les ETM: la bioaccumulation [9].

*Corrélations entre ETMs dans les deux compartiments : Eau et Sédiment*



*Graphique 3 : Interrelations entre ETM suivant les stations (Eau et Sédiment)*

En tenant compte des graphiques 1 et 2, montrant les corrélations entre ETM dans l'eau comme dans les sédiments, à l'absence du pH et d'autres facteurs explicatifs, il est impératif de faire une combinaison de deux graphiques afin de voir clairement les tendances sur le comportement des ETM afin d'indiquer les stations qui présenteraient des dangers par rapport à l'usage de l'eau (comme eau de boisson, ou d'usage pour la production des cultures maraichères). En analysant le graphique 3, on se rend compte que les stations 7, 8, 9 présentent un danger réel en terme de la qualité de l'eau. A ces trois endroits, l'eau est de mauvaise qualité, les causes connues sont entre autres la présence d'une usine de production de gravier et moellon, qui serait à l'origine des rejets des déchets (effluents liquides et solides) au cours des opérations mais aussi et surtout aux activités d'exploitation artisanale du cuivre et du cobalt au niveau de la station 6. Ces activités consistent au lavage des minerais dans et avec l'eau de la rivière Mulungwishi. Ce qui contribue à l'augmentation du niveau des teneurs dans les stations en aval, 7, 8, 9. Par contre les stations 5 et 6 présentent de danger par rapport au risque de relargage des ETM dans le milieu aquatique à la suite du changement des conditions hydrodynamiques [28]. La quatrième station est à

cheval entre les deux groupes sus mentionnés. Enfin, les stations 1, 2, 3, 10, 11, et 12 présentent des eaux dont les paramètres chimiques étudiés sont acceptables pour un usage donné.

Les fortes teneurs sont beaucoup plus rencontrées dans les sédiments que dans l'eau pour le cuivre. Ces observations ont été relayées par d'autres auteurs tels que: Sing (2005), Mc Cready (2006) et Ebrahimpour et Mushrifah (2008) qui ont démontré que les sédiments accumulent plus les métaux toxiques que l'eau [29]. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que ces métaux s'accumulent dans les sédiments, se solubilisent ensuite pour contaminer les milieux aqueux [20]. Tout le long de la rivière, il a été rencontré une usine d'exploitation minière, une carrière et diverses exploitations artisanales de minerais. Ces activités ainsi citées contribuent à l'introduction de déchets divers dans la rivière Mulungwishi, qui s'accumulent dans les boues (sédiments), ce qui explique la teneur en ETM variable car leurs activités consisteraient à récupérer les effluents de l'usine, les faire passer aux tamis et récupérer une quantité de matières premières cuivre et cobalt notamment. Malgré ces activités, la teneur des ETM dans les sédiments demeure toujours très élevée.

Le cobalt stable est présent dans l'environnement, à une concentration moyenne de 23 ppm dans l'écorce terrestre. Sa concentration moyenne dans les eaux douces est 1ppm soit 0,001 mg/L selon Bérard [30].

Les valeurs du cobalt se trouvent en quantités supérieures dans tous les sites mis à part les sixième et septième sites. L'abondance du cobalt par le fait de l'intensification de l'exploitation minière liée à l'existence de l'arc cuprifère Katangais. Parmi les minerais présents sur cet arc, on rencontre habituellement, le Cu, le Co, le Pb, le Zn, l'As, l'U, et le Cd. A très forte concentration, le cobalt stable et ses composés provoquent des intoxications graves (Reins, systèmes nerveux, cardiovasculaire et gastro-intestinal) [31].

Le fer et le manganèse sont des éléments métalliques présents dans les nombreux types des roches au Katanga. La présence excessive de l'un ou de l'autre dans l'eau peut modifier le goût, l'odeur et la couleur de l'eau [32]. Ces deux éléments sont également fréquents dans l'eau et sont indispensables, qu'en petite quantité. Les sources artificielles contribuant à l'augmentation des teneurs en fer et manganèse sont diverses dans les eaux de surface comme souterraines. On peut citer les effluents industriels, les eaux d'exhaure acide, les eaux usées ainsi que les lixiviats provenant des sites d'enfouissement des déchets [33].

Le manganèse dissout dans l'eau potable pourrait avoir un impact sur le développement neurologique de l'enfant, comme une baisse du quotient intellectuel. Quant au fer, sa présence excessive dans l'eau peut causer des problèmes dans les réseaux de distribution en favorisant la croissance des microorganismes [34].

Les teneurs excessives du fer, et du manganèse dans l'eau comme dans les sédiments pourraient être expliquées par le passage de la rivière par les montagnes, elle a emporté à son passage des débris rocheux par érosion. Le fer devient abondant à partir de la station 2, qui vient après l'usine d'évacuation des effluents, en plus ces eaux sont contaminées au contact avec les tuyaux en acier.

Les eaux de surface présentent des teneurs en fer et manganèse très élevées. Or les eaux de surface s'infiltrent et atteignent la nappe phréatique, donc étant polluées en surface, il est évident que le transfert des polluants vers la nappe soit enregistré [35]. Ceci pourrait avoir des conséquences néfastes sur la santé du cours d'eau, des êtres et des plantes aquatiques mais aussi sur la faune ichtyologique. Bref des conséquences néfastes sur l'homme car Mulungwishi étant un milieu rural ou l'eau qui l'alimente provient des eaux souterraines sans aucun traitement.

La dureté de l'eau appelée autrement titre hydrotimétrique est due aux ions calcium et magnésium auxquels peuvent s'ajouter les ions fer, aluminium et manganèse. La présence de ces deux cations dans l'eau tend à réduire la toxicité des éléments traces métalliques [36].

## **5 CONCLUSION**

Le présent travail avait pour objectif d'évaluer les teneurs en éléments traces métalliques (Cu, Co, Fe, Mn, Mg) dans la rivière Mulungwishi en vue de mettre en évidence les risques de leurs présences excessives dans l'eau et les sédiments sur la santé du cours d'eau, des êtres et plantes aquatiques, de la faune ichtyologique mais aussi et surtout de l'homme à travers la chaîne trophique. Un transect a été établi le long de la rivière Mulungwishi dans le but d'étudier l'impact de diverses activités anthropiques observées à différents endroits dans les parages immédiats du site d'étude.

Les résultats de laboratoire ainsi que l'analyse en composante principale présentent une répartition des stations en trois groupes : Le premier groupe représenté par les stations 7, 8, 9 indique que l'eau est de mauvaise qualité au regard des paramètres chimiques pris en compte dans cette étude. Les causes connues sont entre autres la présence d'une usine de

production de gravier, qui serait à l'origine des rejets des déchets (effluents liquides) au cours des opérations mais aussi et surtout les activités d'exploitation artisanale du cuivre et du cobalt au niveau de la station 6. Le deuxième groupe représenté par les stations 1, 2, 3, 10, 11, et 12 indique que les eaux sur lesquelles les paramètres chimiques ont été étudiés sont acceptables pour un usage donné (cultures maraichères, adduction d'eau avec traitement préalable). Le troisième groupe, représenté par les stations 5 et 6 présente de danger par rapport au risque de relargage des ETM dans le milieu aquatique à la suite du changement des conditions hydrodynamiques.

## REFERENCES

- [1] Zhou, O ; Zhang, J ; Fu, J ; Shi, J. et Jiang, G., 2008. Biomonitoring: An appealing tool for assesement of metal pollution in the aquatic ecosystem. *Analytica chimica acta*, 606p.
- [2] Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement (CCMRE). 1987. Recommandations pour la qualité des eaux au Canada, Préparé par le Groupe de travail sur les recommandations pour la qualité des eaux du Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement, 350p.
- [3] Concas, A., Ardaou, C., Cristini, A., Zuddas, P., Cao, G., 2006. Mobility of heavy metals from tailings to stream waters in a mining activity contaminated site. *Chemosphere* 63, 230–253
- [4] Atibu, K.E., Devarajan, N., Thevenon, F., Mwanamoki, P.M., Tshibanda, J.B., Mpiana, T.P., Prabakar, K., Mubedi, I.J., Wildi, W., Poté, J., 2013. Concentration of metals in surface water and sediment of Luilu and Musonoie Rivers, Kolwezi-Katanga, Democratic Republic of Congo. *Art.* 26, 1-7.
- [5] Kabata-Pendias A., Piotrowska M., Dudka M., 1993. Trace elements in legumes and monocotyledons and the suitability for the assessment of soil Contamination in: MARKET B(Ed) plants are biomonitors for heavy Metal in the terrestrial environment. *Wheinheim, VCF*, 485-494.
- [6] Mench M. & Baize D., 2004. Contamination des sols et de nos aliments d'origine végétale par les éléments en traces mesures pour réduire l'exposition. *Courrier de l'environnement de l'INRA n°52*, septembre 2004.
- [7] Banza, C.L.N., Nawrot, T.S., Haufroid, V., Decree, S., De Putter, T., Smolders, E., Kabyla, B.I., Luboya, O.N., Ilunga, A.N., Mutombo, A.M., Nemery, B., 2009. High human exposure to cobalt and other metals in Katanga. *Environ. Res.* 109, 745–752.
- [8] Chassin P., Baize D., Cambier Ph. et Sterckeman T., 1997, Les éléments traces métalliques et la qualité des sols : impact à moyen et à long termes, *Chambres d'Agriculture, Supplément au n° 856*, pp. 35-39.
- [9] Atolaye B.O. & Aremu M.O., 2007, Bioaccumulation of some trace elements in the body parts of fish species associated with soil sediment and water from Eoemaganiâ confluence in nasarawa state, Nigeria. *EJEAFChE*; 6, 5, 2001-2008.
- [10] Mc KINNEY M.L. (2002). Urbanization, biodiversity and conservation. *Biosci.*, 52, 883-890.
- [11] MULLISS R.M, REVITT D.M., SHUTES R.B.E. (1997). The impacts of discharges from two combined sewer overflows on the water quality of an urban watercourse. *Water Sci. Technol.*, 36, 195-199.
- [12] BURTON G.A.JR., PITT R.E. (2001). *Stormwater effects handbook, a toolbox for watershed managers, scientists, and engineers.* CRC/ Lewis Publishers, 875p.
- [13] Maqués M.J., Martínez-conde E, Rovira J.V. et Ordóñez S., Heavy metals pollution of aquatic ecosystem in the vicinity of a recently closed underground lead-zinc mine (Basque Country, Spain). *Environ. Geol.*, 40, 1125-1137 (2001).
- [14] Akwerali Sombo J., et al 2013. Plan d'aménagement et de gestion des ressources en eau dans la ville de Lubumbashi. UNILU/Faculté des sciences. Rapport, 56p.
- [15] Dibwe dia Mwembu, D. 2008. Le tissu économique dans les bassins miniers du Katanga, cas du bassin minier de Kipushi, Likasi et Kambove, 65p.
- [16] APHA, AWWA et WPC, 1999. *Standard methods for the examination of water and wastewater*, Washington DC, USA, APHA , 20ed., 1368 p
- [17] CHAPMAN D., KIMSTACH V. 1996. Selection of water quality variables. *Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring*, Chapman edition, 2nd ed. E and FN Spon, London, pp. 40-126.
- [18] W.H.O. 1998. *Guideline for drinking water quality*, 2nd ed., vol. 2, health criteria and other supporting information. World Health Organisation, Geneva.
- [19] CCME EPC-98E (Canadian Council of Ministers of the Environment), 1999. *Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life.* <[http:// www.ccme.ca/](http://www.ccme.ca/)>.
- [20] Yu J.Y. et Heo., B. 2001. Dilution and removal of dissolved metals from acid mine drainage along Imgok Creek, Korea. *Appl. Geochem.* 16, 1041-1053.
- [21] Stromberg B. et Banwart S., 1999. Weathering of waste rock from the Aitik copper mine, Sweden: scale dependent rate factors and pH controls in large column experiments. *J. Contam. Hydrol.*, 39, 59-8.

- [22] Perrono, 1999. Les micropolluants métalliques des boues des stations d'épuration urbaine et l'épandage agricole. Thèse de doctorat, Université de Picardie.
- [23] François A., 1987. Synthèse géologique sur l'arc cuprifère du Shaba (Rép Du Zaïre). Centenaire de la Société belge de géologie. p 55-65.
- [24] SUPERGEON DJ & HOPKIN SP. 1996. The effect of metal contamination on earthworm populations around a smelting works: quantifying species effect. *Applied soil Ecology* 4 (1996) 147-160
- [25] HOWARTH R. W., MARINO R., GARRITT R. et D. SHERMAN, 1992. Ecosystem respiration and organic carbon processing in a large, tidally influenced river: the Hudson River. *Biogeochem.*, 16, 83-102.
- [26] Nkulu, C Banza Lubaba; Nawrot, T; Haufroid, V; Lison, D; Smolders, E; Nemery, B. Biomonitoring of Metals in the Population of Southern Katanga, a Mining Area of the D.R. Congo, *Epidemiology*, September 2007, volume 18, Issue 5, ppS131-S132, doi: 10.1097/01. Ede. 0000276722.58421. F8, ISEE 2007, Mexico;
- [27] Adriano, DC. 2001. Traces elements in terrestrial environments: Biochemistry, bioavailability and risks of metals. Springer-Verlag, New York.
- [28] HEBERT S., LEGRE S. (2000). Suivi de la qualité de l'eau des rivières et petits cours d'eau. Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère de l'Environnement Gouvernement du Québec, 5 p.
- [29] Sing K.P., Mohan D., Singh V.K., et malik A., 2005. Studies on distribution and fractionation of heavy metals in Gomti river sediments a tributary of the Ganges, *Indian, J. Hydrol.*, 312: 14-27.
- [30] Bérard P., Perrin M.L., Desprès A., 2001. Fiche radionucléique. Cobalt 60, éd.1.
- [31] Nordberg G. F., Fowler B. A., Nordberg M., Friberg L. T. Handbook on the toxicology of metals. Third édition; Elsevier; 2007;
- [32] Agence de la santé et des services sociaux de Chaudière-Appalaches, 2011. Quoi faire si la quantité de Manganèse (Mn) ou de Fer (Fe) est élevée ? Quand l'eau de votre puits dépasse la recommandation ? p 2.
- [33] Thierry De Putter, Sophie Decrée, Célestin Lubaba Nkulu Banza, Benoit Nemery. Mining the Katanga (DRC) Copperbelt: geological aspects and impacts on public health and the environment-towards a holistic approach. Abstract, La proceedings of the Inaugural Workshop IGCP/SIDA Project N° 594, Kitwe, Zambia, October 17th-18th, 2011, Mining and the Environment in Africa. KRIBEK B. (Editor), Czech Geological, Prague, 2011. ISBN 978-80-7075-119-0.C;
- [34] Fergusson, J.E., 1990. The Heavy Elements, Chemistry. Environmental Impact and Health Effects. Pergamon Press, 614pp.
- [35] Miller, J.R., Hudson-Edwards, K.A., Lechler, P.J., Preston, D., Macklin, M.G., 2004. Heavy metal contamination of water, soil and produce within riverine communities of Rio Pilcomayo basin, Bolivia. *Sci. Total Environ.* 320, 189–209.
- [36] Boissonneault S.D., Bourrinet P., Ramade F., 2008. Pollution et suivi des cours d'eau à partir des indicateurs environnementaux. P 62, p 68.

## Intoxication aigüe au paracétamol chez l'enfant: Etude rétrospective de 42 cas dans le service de Pédiatrie Générale de Sfax

### [ Acute paracetamol poisoning in children: a retrospective study of 42 cases in Sfax General Pediatrics Service ]

*Asma GHORBEL<sup>1,2</sup>, Houda LAZREG AREF<sup>3</sup>, Faiza ESSAFI<sup>4</sup>, Saïf ABID<sup>1</sup>, Ons BEN JEMAA<sup>1</sup>, Férièle MESSADI Akrou<sup>1</sup>, and MAHFOUDH<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Laboratoire d'Hygiène CHU Hédi Chaker, Sfax, Tunisia

<sup>2</sup>Laboratoire de recherche Toxicologie et Environnement LR 12SP07, Tunis, Tunisia

<sup>3</sup>Laboratoire de Biochimie, LR12ES05 : Nutrition- Aliments fonctionnels et santé vasculaire, Faculté de Médecine, Université de Monastir, Tunisia

<sup>4</sup>Service de Pédiatrie, CHU Hédi Chaker, Sfax, Tunisia

---

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

**ABSTRACT:** Paracetamol is one of the best selling drugs in the world for its analgesic and antipyretic properties. However, before the commoditization of its use and accessibility without a prescription, it appears as innocuous and harmless molecule. The aim of this study was to evaluate the management of patients admitted to general pediatric ward Hedi Chaker Hospital Sfax acute paracetamol poisoning during a period of 6 years from 1 January 2009 until 31 December 2014. A retrospective study has yielded information on 42 patients admitted for acute paracetamol poisoning using a questionnaire involving demographics, clinical history and the support arrangements. The acute paracetamol poisoning accounted for 36% of all drug poisoning and has hit in 95% of children under 5 years with a male predominance (sex ratio 0.9). Self-medication (82%) was the leading cause of accidental poisoning (76%). Hepatic lesions were described in 90% of patients with only transaminase assays. Hepatotoxicity has not been evaluated by blood level paracetamol according to the validated nomograms (Prescott). Abusive treatment with N-acetylcysteine had been established in all patients without the need for dose adjustment of tools. These results show that high consumption of paracetamol and ignorance of its adverse effects promote the occurrence of accidental poisoning in Tunisia. This results in considerable need of upgrading treatment protocols of acute poisoning with this product.

**KEYWORDS:** Paracetamol, Poisoning, N-Acetylcysteine, acetaminophene, Hepatotoxicity.

**RÉSUMÉ:** Le paracétamol est l'un des médicaments les plus vendus au monde pour ses propriétés antalgiques et antipyrétiques. Mais, devant la banalisation de son usage et son accessibilité sans ordonnance, il apparaît comme molécule anodine et inoffensive. Le but de ce travail est d'évaluer la prise en charge des patients admis au service de pédiatrie Générale de l'Hôpital Hedi Chaker Sfax pour intoxication aigüe au paracétamol durant une période de 6 ans. Une étude rétrospective a permis d'obtenir les informations relatives aux 42 patients admis pour une intoxication aigüe au paracétamol à l'aide d'un questionnaire réunissant les caractéristiques démographiques, l'historique clinique ainsi que les modalités de prise en charge. L'intoxication aigüe au paracétamol a représenté 36% de l'ensemble des intoxications médicamenteuses et elle a touché à 95% des enfants de moins de 5 ans avec une prédominance masculine (sexe ratio de 0.9). L'automédication (82%) était la cause principale des intoxications accidentelles (76%). Les lésions hépatiques diagnostiquées sur l'élévation des

transaminases au niveau sanguin étaient décrites chez 90% des patients. L'hépatotoxicité n'a pas été évaluée par la paracétamolémie selon les nomogrammes validés (Prescott). Un traitement abusif par N-acétylcystéine avait été instauré chez tous les patients sans avoir recours à des outils d'adaptation posologique. Ces résultats démontrent que la consommation importante du paracétamol et la méconnaissance de ses effets indésirables favorisent la survenue des intoxications accidentelles en Tunisie. Il s'en suit un besoin considérable de la mise à niveau des protocoles thérapeutiques des intoxications aiguës à ce produit.

**MOTS-CLEFS:** Paracétamol, Intoxication, N-Acétylcystéine, acétaminophène, hépatotoxicité.

## **1 INTRODUCTION**

Le paracétamol, acétaminophène est l'un des médicaments les plus vendus au monde, non seulement à cause de son effet antalgique mais aussi pour son effet antipyrétique. En Tunisie, l'intoxication au paracétamol représente 6% des intoxications médicamenteuses et occupe la 2<sup>ème</sup> place après les psychotropes.

En France, Le paracétamol est responsable de 2 à 7% des intoxications médicamenteuses. Leurs fréquences sont d'autant plus élevées que le paracétamol est accessible rapidement et disponible sans ordonnance [1]. Devant la banalisation de l'usage du paracétamol, la prescription a été multipliée par 1.5 en 10 ans et le fait apparaitre comme une molécule anodine et inoffensive alors qu'en cas de surdosage ou de prise volontaire abusive, le paracétamol peut entraîner des lésions hépatiques sévères et présente une gravité potentiellement mortelle. L'évolution peut être favorable ou marquée par une hépatite fulminante en raison de l'absence de symptômes cliniques et biologiques pathognomonique à l'intoxication pendant les 10 à 12 premières heures [2].

L'objectif de notre travail est d'évaluer la prise en charge thérapeutique et pronostique pour les patients admis au service de pédiatrie du CHU Hédi Chaker de Sfax pour une intoxication aigüe au paracétamol durant la période Janvier 2009-décembre 2014.

## **2 MATÉRIEL ET MÉTHODES**

Notre travail est une étude rétrospective de 42 cas d'intoxications aiguës au paracétamol colligés au sein du service de pédiatrie générale à l'hôpital Hédi Chaker Sfax sur une période de 6 ans allant de 1<sup>er</sup> Janvier 2009 jusqu'au 31 Décembre 2014.

### **2.1 POPULATION ÉTUDIÉE**

Notre population d'étude était formée par les patients hospitalisés au service de Pédiatrie générale pour une intoxication aigüe au paracétamol.

### **2.2 MÉTHODES EXPLORÉES**

Les données ont été recueillies par le biais des fiches de renseignement non informatisées.

#### **2.2.1 CARACTÉRISTIQUES DÉMOGRAPHIQUES**

Les caractéristiques démographiques de la population étudiée tels que l'âge, le sexe et les antécédents ont été récoltées à partir des fiches de renseignements.

#### **2.2.2 CIRCONSTANCES D'INTOXICATION AU PARACÉTAMOL**

Les circonstances d'intoxication au paracétamol ont englobé le mode d'intoxication, la quantité ingérée et la présence éventuelle de toxiques associés.

### 2.2.3 SIGNES CLINIQUES LIES A L'INTOXICATION AU PARACETAMOL

Les manifestations cliniques prises en compte lors de notre étude ont été partagées en 4 groupes; digestives, neurologiques, respiratoires et cardiovasculaires.

### 2.2.4 EXAMENS BIOLOGIQUES DEMANDÉS

Le bilan biologique de chaque patient a compris les paramètres suivants: les différents niveaux de paracétamolémie dans le temps, les transaminases (ALAT et ASAT), l'urée et la créatininémie, le Taux de Prothrombine, la Numération de la Formule Sanguine NFS.

### 2.3 ANALYSE STATISTIQUE

L'analyse statistique des données a été réalisée à l'aide d'un logiciel Microsoft EXEL version 2010.

## 3 RÉSULTATS

### 3.1 DONNÉES ÉPIDÉMIOLOGIQUES

#### 3.1.1 PRÉVALENCE DE L'INTOXICATION AU PARACÉTAMOL

Durant la période d'étude, 8400 hospitalisations ont été enregistrées au service de Pédiatrie Générale de l'Hôpital Hedi Chaker de Sfax avec 117 cas d'intoxications médicamenteuses aiguës dont 42 cas d'intoxications au paracétamol. Ainsi, l'intoxication au paracétamol a représenté 0.5% des hospitalisations et 35.89% des intoxications médicamenteuses.

La prévalence annuelle est rapportée dans le Tableau 1.

**Tableau 1. Répartition des cas et des prévalences des intoxications au paracétamol en fonction des années et du nombre des intoxications médicamenteuses Exemple d'un tableau**

Années	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Total
Nombre de cas d'intoxications médicamenteuses	16	24	13	20	28	16	117
Nombre de cas d'intoxications au paracétamol	6	8	4	9	10	5	42
Prévalence en %	37.50	33.33	30.76	45.00	35.71	31.25	35.89

### 3.2 CARACTÉRISTIQUES SOCIO-DÉMOGRAPHIQUES

Les caractéristiques socio-démographiques de la population d'étude sont illustrées dans le tableau 2. L'âge moyen de nos patients était de 18 mois±12 jours avec des extrêmes allant de 20 jours à 7 ans. 64% des patients avaient un âge inférieur ou égal à un an. 95% des patients avaient un âge inférieur ou égal à 5 ans. Après l'âge de 5 ans, l'intoxication au paracétamol était rare (2 cas). 22 (52%) de nos patients étaient de sexe féminin et les autres (soit 48%), étaient de sexe masculin avec un sexe ratio de 0.9. Seulement le niveau socio-économique a été déterminé pour 22 malades en se basant sur le niveau d'instruction des parents, leurs professions et les conditions de l'habitat.

**Tableau 2. Caractéristiques socio-démographiques de la population d'étude**

<b>Âges (mois): Moyenne (± SD (jours))</b>		
Age	18 (±12)	
Age < 1 an	64 %	
Age < 5 ans	95 %	
Origine		
Origine rurale	40	95.5%
Origine urbaine	2	5 %
Niveau socio-économique		
Moyen	23	55 %
Défavorable	19	45 %

### 3.3 CIRCONSTANCES DE L'INTOXICATION

Les étiologies de l'intoxication ont été prévaluées seulement pour 22 patients.

La majorité des enfants intoxiqués au paracétamol (35 cas soit 83% de l'échantillon étudié) l'ont ingéré seul sans toxiques ni médicaments associés. La dose ingérée de paracétamol était connue chez 33 patients et inconnue pour 9 cas. Trois patients avaient ingéré des doses inférieures à 100 mg/kg, qui étaient respectivement de 62 mg/kg, 73 mg/kg et 95mg/kg. Pour les 30 patients restants, la dose moyenne était de 208 mg/kg avec des extrêmes de 101mg/kg et 437 mg/kg. ( voir tableau 3).

**Tableau 3. Circonstances de l'intoxication de la population d'étude**

<b>Âges (mois): Moyenne (± SD (jours))</b>	<b>18 (±12)</b>	
Age	64 %	
Age < 1 an	95 %	
Age < 5 ans		
Origine	40	
Origine rurale	2	95.5%
Origine urbaine		5 %
Niveau socio-économique	23	
Moyen	19	55 %
Défavorable	18 (±12)	45 %
	64 %	

### 3.4 ETUDE CLINICO-BIOLOGIQUE

#### 3.4.1 MOTIFS D'HOSPITALISATION

La figure 1 montre que les symptômes digestifs de type vomissements et/ou douleurs abdominales et la fièvre étaient les motifs de consultation les plus fréquemment rencontrés chez 39 malades (soit 93% des cas), suivis de l'asthénie avec 30 cas, l'ictère cutanéomuqueux et l'hépatomégalie respectivement pour 20 et 19 cas. L'association de ces différents troubles était fréquente. D'autres symptômes plus rares ont été observés (dyspnée, altération de l'état de conscience, coma...).

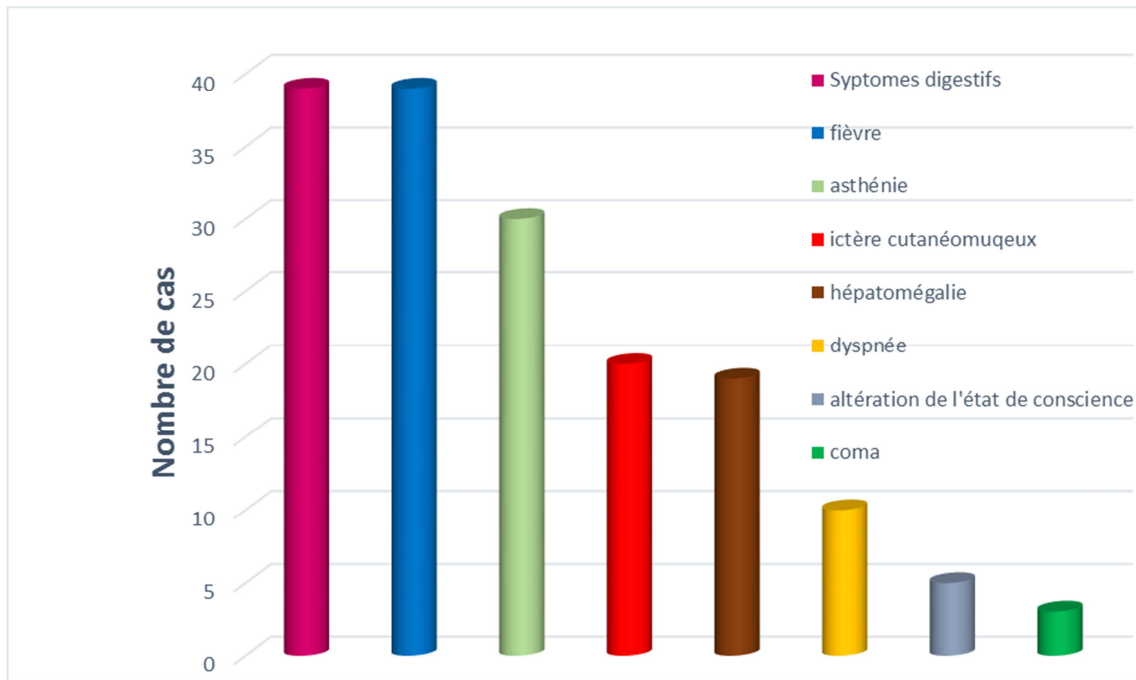


Fig. 1 : Répartition des malades selon le motif de consultation

### 3.4.2 MANIFESTATIONS BIOLOGIQUES

#### 3.4.2.1 PARAMÈTRE TOXICOLOGIQUE : PARACÉTAMOLÉMIE

La paracétamolémie n'a été déterminé que pour un seul patient. Sa valeur était de 2 mg/l à H24.

#### 3.4.2.2 PARAMÈTRES COMPLÉMENTAIRES

Le tableau 4 montre les valeurs des différents paramètres biologiques pratiqués. Les transaminases ont été déterminées chez tous les patients. Elles étaient élevées avec des valeurs moyennes de 565 UI/L pour l'ASAT et de 603,5 UI/L pour l'ALAT. Environ 30 patients ont bénéficié d'un dosage de la créatininémie, 13 patients (soit 43% des cas) avaient une valeur de créatininémie <60µmol/l, 16 patients (34% des cas) avaient une valeur située entre 60 et 120 µmol/l et un seul patient (soit 3% des cas) avait une créatininémie supérieure à 120 µmol/l. L'urée sanguine a été déterminée chez 22 patients seulement. 8 patients parmi 22 ont présenté une urémie élevée (soit 38% des cas). La numération de la formule sanguine (NFS) a été pratiquée chez 20 cas. Une anémie a été notée respectivement chez 16 patients et une hyperleucocytose (GB>10.000/mm<sup>3</sup>) chez 10 enfants. Un TP < 50% n'a été observé que chez 2 patients (5% des cas), alors que 21 enfants ont présenté un 50% <TP < 70% (soit 50% des cas). Les 19 autres patients (soit 45% des cas) ont décrit des valeurs de TP normales (70 - 100%).

Tableau 4. Différents paramètres biologiques complémentaires pratiqués

Bilan biochimique	42	42
Bilan hépatique	42	42
ASAT > 50 UI/L	42	42
ALAT > 50 UI/L		
Total	1	1
Bilan rénal	30	30
Créatiniémie > 120 µmol/L	8	8
Total	22	22
Urémie > 7 mmol/L	42	42
Total	42	42
Bilan hématologique	42	42
Numération Formule Sanguine NFS		
Anémie	16	80 %
Hyperleucocytose	10	50%
Total	22	
Taux de Prothrombine TP		
TP < 50 %	2	5 %
50 < TP < 70 %	21	50 %
70 < TP < 100 %	19	45 %

### 3.5 TRAITEMENT

#### 3.5.1 TRAITEMENT SYMPTOMATIQUE

##### 3.5.1.1 TRAITEMENT DE L'HÉMORRAGIE DIGESTIVE

L'hémorragie digestive a été traitée par les anti-H2: la cimétidine (Tagamet<sup>(R)</sup>) injectable en intraveineuse directe à la posologie de 25-30 mg/kg/jour dans 6 cas et par un IPP:oméprazole (Mopral<sup>(R)</sup>) injectable à une dose de 1mg/kg/jour en intraveineuse lente, pendant une période indéterminée dans les fiches de renseignement.

##### 3.5.1.2 TRAITEMENT DES TROUBLES DE LA COAGULATION

La vitamine K a été administrée à 4 patients à la dose de 10 mg en intraveineuse lente et ceci suite à une baisse du taux de prothrombine. Elle était associée, chez 2 patients, à une transfusion de plasma frais congelé.

##### 3.5.1.3 CORRECTION DE L'ÉTAT DE CHOC

Les macromolécules (Plasmagel<sup>(R)</sup>) ont été administrées chez 2 patients à une dose de 20mg/kg.

#### 3.5.2 TRAITEMENT ÉVACUATEUR

##### 3.5.2.1 LAVAGE GASTRIQUE

5 patients ont bénéficié d'un lavage gastrique aux urgences immédiatement après l'admission, à l'aide d'un liquide composé de 50% eau, 50% sérum physiologique à 0.9% à raison de 100 à 150ml/kg.

##### 3.5.2.2 CHARBON ACTIVÉ

Il a été administré chez 2 patients à raison de 1g/kg par voie orale. Ce traitement a suivi le lavage gastrique.

### 3.5.3 TRAITEMENT SPÉCIFIQUE

Tous les patients ont reçu le N-Acétylcystéine à raison de 140mg/kg comme posologie d'attaque une fois par jour et une posologie d'entretien de 70mg/kg 3 fois par jour. Le traitement a été administré par voie intraveineuse. Le délai moyen entre l'intoxication et l'admission aux urgences était de 4 heures. (Voir tableau 5)

*Tableau 5. Délai moyen entre intoxication et admission aux urgences*

Délai entre intoxication et admission (Heures)	Nombre de patients
0-4	15
4-6	5
6-8	6
8-10	10
>10	6

Le traitement par N-Acétylcystéine a été débuté en moyenne  $90 \pm 20$  minutes après l'admission du patient en urgence alors que la durée moyenne du traitement était de  $18 \pm 3$  heures.

La durée moyenne d'hospitalisation était de  $4 \pm 2$  jours. L'évolution était favorable dans 40 cas (soit 95.23% des cas). Aucun décès n'était survenu.

## 4 DISCUSSION

Dans notre étude, nous avons recensé, de 2009 à 2014, 42 cas d'intoxications au paracétamol dans le service de pédiatrie générale de l'hôpital Hédi Chaker de Sfax ce qui représente 39,89% de l'ensemble des intoxications médicamenteuses et cette fréquence est plus importante que celle notée dans les autres études tunisiennes, selon l'étude de Jabeur [1].

En Tunisie, l'intoxication médicamenteuse a constitué la première cause d'intoxication aiguë accidentelle chez l'enfant [1]. En effet, des études [1] ont démontré que les médicaments étaient responsables de 47,6% des intoxications aiguës chez l'enfant et que les intoxications aux antalgiques et aux antipyrétiques ont occupé la deuxième place (14,2%) et le chef de file était le paracétamol (4%).

Le taux d'intoxication au paracétamol dans notre série est également plus important par rapport à celui des pays développés tel que la France, les Etats Unis et l'Angleterre où il représente 3 à 5 % des intoxications médicamenteuses [2]. En effet, l'intoxication au paracétamol représente 4 à 12% des intoxications médicamenteuses en France [3]. Des études aux Etats-Unis, ont permis de montrer que le paracétamol était la plus première molécule responsable d'insuffisance hépatique aiguë surtout chez les femmes et que suite à ces intoxications, 65% ont survécu, 27% ont décédé et 8% ont nécessité une transplantation hépatique. En effet, en 2008, parmi les 60000 cas/an d'intoxications au paracétamol, 26000 cas ont nécessité l'hospitalisation [4]. Les Américains expliquaient cette augmentation de l'incidence des intoxications par la vente d'un grand nombre de ces médicaments contenant du paracétamol sans en informer le consommateur sur l'emballage [5].

En Angleterre, les intoxications au paracétamol étaient la 1<sup>ère</sup> cause de suicide et la 1<sup>ère</sup> cause d'hospitalisation car elles représentaient non seulement 48% des intoxications admises à l'hôpital soit 70000 cas par an mais aussi elles constituaient la cause la plus fréquente d'insuffisance hépatique aiguë nécessitant une transplantation [6]. En 1991, 500 morts par an d'intoxication au paracétamol ont été comptabilisées [7] alors qu'en 2005, environ 200 à 300 morts par an [7] et 20 à 40 transplantations par an ont été recensées [6]. Cette diminution de la mortalité a été expliquée par le changement de conditionnement du paracétamol car depuis le 16 septembre 1998, une nouvelle législation a limité la vente du paracétamol. En effet, les pharmacies ne peuvent délivrer que 24 comprimés par vente (mais peuvent aller jusqu'à 100 comprimés sur justification) et les magasins commercialisant le paracétamol ne peuvent vendre qu'une boîte de 16 comprimés de 500 mg par vente [8]. En plus de cette loi, une campagne publicitaire montrant les dangers du paracétamol avait été réalisée. Ceci a réduit la morbidité et la mortalité en Angleterre [8].

Notre étude a donc montré une fréquence d'intoxication au paracétamol plus importante dans notre série que dans la plupart des études tunisiennes ainsi que dans certains pays développés et ceci revient principalement à l'automédication ainsi qu'à une absence de sensibilisation aux dangers et aux risques que représente le paracétamol, avec une variabilité importante selon l'âge et le sexe du patient.

Dans notre série, 95% des patients avaient un âge inférieur à 5 ans dont 64% étaient âgés de moins d'un an.

Certains auteurs tendent à dire que l'enfant de moins de 5 ans est plus sensible aux intoxications au paracétamol. En effet, chez le jeune enfant il semble exister une protection contre l'hépatotoxicité qui est due à une augmentation plus rapide de la régénération des stocks en glutathion ainsi qu'à une très haute activité de conjugaison et il n'existerait pas de susceptibilité à l'hépatotoxicité en cas de doses répétées [9]. Aux doses thérapeutiques, le nouveau-né et le jeune enfant forment plus de dérivés sulfo conjugués que l'adulte afin de compenser l'immaturation de leur système de glucuro conjugaison sans que cela n'engendre de conséquences sur le plan thérapeutique [9].

Toutes ces études ont donc permis de confirmer les résultats de notre série et qui concluent que l'intoxication au paracétamol touche généralement l'enfant âgé de 4 ans et électivement ceux âgés de moins de 1 ans [9].

Dans notre échantillon, 22 de nos patients étaient de sexe masculin (52%).

D'un point de vue scientifique, les hommes produisent d'avantage de dérivés glucuro conjugués que les femmes, alors que la quantité de dérivés sulfo conjugués est la même et par conséquent, le sexe masculin reste majoritaire dans les intoxications au paracétamol. En effet, Tarloff a montré en 1996 que l'hépatotoxicité due à l'ingestion de doses toxiques de paracétamol est dépendante du sexe chez les rats et les souris. Le rat serait plus sensible à l'hépatotoxicité tandis que la souris serait plus sensible à la néphrotoxicité [10]. Ce qui nous amène à expliquer l'influence du polymorphisme génique dans les variabilités individuelles de l'expression clinico-biologique vis-à-vis de l'intoxication au paracétamol. En effet, le polymorphisme génique tendrait vers la diminution ou l'augmentation du métabolisme oxydatif du paracétamol.

L'expression de certains gènes induirait de façon plus massive le cytochrome P450 2E1 [10], il semblerait exister des variations ethniques reflétant la génétique et le climat environnemental [10]. En effet, Critchely en 1986, a montré que chez les populations africaines, il existait une réduction de l'activation métabolique du paracétamol avec une moindre excrétion urinaire de cystéine et de l'acide mercapturique. Il n'existerait pas de différence ethnique concernant la sulfuro conjugaison mais essentiellement pour la glucuro conjugaison (elle serait plus faible chez le caucasien que chez l'africain).

Il existerait également une différence significative dans la race caucasienne entre les femmes et les hommes, la sulfuro conjugaison serait augmentée tandis que la glucuro conjugaison serait diminuée chez la femme [10].

Notre résultats de notre séries, seraient donc en corrélation avec les études scientifiques montrant un taux d'intoxication au paracétamol plus important chez les patients de sexe masculin à cause d'un taux augmenté de la glucuro conjugaison par rapport aux patients de sexe féminin même si cette augmentation s'avérait être plus significative chez les africains que les caucasiens.

L'intoxication au paracétamol était volontaire pour 10 cas alors qu'elle était accidentelle dans les autres cas. L'automédication était l'étiologie la plus prépondérante dans 82% des cas alors que les intoxications iatrogènes ont occupé la deuxième place avec 9% des cas. Il est important à rappeler qu'il est bien ancré dans notre culture aujourd'hui, que la douleur n'est pas tolérable, et le recours aux antalgiques s'est considérablement développé. Il existe aujourd'hui de nombreux antalgiques issus de la recherche pharmaceutique. Les plus utilisés et les plus connus du grand public, en raison de leur délivrance sans ordonnance et de leur faible coût, sont le paracétamol et les anti-inflammatoires non stéroïdiens [1]. Le paracétamol est devenu, du fait de son efficacité antalgique antipyrétique, de sa très bonne tolérance digestive et de sa prétendue innocuité, l'antalgique de 1<sup>ère</sup> intention. En moins de 60 ans depuis sa mise sur le marché, le paracétamol est devenu le médicament de la pharmacie familiale par excellence pour tout type de petits maux quotidiens tels que la fièvre, les maux de tête et la douleur dentaire [11]. Une étude effectuée en France en 2012 par Boudjemai et al. a montré le faible niveau de connaissances qu'avaient les personnes usagères de ce médicament: seuls 45% des patients ont été de mesure de dire que le paracétamol était le principe actif de la spécialité utilisée pour traiter la douleur et la fièvre, trois personnes ont cité 2 grammes comme dose maximale, 25% ont indiqué un délai entre 2 doses inférieur ou égal à 3 heures, 15% ont précisé une dose maximale supérieure ou égale à 4 grammes par jour et 38% pensaient qu'une dose excessive ne pouvait pas entraîner la mort. Seulement 8% ont cité la toxicité hépatique comme effet indésirable [12]. Chan, en 2002 et Wolf en 2012, montraient aussi que les patients avaient une mauvaise connaissance du paracétamol, ils ne savaient pas ce qu'était le principe actif et ne comprenaient par la notice d'information des médicaments en vente libre [9]. Dans l'étude de Wolf en 2012, 23,8% des participants pouvaient se surdoser en paracétamol en consommant un médicament en vente libre à plus de 4 grammes par jour, 5,2% faisaient de sérieuses erreurs en consommant plus de 6 grammes par jour et 45% étaient capables de consommer 2 produits contenant du paracétamol en même temps. En effet, le potentiel d'erreurs et d'événements indésirables compliqués d'une intoxication involontaire augmentait particulièrement chez les gros consommateurs de paracétamol et les analphabètes [9] et par conséquent, le paracétamol est l'un des médicaments les plus impliqués dans les intoxications aigües accidentelles qui intéressent également les nourrissons et les jeunes enfants avec un pic de fréquence à l'âge de 2 ans. Alors que les intoxications volontaires intéressent le grand enfant avec un pic à 14 ans [4].

Les intoxications avaient comme étiologie principale l'automédication par les parents et dans notre série ils étaient 18 à être intoxiqués suite à une automédication par les parents (82% des cas). «L'automédication consiste pour les individus à soigner leurs maladies grâce à des médicaments autorisés accessibles sans ordonnance; sûrs et efficaces dans les conditions d'utilisation indiquée» (définition de l'OMS) [13]. Cependant, les patients ne respectent pas forcément les posologies recommandées ce qui rendait les médicaments en vente libre, comme le paracétamol potentiellement dangereux [4]. Pour des raisons qui apparaissent principalement économiques, l'automédication était une pratique encouragée en France [12]. Presque tout le monde savait que pour traiter une fièvre ou des douleurs, il fallait prendre du paracétamol. Un sondage réalisé en 2010 par l'AFIPA suivant la question «quel médicament utilisez-vous pour un mal de tête?» près de 70% des sondés citaient un médicament à base de paracétamol. Sur les 6 spécialités les plus citées, 4 sont à base de paracétamol. Une autre enquête de l'AFIPA a été réalisée en 2008, avant la mise en place du libre accès, relève que 7 français sur 10 ont eu recours à l'automédication, et 18% d'entre eux disaient y avoir recours souvent: 80% des personnes interrogées le faisaient pour traiter/soulager des douleurs, une fièvre, des maux de tête, un mal de gorge une rhinite allergique, un rhume...autant de symptômes pour lesquels le paracétamol peut être utilisé seul ou en association. Mais il était parfois utilisé à tort pour traiter la toux, des hématomes, ou tout autre symptôme pour lequel le paracétamol est loin d'être le traitement le mieux adapté [12]. En effet, la relation entre le manque de connaissance concernant le paracétamol et la survenue d'intoxications accidentelles suite à un mésusage était établie depuis longtemps. En 2009, la FDA mettait en évidence que la majorité des intoxications au paracétamol étaient involontaire et que le mauvais étiquetage des médicaments en vente libre était probablement la cause principale [12]. En 2010 aux Etats-Unis, King a proposé de développer l'étiquetage des médicaments en vente libre [9]. Les axes de travail étaient d'identifier les messages clés de communication pour les consommateurs, de développer et tester comment les messages peuvent être communiqués et améliorer la compréhension de l'étiquetage. Les messages clés à améliorer étaient: le paracétamol est un principe actif, la prise simultanée de plusieurs médicaments contenant du paracétamol peut entraîner des dommages [14].

Il est aisé de constater que le développement des ventes de paracétamol, la multiplication des produits disponibles et leur faible coût induisent un mésusage du produit qui facilite la survenue d'intoxications accidentelles [15]. Ces intoxications accidentelles entraînent plus de cas d'insuffisance hépatique aiguë et une mortalité supérieure à celle en cas d'intention suicidaire [16].

La deuxième étiologie était les intoxications iatrogènes suite à des mauvaises prescriptions et nous avons noté durant notre étude que deux malades seulement ont été intoxiqués suite à une erreur de prescription par le médecin.

Selon Boudreau en 2013, la majorité des patients consultait leurs amis ou leur famille pour avoir des conseils sur les médicaments en vente libre. Il paraît donc nécessaire de renforcer l'éducation des patients par les professionnels de santé et d'améliorer l'étiquetage [4]. Donc, si les patients étaient informés du danger d'un surdosage en paracétamol, le nombre d'intoxications accidentelles aurait diminué [18]. Selon McDonald en 2007, une information écrite sur l'utilisation sécurisée des médicaments en vente libre ainsi que les interactions avec l'alcool et les autres médicaments est mieux comprise en l'associant à une discussion avec un praticien de soins primaires [17]. En 2004, la FDA a lancé une campagne nationale d'éducation des consommateurs pour augmenter l'utilisation sécurisée des médicaments en vente libre. Elle comportait un prospectus sur les antalgiques en vente libre, un article de journal, un article de magazine, 2 affiches du service publics et un site internet [11].

Dans notre étude de cas comme pour toutes les études citées, le plus grand nombre de cas d'intoxication au paracétamol était accidentel. Il avait pour principales étiologies l'automédication comme chef de file suivie de l'intoxication iatrogène et ceci à cause de la grande disponibilité et du faible prix des médicaments à base de paracétamol ainsi qu'au mauvais étiquetage des boîtes et du manque d'informations écrites ou fournies par le médecin traitant sur les dangers de l'interaction du paracétamol avec d'autres médicaments.

Dans notre étude, la dose ingérée était connue chez 33 patients dont 30 avaient des valeurs supérieures à 100mg/Kg alors que la dose minimale ingérée était 62mg/Kg.

En effet, et se référant à la littérature, la dose recommandée pour les adultes et les enfants dont le poids est supérieur ou égal à 50 Kg était de 500 mg à 1 g par prise à renouveler en cas de besoin au bout de 6 à 8 heures. Souvent, 3 prises par jour suffisent. En cas de douleur plus intense, la dose peut être prolongée jusqu'à 4 grammes par jour. Il est impératif de respecter obligatoirement un intervalle d'un minimum de 4 heures entre deux prises. Les prises systématiques permettent d'éviter les oscillations de la douleur ou de la fièvre. Pour les nourrissons et les enfants de moins de 50 Kg, la dose recommandée est de 60 mg/Kg/jour à répartir en 4 à 6 prises, en effet, si le poids est inférieur à 38 Kg la dose maximale quotidienne ne pas dépasser est de 80 mg/Kg alors que si le poids de l'enfant est de 38 à 50 Kg, la dose totale de 3g/jour ne doit pas être dépassée pour éviter tout risque d'atteinte hépatique [19]. La toxicité hépatique lors d'une intoxication au paracétamol survenait pour une dose absorbée supérieure à 150 mg/kg chez l'adulte, et 200 mg/kg chez l'enfant. En effet, si

la paracétamolémie est  $\geq$  à 200 mg/l à H4,  $\geq$  à 30 mg/l à H15 ou  $\geq$  à 5mg/l à H24, la probabilité d'avoir une hépatite aiguë était de 60% alors que si la paracétamolémie est  $\geq$  à 300 mg/l à H4,  $\geq$  à 45mg/l à H15, la probabilité de faire une hépatite aiguë était inévitable [19]. Mitchell et al. ont été les premiers en 1973 à décrire la physiopathologie de l'intoxication au paracétamol. En effet la toxicité hépatique est dose-dépendante et résulte de l'action des cytochromes P450 [20], en cas de surdosage de paracétamol, les systèmes de sulfo conjugaison et glucurono conjugaison sont saturés et la biotransformation du paracétamol excédentaire se fait par la voie du cytochrome P450. Ce qui aboutissent inévitablement à la formation de NAPQI (N-acetyl-p-benzoquinone-imine) qui est détoxifié par le glutathion puis éliminés dans les urines à des doses thérapeutiques [20]. Les stocks de glutathion de l'organisme seront ainsi épuisés vu la quantité importante de NAPQI, qui va s'accumuler dans l'organisme, et entraînera des lésions hépatiques se manifeste par une cytolysé hépatique, par atteinte mitochondriale principalement [21]. Lorsque la réserve intra-cellulaire en glutathion diminue de plus de 70%, la quantité de NAPQI réagit avec les cellules hépatocytaires. Cette réaction va être à l'origine de la formation d'un complexe à liaison covalente irréversible avec les protéines hépatocytaires. Cette liaison irréversible entraînera la mort de la cellule hépatique par stress oxydatif. En effet, NAPQI oxyde le groupement thiol des enzymes hépatocytaires par l'intermédiaire du calcium transloca ce qui augmente la concentration cytosolique de calcium, perturbe l'homéostasie calcique et entraîne la mort cellulaire. Cette nécrose intéresse surtout les zones centro-lobulaires riches en cytochromes P450 [21].

Selon notre étude, 17 cas d'intoxications suite à l'ingestion du paracétamol en association seul ou associé avec toxiques et/ou médicaments.

Nous avons étudié l'impact des autres médicaments sur les intoxications au paracétamol. En fait, certaines classes de médicaments seraient probablement inductrices des cytochromes P450 2E1. Les études sur les animaux ont permis de mettre en évidence quelques médicaments pouvant potentialiser l'effet des cytochromes P450. Quelques cas ont été décrits chez l'homme mais sans étude réelle. Cette activation enzymatique est influencée par l'hétérogénéité hépatique du système de métabolisation microsomale des drogues selon les individus [22]. Les différentes classes thérapeutiques pouvant être incriminées sont les antituberculeux tels que l'isoniazide et la rifampicine, les anticonvulsivants comme la phénytoïne, le phénobarbital et la carbamazépine ou d'autres molécules comme la zidoverdine ou la triméthoprime- sulfaméthoxazole [23]. D'autres études expérimentales tendraient à montrer que la prise simultanée de codéine augmente le risque de survenue d'une cytolysé hépatique. Ces études chez l'animal ayant montré que l'administration aiguë de codéine entraînait une diminution des taux de glutathion dans les hépatocytes des rats et des souris [24].

Il existe donc beaucoup de controverses sur le rôle des autres molécules pouvant induire le cytochrome P450 2E1. En effet, la glucuronisation hépatique est dépendante des réserves hépatiques en carbohydrates. Lors de la dénutrition, il existe une réduction du stock en glutathion pouvant aller jusqu'à l'épuisement de ces réserves en glutathion. Cette réduction du stock associée à la malnutrition prédispose à l'insuffisance hépatique aiguë. Il semblerait que ce type de patients serait à plus haut risque suite à des prises répétées de paracétamol. Mais, l'hépatotoxicité au paracétamol chez le patient dénutri est commune qu'avec l'alcool pour des doses de 4 à 10g de paracétamol [22], [24]. L'anorexie, la boulimie et le régime végétarien peuvent entraîner une hépatotoxicité lorsqu'ils sont associés à une prise du paracétamol [4]. Le virus de l'immunodéficience humaine (VIH) serait à l'origine de troubles métaboliques entraînant une dénutrition et favorisant l'hépatotoxicité en cas de surdosage en paracétamol. La mucoviscidose serait, elle aussi, pourvoyeuse de dénutrition à l'origine d'une hépatotoxicité en cas de prise prolongée même à dose thérapeutique [25].

Les études ont mis en évidence des conséquences nocives de l'association du paracétamol que ce soit seul ou avec d'autres médicaments ou toxines qui peuvent aller jusqu'à la cytolysé hépatique ou encore l'insuffisance hépatique aiguë. Dans notre étude, nous avons plus que 40% des cas intoxiqués suite aux associations du paracétamol, ce qui nous a fait revenir sur l'importance de la clarté de l'étiquetage des médicaments et de l'information fournis par le médecin sur les interactions médicamenteuses ainsi que l'indispensabilité de la sensibilisation aux automédications.

Dans notre échantillon d'étude, 93% des patients ont présenté des symptômes digestifs à type de nausées, vomissements et/ou douleurs abdominales alors que l'asthénie, l'ictère cutanéomuqueux et l'hépatomégalie ont été rencontrés chez 20 malades. L'association de ces différentes manifestations cliniques était fréquente. Certes, Les signes cliniques présents à l'admission étaient principalement représentés par des symptômes digestifs mais la majorité des études s'accordent sur le fait que la symptomatologie des intoxications au paracétamol reste peu spécifique, parfois paucisymptomatique. Les symptômes, quand ils sont présents, se manifestent principalement sous forme de douleurs abdominales plus ou moins accompagnées de vomissements et peuvent servir à minima au dépistage d'un risque évolutif. Ces symptômes ne témoignent pas forcément d'une évolution défavorable de l'intoxication néanmoins, l'absence des signes précoces et spécifiques ne doit pas faire méconnaître sa gravité [26]. En effet, les manifestations cliniques de l'intoxication au paracétamol évoluent en 4 stades distincts, cependant les manifestations initiales des surdosages survenues lors de la

première phase sont souvent aspécifiques et ne peuvent prédire de l'hépatotoxicité [21],[26] un petit mot sur les 4 phases les données des dossiers cliniques manquaient d'informations et donc les résultats obtenus par notre étude étaient imprécis pour permettre de chiffrer le nombre de cas correspondant à chaque stade d'évolution des manifestations clinique de l'intoxication au paracétamol.

Sur les 42 dossiers étudiés, la paracétamolémie n'a été déterminée que pour un seul malade 24heures après l'ingestion et sa valeur était de 2mg\L. Le calcul de la demi-vie plasmatique n'a donc pas pu être réalisé. Donc, ce dosage a été sans intérêt pronostic et thérapeutique.

Devant le polymorphisme des manifestations cliniques, le dosage du paracétamol se révèle un examen fondamental pour confirmer l'intoxication au paracétamol et d'en définir le pronostic afin de conditionner la prise en charge. L'ingestion de paracétamol sous forme de comprimés n'est interprétable qu'à partir de la 4<sup>ème</sup> heure après l'ingestion. En cas d'ingestion de forme liquide, comme les formes pédiatriques, le dosage est interprétable à partir de la 2<sup>ème</sup> heure. Si l'heure d'ingestion est connue, il est important de répéter les dosages afin de déterminer la demi-vie d'élimination du médicament en se référant aux nomogrammes validés pour les intoxications au paracétamol. Le dosage sera répété 2 heures plus tard après le premier prélèvement. Normalement, la concentration diminue de moitié toutes les deux heures. Si la concentration baisse peu ou pas, il existe un risque d'hépatotoxicité. Une demi- vie supérieure à 4 heures est souvent un signe d'hépatotoxicité [27], [28]. La paracétamolémie permet donc d'établir la gravité de l'intoxication, pour les toxiques lésionnels, en fonction de l'heure d'ingestion.

**Tableau 6. Interprétation de la gravité de l'intoxication au paracétamol en fonction de la paracétamolémie à la 4<sup>ème</sup> et la 15<sup>ème</sup> heure après ingestion chez un sujet sain (enfant ou adulte)**

Risque d'hépatite mortelle	Risque d'hépatite grave	Absence de risque
<b>la paracétamolémie est supérieur ou égal à 300 mg/l à la 4<sup>ème</sup> heure et 45 mg/l à la 15<sup>ème</sup> heure</b>	la paracétamolémie est supérieure ou égale à 200 mg/l à la 4e heure et 30 mg/l à la 15 <sup>ème</sup> heure	la paracétamolémie à la 4e heure est inférieur à 150 mg/l est inférieur à 25 mg/l la 15 <sup>ème</sup> heure.

Malgré le rôle important que joue la paracétamolémie notamment dans l'évaluation du risque hépatotoxique ainsi que dans le protocole d'administration du traitement antidotique et principalement la N-acétylcystéine, ce paramètre toxicologique n'a été déterminé que pour un seul cas.

En fait, ce dosage du paracétamol va permettre d'évaluer le risque hépatotoxique à partir d'un nomogramme sur lequel seront reportées les paracétamolémies. Le nomogramme permet donc de déterminer le risque toxique dans une situation analogue à celle dans laquelle il a été validé. Cet outil est valable uniquement pour une prise unique sous forme de comprimés lorsque l'horaire de la prise est connu chez un sujet adulte sain. Il ne peut pas être utilisé en cas de surdosage chronique, d'ingestions répétées, de préparations à libération prolongée. Son utilisation doit être prudente en cas d'utilisation de formes liquides ou lors d'intoxication polymédicamenteuse car la cinétique peut être modifiée. Lors de la co-ingestion, la motilité gastrique peut être réduite. Les paracétamolémies devront donc être répétées afin d'éliminer tout risque d'hépatotoxicité [29]. Nous allons ci-dessous détailler les différents nomogrammes ainsi que les outils permettant d'évaluer le risque hépatotoxique, quoique dans notre étude nous n'avons pas eu recours à aucun de ces nomogrammes vu qu'ils reposent tous sur la paracétamolémie déjà dosée, analyse non demandée par les cliniciens et donc non effectuée au laboratoire d'hygiène de Sfax.

Le nomogramme de Prescott est considéré comme le nomogramme de référence et le seul utilisé en Tunisie. Le premier nomogramme de Prescott est publié en 1976. Cet outil est une échelle semi analogique qui permet de définir le risque d'hépatotoxicité en fonction de la paracétamolémie rapportée au délai entre l'ingestion et la réalisation du prélèvement. Ce premier nomogramme contenait deux courbes. La première courbe passait par 200 µg/ml à H4 et 50 µg/ml à H12. La seconde courbe passait par 400µg/ml à H4 et 150µg/ml à H12. Les patients situés au- dessus de la courbe, passant par 400 µg/ml à H4, étaient considérés à très haut risque. En dessous de la courbe passant par 200 µg/ml à H4, les patients présenteraient un risque quasi-nul, mais le risque d'hépatotoxicité serait considéré comme incertain entre les deux courbes [28]

Le nomogramme de Rumack-Matthew al. fut élaboré en 1975 afin de déterminer facilement le risque d'hépatotoxicité lors d'intoxications au paracétamol. La ligne d'hépatotoxicité est la ligne qui passait par 200 µg/ml à H4 soit 1323 µmol/l et par 50 µg/ml à H12 soit 331 µmol/l. Malgré le grand intérêt que présentent ces nomogrammes pour préciser le risque hépatotoxique, sauf que dans notre étude nous n'avons pas eu l'occasion d'y avoir recours mais nous aurons tout de même opté, si nous avons déterminé la paracétamolémie, pour l'utilisation du nomogramme de Prescott qui est considéré comme

nomogramme de référence. Cependant, depuis 2005 de nouveaux outils ont été mis en marché et permettent une estimation plus précise du risque hépatotoxique et parmi ces outils nous pouvons citer le nomogramme complémentaire de Sivilottiet al. permettant d'avoir une estimation plus précise du risque hépatotoxique. Le nomogramme réalisé (superposable à celui de Rumack-Matthew) utilise la concentration initiale du paracétamol et le temps de début du traitement, mais sa validation reste nécessaire [30].

Les transaminases ont été déterminées chez tous les malades avec une élévation de l'ordre de 90% des cas lors du premier bilan sanguin.

Beaucoup de troubles biologiques étaient aspécifiques. Un bilan complet n'est pas nécessaire au cours du bilan de l'intoxication. Seuls les dosages des transaminases et la paracétamolémie devront être systématiquement demandés, ce qui n'est pas le cas dans notre étude. En cas d'intoxication sévère, les transaminases s'élèvent rapidement. Elles sont les marqueurs principaux d'une intoxication sévère au paracétamol [31].

Un TP inférieur à 70%, était constaté chez 21 patients dont 2 avaient un TP inférieur à 50%. L'évolution de ce marqueur biologique est corrélée à celle des transaminases. Il garde tout son intérêt en tant que critère de gravité et/ou de transplantation hépatique [32]. En effet, les critères de Clichy-Paul-Brousse de la transplantation hépatique comprennent une confusion ou un coma (encéphalopathie grade 3 ou 4) et/ou un facteur V < 30% et un âge > 30 ans ou un facteur V < 20 % et un âge < 30 ans [32].

30 patients ont bénéficié d'une détermination de la créatinémie, un seul patient (soit 3% des cas) décrivait une créatinémie supérieure à 120 µmol/l.

Le paracétamol entraîne, le plus souvent, une toxicité rénale avec nécrose tubulaire aigüe induisant une insuffisance rénale parfois sévère. Une insuffisance rénale aigüe peut apparaître une semaine après l'intoxication [30,33]. Ainsi, il est recommandé de surveiller la créatinémie pendant la première semaine après toute intoxication sévère au paracétamol.

La recherche des facteurs favorisant l'insuffisance rénale a été rapportée dans trois études [33]. Ni la quantité de paracétamol ingéré, ni la sévérité de l'atteinte hépatique ne semblent liées au risque de survenue d'une atteinte rénale. L'âge, l'ingestion concomitante de produits néphrotoxiques (les anti-inflammatoires non stéroïdiens en particulier), les intoxications chroniques au paracétamol, la prise d'un traitement inducteur enzymatique, une insuffisance rénale chronique et une maladie hépatique chronique sont des facteurs de risque de survenue de l'insuffisance rénale aigüe. Il est difficile de préciser la nature de cette insuffisance rénale, la biopsie rénale en phase aigüe est difficilement réalisable en raison du risque hémorragique (TP inférieur à 50 %) [36]. Les atteintes rénales surviennent chez 25 % des patients présentant une hépatotoxicité. Certains auteurs parlent de 10 % en cas d'intoxication sévère et de 53% en cas d'hépatite fulminante associée [21]. Elle serait liée à la toxicité directe du paracétamol par NAPQI sur le rein par l'intermédiaire de la prostaglandine endoperoxyde synthétase. Au niveau histologique, une nécrose tubulaire ou corticale avec des lésions de l'endothélium vasculaire et quelques cas de néphrite interstitielle [21], [30]. La nécrose tubulaire aigüe proximale est la plus rencontrée avec dilatation tubulaire, collection de débris cellulaires, rupture de la membrane tubulaire, œdème interstitiel et infiltrat lympho plasmocytaire.

L'atteinte rénale peut avoir des conséquences cliniques qui se manifestent par une oligurie, une hématurie macroscopique ainsi qu'une douleur lombaire. L'évolution vers l'anurie se fait en quelques heures nécessitant par fois le recours à l'hémodialyse [21]. C'était pas le cas dans notre étude car aucune conséquence clinique notable n'a été signalée durant l'hospitalisation. Panos et al. ont montré que l'augmentation de la rénine plasmatique, du facteur natriurétique et de l'aldostérone sont des facteurs d'insuffisance rénale sévères [21]. L'élévation de la rénine plasmatique est un marqueur de vasoconstriction rénale car elle réduit l'excrétion des prostaglandines. L'hypophosphatémie et l'hyponatrémie sont communes en cas d'atteinte rénale. Le retour à l'état initial s'effectue en 4 semaines [21].

5 patients ont bénéficié d'un lavage gastrique immédiatement après leur admission. Le lavage gastrique est une méthode assez invasive qui s'effectue au cours des 2 premières heures suivant l'ingestion de paracétamol et il permet de diminuer de 39 % l'absorption digestive du paracétamol, mais il reste moins efficace que le charbon actif [30]. En effet, le lavage gastrique a longtemps été considéré comme la méthode de référence pour l'évacuation digestive des toxiques et il demeure le traitement le plus préconisé en matière d'intoxication en Tunisie [34].

Le charbon activé a été administré à deux patients parmi les cinq ayant subi une décontamination digestive par lavage gastrique. Ce derniers'utilisés dans les premières heures de l'intoxication au paracétamol lorsqueladoseingérée est potentiellement toxique [18] et il peut être administré dans les 4 premières heures suivant l'ingestion. Son efficacité est optimale dans les 2 premières heures. Au-delà de la 6ème heure après ingestion, son efficacité est illusoire [35]. En effet, le charbon activé

diminue l'absorption du paracétamol de 52% et il s'utilise par voie orale en une dose unique de 1g/kg. La dose habituelle est de 50g [29], [18] mais certaines études ont montré qu'il pouvait s'utiliser à la dose de 75g ou de 100g [35], [36]. L'utilisation du charbon activé présente l'avantage de diminuer l'incidence de l'hépatotoxicité et son utilisation 2 heures post ingestion nécessite une moindre quantité de NAC intraveineuse [35]. L'alcool ainsi que la plénitude de l'estomac réduiraient l'action du charbon activé et son association au lavage gastrique n'aurait pas montré d'efficacité car la procédure s'allonge et entraîne un retard pour débiter le traitement antidotique [18,36]. Plusieurs antidotes ont été utilisés dont l'action spécifique est capable soit de modifier la cinétique du toxique, soit d'en diminuer les effets au niveau des récepteurs ou au niveau des cibles spécifiques et dont l'utilisation améliore le pronostic vital ou fonctionnel de l'intoxication ou en facilite la prise en charge mais avec le temps un seul antidote est particulièrement utilisé en pratique courante en France, c'est la N-acétylcystéine (NAC) [37],[38].

Tous les patients dans notre étude ont reçu la N-Acétylcystéine à raison de 140mg/kg comme dose d'attaque une fois par jour et une dose d'entretien de 70mg/kg 3fois par jour durant l'hospitalisation et jusqu'à normalisation des marqueurs biologique (ASAT et ALAT). Ils ont reçu le traitement par voie intraveineuse dans un délai moyen de 4 heures entre l'intoxication et l'admission aux urgences. En effet, la N-acétylcystéine a été utilisée pour la première fois en 1974 par Prescott [1]. Cet antidote apporte, dans le plasma, de la cystéine qui est un précurseur du glutathion intracellulaire qui fournit des groupements « sulfhydryl » SH mais c'est aussi un chélateur des radicaux libres [29]. Le glutathion est utile pour neutraliser la N-acétyl-p-benzoquinoneimine issue de la biotransformation du paracétamol par la voie du cytochrome P450 2E1. Lors d'une intoxication au paracétamol, le glutathion est consommé. La NAC sert à reconstituer le stock en glutathion grâce à son groupe sulfhydryl en favorisant la sulfuro conjugaison permettant de conjuguer le NAPQI en métabolite non toxique [29,35]. Elle aurait probablement un rôle cytoprotecteur hépatique non spécifique avant H10 post ingestion en s'opposant aux lésions oxydatives induites par certains toxiques [35,39]. Il semblerait qu'elle agisse comme un antioxydant prévenant les réactions inflammatoires et la formation des micro-thrombi au niveau de la micro circulation [45]. La NAC augmenterait l'apport d'oxygène et son extraction périphérique. Elle pourrait aussi prévenir la production de radicaux libres d'oxygène activés. En effet, ces radicaux sont produits par conversion de la xanthine déshydrogénase et de la xanthine oxydase lors de la prise de paracétamol, ils oxydent les groupements thiols et réduisent la contractilité myocardique [35], [39], [40]. L'administration de la NAC doit être posée en fonction de la paracétamolémie. Ce dosage du paracétamol doit être effectué en urgence et reporté sur le nomogramme prédictif de Prescott [41]. Son administration sera réalisée le plus précocement possible dès que la dose ingérée est supérieure à 4-5 g ou 150mg/kg chez l'adulte [29], [41]. La NAC procure une protection complète contre la nécrose hépatique, l'insuffisance rénale aiguë et le décès lorsqu'elle est administrée dans les 8 premières heures (peros) suivant le surdosage ou dans les 12 premières heures en intraveineuses avant le pic de transaminases [4], [29]. Il n'existerait pas de différence d'efficacité du traitement antidotique lorsqu'il est débuté avant la 4<sup>ème</sup> heure ou entre la 4<sup>ème</sup> et la 8<sup>ème</sup> heure. En cas de prise en charge tardive (supérieure à 8h), la NAC doit être administrée sans attendre les résultats de la paracétamolémie car ces formes sont plus susceptibles d'évoluer vers une hépatotoxicité [39]. Lorsque la dose ingérée est inconnue ou imprécise, le traitement sera débuté immédiatement et poursuivi si la paracétamolémie est élevée à la 4<sup>ème</sup> heure correspondant à la zone de risque hépatotoxique ou si la demi-vie plasmatique est supérieure à 4 heures [30]. Chez les patients traités par un et/ou des médicaments inducteurs enzymatiques du cytochrome P450, le traitement par NAC doit être poursuivi si la paracétamolémie atteint 70% voire même 50% des limites indiquées par le nomogramme plasmatique. Il en est de même pour les patients alcooliques, les déficitaires en glutathion, les dénutris et les femmes enceintes [29], [42]. L'administration de la NAC doit être aussi envisagée après une intoxication chez un patient présentant des signes d'insuffisance hépatique avec acidose, baisse du taux de prothrombine (TP) ou encéphalopathie [29] en absence d'une paracétamolémie élevée. Elle apparaît même efficace en cas d'hépatite aiguë grave non liée au paracétamol [42].

Si la dose supposée ingérée est supérieure à 8 grammes, l'administration est immédiate sans attendre les résultats de la paracétamolémie, alors que si la dose supposée ingérée est inférieure à 8 grammes, l'administration est guidée par la paracétamolémie et le délai écoulé depuis la prise de paracétamol (abaques de Prescott) [43]. L'administration de la N-Acétylcystéine respecte 2 protocoles différents selon la voie utilisée:

L'administration intraveineuse selon Prescott en 20 heures: 150 mg/kg de N-Acétylcystéine dans 250 ml de solution glucosée à 5% en 60 minutes qui constitue une dose de charge (initialement la dose de charge est administrée en 20 minutes, avec le risque de survenue d'allergies par histamine libération), puis 50 mg/kg de N-Acétylcystéine dans 500 ml de solution glucosée à 5 % pendant 4 heures ; ensuite 100 mg/kg dilué dans 1l de solution glucosée à 5% pendant 16 heures, à renouveler si la cytolysé hépatique persiste. Il est proposé actuellement de poursuivre ce protocole par une perfusion de 200 mg/kg/24h en cas d'hypertension transaminasémie même en l'absence de paracétamolémie détectables [44], [45].

L'administration orale selon Rumack en 72 h environ: la dose de charge est de 140mg/kg et la dose d'entretien est de 70 mg/kg toutes les 4h pendant 72 heures. Actuellement des durées de traitement plus brèves (20-48h) ont été proposées [46].

Il en existe un autre schéma thérapeutique en 48 heures par voie intraveineuse selon Smilkstein: la dose de charge est de 140 mg/kg en 60 min et la dose d'entretien est de 70 mg/kg toutes les 4 h pendant 12 heures. [47].

Ces schémas thérapeutiques sont d'une efficacité équivalente si le traitement est instauré durant les 10 premières heures. Dans le cas où le traitement est instauré après la 15<sup>ème</sup> heure, le schéma de Prescott fournit moins de bons résultats [48].

Les États-Unis préfèrent la voie orale pour une question de coût, alors que le Canada, l'Australie, l'Europe et la Tunisie ont opté pour la voie intraveineuse comme référence [43], [49]. Dans notre cas, le choix de la voie IV a permis une évolution favorable de nos patients pendant une courte durée d'hospitalisation ainsi que la guérison de 40 cas parmi 42.

Par ailleurs, même si la NAC est mieux tolérée que la cystéamine et la méthionine, elle n'est pas dénuée d'effets indésirables. L'administration de la NAC sans confirmation par une paracétamolémie conduit à de nombreux traitements inutiles qui exposent le patient à la survenue d'effets indésirables pouvant être parfois sévères. Les effets indésirables sont d'autant plus fréquents que le patient n'est pas intoxiqué [47]. Les principaux effets indésirables rencontrés étaient les vomissements chez 33% des patients bénéficiant d'un traitement oral. En cas de vomissements dans la première heure de traitement, il est nécessaire de redémarrer le protocole. Les vomissements, pourront être contrecarrés en utilisant des antiémétiques sérotoninergiques 5-HT<sub>3</sub> comme le granisétron ou l'ondansétron [29] ; la réaction anaphylactoïde, elle était présente chez 10 à 15% des patients ayant eu un traitement par NAC intraveineuse. La NAC a un effet dose-dépendant lié à la dose de charge car la concentration plasmatique maximale est atteinte rapidement [28,50]. Elle survient dans un délai de 15 à 75 minutes après le début de la perfusion et se résout spontanément surviendrait en 30 minutes. Pour diminuer le risque de réaction anaphylactoïde, il suffit de diminuer la vitesse de perfusion lors de la première dose de charge en allongeant le temps de la perfusion de 15 à 60 minutes [39,35]. Lorsque les symptômes disparaissent, la perfusion pourra être reprise à une dose inférieure. Cette réaction anaphylactoïdienne serait pas due à un mécanisme immuno-allergique mais plutôt à une histamino-libération non spécifique et elle regroupe au niveau clinique des nausées, une urticaire, un prurit, les bouffées vaso- motrices et un rash maculo-papuleux traités par la diphenhydramine ou la dichlorophéniramine [28], [51].

Des effets indésirables plus sévères peuvent survenir à hauteur de 2 à 3 %. Tels que l'angio-œdème, le bronchospasme, le collapsus pouvant aller jusqu'au décès [28]. L'arrêt de la perfusion est impératif. Un traitement par diphenhydramine intraveineux à dose de 1 mg/kg ou de dexchlorphéniramine est préconisé. Lors d'hypotension et de symptômes respiratoires, la voie orale est à privilégier. En cas d'utilisation de la voie intraveineuse, nous pouvons débiter la diphenhydramine à 1mg/kg administrée suivie par l'acétaminophène à 5 mg/kg associées à l'éphédrine à la dose de 0,5 mg/kg ainsi qu'un monitoring continu avec une hospitalisation en soins intensifs [35].

La seule précaution à prendre avant de débiter un traitement par NAC, est de s'assurer que les patients ne présentent pas un terrain asthmatique car ces patients présentent des effets indésirables plus fréquents que chez la population générale mais ils ne sont pas pour autant plus graves [51], [52].

Notre étude n'a pas permis de dénombrer le nombre de cas correspondant à chaque effet indésirable, cependant il est indispensable de savoir tous ces effets afin de préconiser une posologie de la NAC adaptée à chaque patient et pour ne pas infliger au patient un traitement antidotique sans confirmation de la paracétamolémie ou avec une paracétamolémie non adaptée au nomogramme.

## **5 CONCLUSION**

Le paracétamol a remplacé l'acide acétylsalicylique dans la plupart des emplois comme analgésique et antipyrétique.

Les intoxications au paracétamol sont fréquentes en Tunisie comme dans les pays industrialisés tels que la France, l'Angleterre et les États Unis. La consommation importante de paracétamol dans ces pays peut entraîner une méconnaissance du danger de ce produit, de ses effets toxiques et peut être à l'origine des intoxications accidentelles. Cette consommation abusive peut aussi être rencontrée lors d'une prise volontaire dans un but suicidaire.

Notre étude nous a permis de constater des lacunes existantes lors de la conduite à tenir pour une intoxication aigüe au paracétamol chez un enfant et plus généralement chez un adulte sain, tant que sur le plan biologique que sur le plan thérapeutique et pronostique.

Ce travail a proposé certaines recommandations relatives à un protocole thérapeutique adapté à chaque patient et aux différents paramètres cliniques (atteinte rénale organique), biologique (diminution du TP, facteur V) et toxicologique (dose

ingéré ou absorbé, paracétamolémie et demi-vie d'élimination) afin d'améliorer la prise en charge des patients présentant une intoxication aigue au paracétamol.

Notre souhait est de voir ce travail poursuivi, amélioré et confirmé par les différents acteurs exerçant dans ce domaine. Nous espérons qu'à l'avenir, les médecins pédiatres limiteront les traitements inutiles par NAC et demanderont la paracétamolémie H4 et H15 post ingestion.

## REFERENCES

- [1] T. Brier, "Analyse des ventes de médicaments en France". *Clinical Drug investigation*, vol. 25:49-57, 2013.
- [2] F. Adhet, S. Atout, M. Galinski, F. Lapostolle. Evolution des intoxications médicamenteuses volontaires en France. *The Journal of Medicine*, vol.14, pp. 121-6, 2012.
- [3] B. Mégarbanea , L. Donettib , T. Blancc ,G. Chérond , " Intoxications graves par médicaments et substances illicites en réanimation". *The Journal of Medicine*, vol. 12, no.7, pp. 41-8, 2012.
- [4] D. M. Bourdeau, H.Wirtz, M. Von Korff . M, S.L. Catz , J.St John ,P.E. Stang, " A survey of adult awareness and use of medicine containing acetaminophen," *Pharmacoepidemiology and Drug Safety*, vol. 2, no. 2, pp. 229-40, 2013.
- [5] R.J. Fontana. " Acute liver Failure including acetaminophen overdose," *Journal of Gene Medicine*, vol. 92, no. 4.pp.16-30, 2009.
- [6] R. Clark , J.R. Fisher, I.S. Sketris, G.M. Johnston, " Population prevalence of high dose paracetamol in dispensed paracetamol/opioid prescription combinations: an observational study". *Clinical pharmacology*, vol. 12. pp. 11-7, 2012.
- [7] A. J. Makin,J. Wendon , R. Williams ,"7-year experience of severe acetaminophen-induced hepatotoxicity". *Toxicology*, vol. 12. pp. 16-9, 1999.
- [8] O. Morgan, "Laws limiting the size of paracetamol packs help to prevent overdose". *Public Health*, vol.9.pp.197-9, 2012.
- [9] M.S. Wolf, j.King ,K. Jacobson,L. Di Francesco,S.C. Bailey,R. Mullen et al. "Rosk of unintentional overdose with non-prescription acetaminophen products". *The Journal of General Medicine*, vol.27.pp.587-93, 2012.
- [10] Y.Ueshima , M. Tsutsumi ,S. Takase . "Acetaminophen metabolism in patients with different cytochrome P-4502E1 genotypes". *Alcoholism: Clinical Experimental Research* ,vol. 20. no 1.pp.25A-8, 1996.
- [11] S. Atout ,M. Galinski . "Repérage d'une surdose de paracétamol par automédication". *J Med*,vol.7.pp.12-6, 2013.
- [12] Y. Boudejmaï , P. Mbida ,V. Potinet-Pagliaroli, F. Géffard ,G. Leboucher , J.L. Brazier et al. "Parents' knowledge about paracetamol (acetaminophen): a study in a French hospital emergency department". *Annales Pharmaceutiques Françaises*, vol.71.pp.260-7, 2013.
- [13] T. Brier. " Les déterminants à l'achat de médicaments d'automédication". *Clinical and Experimental Research*, vol.36no. 4.pp.32-9, 2012.
- [14] R. Aronowitz . "The social and economic influences on medication use and misuse". *Journal of General Intenal Medicine*, vol. 27.pp.1580-8, 2012.
- [15] T.Caraccio , M. McGuigan . "Paracétamol: gare aux surdosage involontaires". *Medical Health journal*, vol. 24. pp. 76-82, 2014.
- [16] RB. Rao , RS. Hoffman . "Acetaminophen toxicity in an urban country hospital". *The New England Journal of Medicine*, vol.338.pp.544-7, 2002.
- [17] DD. Mcdonald ,MG. Amendola ,E. Interlandi ,K. Wall, B. Lewchik , L.Polouse , et al. "Effect of reading additional safety information on planned use of over-the-counter analgesics". *Public Health Nursing*, vol. 24.pp.230-8, 2007.
- [18] RM. Bataller . "Evidence for practice: education about the dangers of acetaminophen". *Journal of Emergency Nursing*, vol. 33,pp.327-30, 2012.
- [19] A. Making , J. Wendon , R. Williams . "A 7-year experience of severe acetaminophen-induced hepatotoxicity (1987-1993)". *Gastroenterology*, vol. 109.pp.1907-16, 1995.
- [20] LP. Shone, JP. Kong , C. Doane, KM. Wilson , MS. Wolf . "Misunderstanding and Potential Unintended Misuse of Acetaminophen Among Adolescents and Young Adults". *Journal of Health Communication*, vol.16.pp.256-67, 2011.
- [21] JA. Hinson, DW. Roberts, LP. James. "Mechanisms of acetaminophen-induced liver necrosis". *Journal Uetrecht*, vol. 5.pp.29-36, 2013.
- [22] G. Farrell , W. Cooksley, L. Powell. "Drug metabolism in liver disease: activity of hepatic microsomal metabolizing enzymes". *Clinical Pharmacology & Therapeutics*,vol..26pp.483-92, 1995.
- [23] CM. Nolan , RE. Sandblom , KE. Thummel . "Hepatotoxicity associated with acetaminophen usage in patients receiving multiple drug therapy for tuberculosis". *Chest*, vol.105pp.408-11, 1994.
- [24] W. Bernal , G. Auzinger , A. Dhawan . "Acute liver failure. *Lancet*,vol.76.pp.190-201, 2011.
- [25] BH. Lauterburg . "Analgesics and glutathione". *The American Journal of Therapy*, vol.9.pp.225-33, 2002.

- [26] J. Burns , L. Friedman . "Acetaminophen poisoning in adults: pathophysiology, presentation and diagnosis". *BMC Clinical pharmacology*, vol.11.no.4pp.58-71, 2013.
- [27] M. Galinski . "Intérêt du dosage sanguin du Paracétamol: Performances des méthodes analytique". *Annales Pharmaceutiques Françaises*, vol.8.pp.32-7, 2015.
- [28] F. Testud , J. Descotes. "Pour un usage rationnel du N-acétylcystéine dans les intoxications aiguës par le paracétamol". *Journal of Biochemical and Molecular Toxicology*, vol.16.pp.74-9, 2003.
- [29] P. Berger . "Intoxication par le paracétamol". *Toxicology*, vol.1pp.5-14, 2012.
- [30] AL. Jones, P. Lheureux . "Progrès récents dans le traitement des intoxications au paracétamol". *Toxicological Science*, vol.7.pp.643-58, 1998.
- [31] J. Tucker . "Risque d'hépatotoxicité par le paracétamol". *Epidemiology in Drug Safety*, vol.8.pp.9-18, 2012.
- [32] GR. Bond. "Acetaminophen protein adducts: a review". *Clinical Toxicology* , vol.47.pp.2-7, 2009.
- [33] F. Daly, JS. Fountain, L. Murray et al. "Guidelines for the management of paracetamol poisoning in Australia and New Zealand--explanation and elaboration. A consensus statement from clinical toxicologists consulting to the Australasian poisons information centres". *Toxicology Pathology*, vol.188.pp.296-302, 2008.
- [34] C. Camus . "Actualités sur les supports hépatiques artificiels: Dialyse à l'albumine par le système MARS®". *The New England Journal of Medicine*, vol.21.pp.53-9, 2014.
- [35] G. Mour , DA. Feinfeld , T. Caraccio , M. McGuigan . "Acute renal dysfunction in acetaminophen poisoning". *Renal Failure*, vol.27.pp.381-3, 2005.
- [36] J. Kennon . "Acetylcysteine for acetaminophen poisoning". *Lancet Medical*, vol.35.pp.285-92, 2009.
- [37] K. Heard , R. Dart . "Acetaminophen poisoning in adults treatment". *The New England Journal of Medicine*, vol.2.pp.58-63, 2011.
- [38] B. Christophersen , D. Levin , LC. Hoegberg, HR. Angelo, JP. Kampmann . "Activated charcoal alone or after gastric lavage: a simulated large paracetamol intoxication". *Journal of Clinical Pharmacology* , vol.53.pp.312-7, 2002.
- [39] C. Tournoud, P. Nisse. "Antidotes aux urgences". *Toxicology Pathology*, vol.19.pp.43-50, 2006.
- [40] SJ. Wolf , K. Heard , EP. Sloan , A. Jagoda. "Clinical policy: critical issues in the management of patients presenting to the emergency department with acetaminophen overdose". *Annals of Emergency Medicine*, vol.50.pp.292-313, 2007.
- [41] S. Lieber , L. Packer. "S-Adenosylmethionine: molecular, biological, and clinical aspects-an introduction". *American Journal of Clinical Nutrition* , vol.76.pp.1148S-50S, 2002.
- [42] JS. Fountain , L. Murray . "Intoxication par le paracétamol: acétylcystéine pour protéger le foie". *Toxicology* , vol.43.pp.358-62, 2014.
- [43] A. Penna, N. Buchanan. "Paracetamol poisoning in children and hepatotoxicity". *The Journal of Clinical pharmacology*, vol.32.pp.143-9, 1991.
- [44] R. Dart . Paracétamol et transplantations hépatiques. *The New England Journal of Medicine*, vol.pp.5-13, 2014.
- [45] MD. Scawen , CP. Price . "Fluimucil®". *Lancet Medical* , vol.17.pp.35-47, 2011.
- [46] J. Tucker. "Protocoles validés de traitement par NAC". *Toxicology* , vol.14.pp.424-6, 2006.
- [47] LF. Prescott, RN. Illingworth, JA. Critchley, MJ. Stewart , RD. Adam , "Proudfoot FT. Intravenous N-acetylcysteine: the treatment of choice for paracetamol poisoning". *Toxicology and environmental Health*, vol.2.pp.97-100, 1999.
- [48] BH. Rumack, RG. Peterson. "Acetaminophen overdose: incidence, diagnosis and management in 416 patients". *Journal of Pediatrics* vol.62.pp.898-903, 1998.
- [49] MJ. Smilkstein, AC. Bronstein, C. Linden, WL. Augenstein , Kw. Kulig , "Rumack BH. Acetaminophen overdose: a 48-hour intravenous N-acetylcysteine treatment protocol". *American Emergency Medicine*, vol.20.pp.58-63, 2012.
- [50] PM. Harrison , JA. Wendon , AE. Gimson , GJ. Alexander , R. Williams . "Improvement by acetylcysteine of hemodynamics and oxygen transport in fulminant hepatic failure". *The New England Journal of Medicine*, vol.324.pp.1852-7, 1991.
- [51] P. Dargan , A. Jones. "Management of paracetamol poisoning TRENDS in Pharmacological Sciences". *Toxicologic Pathology* , vol.pp.154-7, 2003.
- [52] J. Kennon , MD. Heard . "Acetylcysteine for acetaminophen poisoning". *The New England Journal of Medicine*, vol.39.pp.285-92, 2008.

## Analyse organique GC/MS de l'huile essentielle de *Melanthera scandens* récolté à Azaguié en Côte d'Ivoire

### [ GC/MS organic analysis of *Melanthera scandens* essential oil harvested in Azaguié in Côte d'Ivoire ]

Konan N'dri Séraphin, Kouamé Bosson Antoine, Konan Koffi Marcel, Mamyrbékova-Békro Janat Akhnanovna, and Békro Yves-Alain

Laboratoire de Chimie Bio-Organique et de Substances Naturelles (LCBOSN), UFR-SFA, Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

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

**ABSTRACT:** The essential oil dried leaves of *Melanthera scandens* has been extracted by hydro-distillation with a yield of  $0.012 \pm 0.003$  %. Its chemical composition has been put in evidence by GC/MS. Thirty-six (36) constituents representing 98.92% of the total organic composition of this oil have been identified. These are hydrocarbon sesquiterpenes (60.46%) and oxygenated sesquiterpenes (10.06%), hydrocarbon monoterpenes (10.21%), oxygenated monoterpenes (0.58%) and non identified compounds others (17.61%). The main compounds are  $\alpha$ -caryophyllene (24.6%),  $\beta$ -caryophyllène (13.08%), 4-acetyl-1-methylcyclohexene (9.12%), caryophyllene oxide (8.54%) and germacrene D (8.52%).

**KEYWORDS:** *Melanthera scandens*, essential oil, organic analysis, GC/MS.

**RESUME:** L'huile essentielle des feuilles séchées de *Melanthera scandens* a été extraite par hydrodistillation avec un rendement de  $0,012 \pm 0,003\%$ . Sa composition chimique a été mise en évidence par GC/MS. Trente-six (36) constituants représentant 98,92% de la composition organique totale de cette huile ont été identifiés. Ce sont des sesquiterpènes hydrocarbonés (60,46%) et oxygénés (10,06%), des monoterpènes hydrocarbonés (10,21%) et oxygénés (0,58%) et d'autres composés non identifiés (17,61%). Les principaux composés sont l' $\alpha$ -caryophyllène (24,6%), le  $\beta$ -caryophyllène (13,08%), le 4-acétyl-1-méthylcyclohexène (9,12%), le caryophyllène oxyde (8,54%) et le germacrène D (8,52%).

**MOTS-CLEFS:** *Melanthera scandens*, huile essentielle, analyse organique, GC/MS.

## 1 INTRODUCTION

L'histoire des plantes aromatiques, médicinales est associée à l'évolution des civilisations. Dans toutes les régions du monde, l'histoire des peuples montre que ces plantes ont toujours occupé une place importante en médecine, dans la composition des parfums et dans des préparations culinaires grâce aux produits volatils qu'elles renferment. L'ensemble de ces principes volatils constituent l'huile essentielle (HE) dont l'extraction et la détermination de la composition chimique présentent la première étape dans la valorisation d'une plante aromatique [1]. Le genre *Melanthera* appartient à la famille des Asteraceae. *Melanthera scandens* (Schumach. & Thonn.) Roberty est l'une des espèces de ce genre. C'est une herbacée qui peut atteindre 4 m de haut. Elle abonde dans les régions marécageuses et surtout en bordure de route. *M. scandens* est une plante médicinale dont les différents organes sont utilisés pour traiter plusieurs pathologies. Ses feuilles sont recommandées pour soigner le paludisme [2, 3] et le diabète [4]. Son usage en ethnomédecine a été justifié par une étude

qui a montré que l'extrait éthanolique de ses feuilles possède des propriétés antidiabétique et hypolipidémique [5]. Les feuilles de cette espèce sont également prescrites pour assurer une bonne croissance du fœtus [6]. Aussi sont-elles employées pour soigner les diarrhées et la dysenterie [7]. En outre, l'on s'en sert comme laxatif et antidote [3]. Les rameaux feuillés sont formellement préconisés pour soigner les infections cutanées, la gastro-entérite, les maux d'estomac, les blessures, les douleurs, les hémorroïdes [8] et l'appendicite [9]. L'activité anti-inflammatoire significative de l'extrait éthanolique des feuilles de *M. Scandens* dont l'origine serait due à la présence de métabolites secondaires (saponines, terpènes, tanins, flavonoïdes), a été rapportée [10]. L'activité antifongique modérée de l'extrait brut méthanolique des ses feuilles a également été signalée; et expliquerait l'emploi de ladite plante dans la tradithérapie des maladies fongiques [11]. Le but de l'étude est de mettre en évidence par GC/MS, la composition organique de l'HE de *M. scandens*, une plante aromatique à propriétés thérapeutiques de la flore ivoirienne.

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 ECHANTILLON D'ETUDE

L'échantillon d'étude est une essence végétale. Elle a été extraite par hydrodistillation [12] durant 3 h à partir de rameaux feuillés de *M. scandens*. Ces organes préalablement identifiés au Centre National de Floristique (CNF) de l'Université Félix Houphouët-Boigny (Abidjan-Cocody) par feu le Professeur Laurent AKE-ASSI, ont été récoltés en juillet 2010 dans la ville d'Azaguié (département d'Agboville, Région de l'Agneby-Tiassa) située au Sud de la Côte d'Ivoire. Ils ont été ensuite séchés pendant 4 jours à la température ambiante dans une salle aérée.

### 2.2 ANALYSE GC/MS

L'HE est injecté en mode split dans le chromatographe en phase gazeuse, équipé d'une colonne capillaire en silice interne garnie de polydiméthylsiloxane (25m × 0,20mm) et couplé à un spectromètre de masse (marque Hewlett Packard, type 5941).

Les conditions opératoires ont été les suivantes: gaz vecteur (He avec 0,6 mL/min de débit), température de l'injecteur (220°C), température du détecteur (250°C), température du four (50°C) pendant 3 min suivie d'une augmentation jusqu'à 250°C avec un gradient de 3°C/min, énergie d'ionisation (70 eV). Les différents phytoconstitués volatils ont été identifiés en comparant les temps de rétention (TR) et les spectres de masse avec les données spectrales des composés de référence des bibliothèques de données de l'appareil.

## 3 RESULTATS ET DISCUSSION

### 3.1 COMPOSITION ORGANIQUE

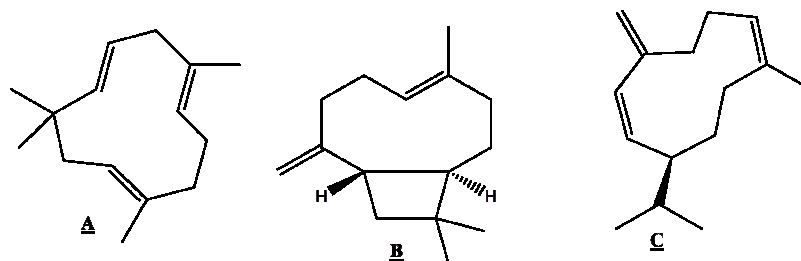
Le tableau présente un aperçu de la composition organique de l'HE de couleur jaune-pâle, obtenue des feuilles séchées de *M. scandens* par hydrodistillation avec un rendement de  $0,012 \pm 0,003\%$ . Ce rendement est vraisemblablement très faible. Trente-six (36) phytoconstitués ont été identifiés au nombre desquels des sesquiterpènes hydrocarbonés (60,46%) et oxygénés (10,06%), des monoterpènes hydrocarbonés (10,21%) et oxygénés (0,58%); et d'autres composés non identifiés (17,61%) soit 98,92% de la composition organique totale.

Tableau: Constituants organiques de l'HE de *M. scandens*

N°	TR (min)	Constituant	M*	%
1	7,53	α-Pinène	136	1,05
2	9,43	Limonène	136	5,59
3	10,58	4-Carène	136	0,51
4	13,14	Chrisanthénylacétate	136	0,58
5	14,28	Bicycloélémente	204	0,47
6	14,83	α-Copaène	204	1,09
7	14,94	β-Bourbonène	204	0,89
8	15,01	β-Élémène	204	3,19
9	15,21	Isocaryophyllène	204	1,43
10	15,42	β-Caryophyllène	204	13,08
11	15,53	γ-Élémène	204	2,83
12	15,90	α-Caryophyllène	204	23,34
13	16,17	Germacrène D	204	8,52
14	16,40	2,6-Bis(1,1-diméthyléthylphénol)	220	1,39
15	16,53	α-Amorphène	204	0,65
16	16,62	δ-Cadinène	204	0,54
17	16,97	α-Farnesène	204	0,72
18	17,15	1,5-Epoxysalvial-4(14)-ène	220	0,16
19	17,34	Caryophyllène oxyde	220	8,54
20	17,49	Cis-α-Bisabolène	136	1,24
21	17,65	4-Acétyle-1-méthylcyclohexène	138	9,12
22	17,72	β-Ionone	220	0,64
23	17,88	2,7-Diméthyl-1, 3, 7-octatriène	136	1,25
24	17,97	Isospathulenol	220	0,32
25	18,03	Valencène	204	2,2
26	18,22	Junipène	220	0,58
27	18,29	Alloaromadendrène	204	0,61
28	18,42	α-Fenchène	136	1,82
29	18,80	Pentadécanal	152	1,16
30	19,09	Mintsulfide	236	1,10
31	20,15	6, 10, 14-Triméthylpentadecanone	250	1,25
32	20,49	Acide bis(2-Ethylhexyl-1,2-benzène)dicarboxylique	279	1,10
33	21,39	Germacrène A	204	0,72
34	23	2-(2-Octényl)cyclopentanone	194	0,19
33	23,07	Phytol	196	0,57
36	24,17	N,N-Diphénylbenzène-arboxymid-amide	272	0,48
		Monoterpènes hydrocarbonés		10,21
		Monoterpènes oxygénés		0,58
		Sesquiterpènes hydrocarbonés		60,46
		Sesquiterpènes oxygénés		10,06
		Autres composés non identifiés		17,61
		Total		98,92

\*M= masse molaire

Les composés majoritaires sont l' $\alpha$ -caryophyllène (24,6%), le  $\beta$ -caryophyllène (13,08%), le 4-acétyl-1-méthylcyclohexène (9,12%), le caryophyllène oxyde (8,54%) et le germacrène D (8,52%). La composition organique de l'HE de *M. scandens* est à dominante sesquiterpénique avec une majorité hydrocarbonée. Cette dernière est dominée respectivement par l' $\alpha$ -caryophyllène (**A**, 24,6%), le  $\beta$ -caryophyllène (**B**, 13,08%) et le germacrène D (**C**, 8,52%).



Une étude antérieure concernant la composition chimique des huiles volatiles de *M. scandens*, a été réalisée par Affia *et al.*, [13]. Ces huiles obtenues par hydrodistillation pendant 3 h, à partir d'organes frais (feuilles et tiges) de ladite espèce, proviennent de trois (3) villes Oumé (Région du Gôh), Yakassé-Mé (Région de la Mé), Bonoua (Région du Sud-Comé) situées respectivement au Centre-Est, au Sud et au Sud-Est de la Côte d'Ivoire. Ces auteurs ont établi que les HE des feuilles de *M. scandens* récoltées à Oumé et à Yakassé-Mé, montrent une prépondérance des sesquiterpènes hydrocarbonés en teneurs variables respectivement 63,9% et 57,9%. L'HE des feuilles provenant d'Oumé, est majoritairement dominée par le  $\beta$ -caryophyllène (26,4%). En revanche, celle des feuilles récoltées à Bonoua, fait voir une dominance des monoterpènes hydrocarbonés (50,7%). De ces résultats, il apparaît globalement qu'aucune variabilité chimique n'est perceptible en comparant la caractérisation organique de l'HE de *M. scandens* d'Azaguié à celles de la même plante provenant d'Oumé et de Yakassé-Mé. *A contrario* l'HE de *M. scandens* de Bonoua laisse voir une certaine différence chimique. Ce qui pourrait laisser penser en première approche, que les différents sites géographiques de récolte dans un même pays peuvent avoir une influence sur la composition chimique de l'HE d'une espèce végétale.

#### 4 CONCLUSION

La présente étude dont le but est d'établir la composition organique par GC/MS de l'huile essentielle de *Melanthera scandens*, a montré que cette huile est riche en sesquiterpènes hydrocarbonés avec une teneur de 60,46%. Son composé majoritaire est l' $\alpha$ -caryophyllène dont le taux est de 24,6%. C'est un sesquiterpène macrocyclique encore connu sous l'appellation humulène ou  $\alpha$ -humulène, doué de propriétés anti-inflammatoire et inhibitrice de la nécrose [14]. Sa présence majoritairement remarquée dans l'HE de *M. scandens*, justifierait d'une part, son usage en ethnomédecine et d'autre part, trouverait une place de choix tant en aromathérapie qu'en phytothérapie.

#### REMERCIEMENTS

Hommage posthume au Professeur Laurent AKE-ASSI

#### REFERENCES

- [1] N. Bouzouita, F. Kachouri, M. Ben Halima and M. M. Chaabouni, "Composition chimique et étude des activités antioxydante et antimicrobienne et insecticide de l'huile essentielle de *Juniperus Phœnicea*," *Journal de la Société Chimique de Tunisie*, Vol.10, pp. 119-125, 2008.
- [2] G. N. Zirihi, N. Kouakou, T. D. Etien and P. Gellier, "Ethno-pharmacological study of plants used to treat malaria, in traditional medicine, by Bete Populations of Issia (Côte d'Ivoire)," *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, Vol. 2, no 4, pp. 216-217, 2010.
- [3] O. Omoyeni, A. Aterigbade, R. O. Akinyeye and R. A. Olowu, "Phytochemical screening, Nutritional/Anti-nutritional and amino acid compositions of Nigeria *Melanthera scandens*," *Scientific Review Chemical Communications*, Vol.2, no 1, pp. 20-30, 2012.

- [4] G. N. Zirihi, P. Grellier, F. Guédé-Guina, B. Bodo and L. Mambu, "Isolation, characterization and antiplasmodial activity of steroidal alkaloids from *Funtunia elastica* (Preuss) Stapf," *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*, Vol.15, pp. 2637-2640, 2005.
- [5] J. A. Enomfon, J. E. Okokon and O. Emem, "Antidiabetic and hypolipidemic activities of ethanolic leaf extract and fractions of *Melanthera scandens*," *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, Vol. 2, no 7, pp. 523-527, 2012.
- [6] F. M. Djah and F. R. N. Danho, "Traditional Practices and Medicinal Plants use during pregnancy by Anyi-Ndenye Women (Eastern Côte d'Ivoire)," *African Journal of Reproductive Health*, Vol. 15, no 1, pp. 85-93, 2011.
- [7] T. D. Stark, D. J. Mtui and O. B. Balemba, "Ethnopharmacological survey of plants used in the traditional treatment of gastrointestinal pain, inflammation and diarrhea in Africa: Future perspectives for integration into modern medicine," *Animals*, Vol.3, pp. 158-227, 2013.
- [8] K. K. Ajibesin, B. Ekpo, D. N. Bala, E. E. Essien and S. A. Adeseeya, "Ethnobotanical survey of Akwa Ibom State of Nigeria," *Journal of Ethnopharmacology*, Vol. 115, pp. 387-408, 2008.
- [9] F. O. Omotayo, "Vascular plants in Nigeria," *Africa Journal of Science*, Vol.4, pp. 141-144, 2007.
- [10] J. E. Okokon, A. E. Udoh, S. G. Frank and A. Lu, "Anti-inflammatory and analgesic activities of *Melanthera scandens*," *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, Vol. 2, no 2, pp. 144-148, 2012.
- [11] E. D. Fagbohun, O. U. Lawal and M. E. Ore, "The antifungal activities of the methanolic crude extract of the leaves of *Ocimum gratissimum* L., *Melanthera scandens* A. and *Leea guineensis* L. on some phytopathogenic fungi," *International Journal of Biology, Pharmacy and Allied Sciences*, Vol., 1, no 1, 12-21, 2012.
- [12] N. Konan, B. A. Kouamé, J. A. Mamyrbékova-Békro, J. Nemlin and Y. A. Békro, "Chemical composition and antioxidant activities of essential oils of *Xylopiya aethiopica* (Dunal) A. Rich," *European journals of scientific research*, Vol. 37, no 2, pp. 311-318, 2009.
- [13] B. F. Affia, Z. F. Tonzibo, A. M. Koffi, G. F. and Chalardand, "Chemical Composition of essential oil of *Melanthera scandens* (Schum & Thonn) Roberty," *World Applied Sciences Journal*, Vol. vol.15, no 7, pp. 992-995, 2011.
- [14] [Online] Available: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Humulène> (June 17, 2016).

## Induction de cals friables embryogènes chez cinq génotypes d'agrumes

### [ Friable embryogenic callus induction in five citrus genotypes ]

Ouiam Chetto<sup>1-3</sup>, Dominique Dambier<sup>2</sup>, Anas Fadli<sup>1-3</sup>, Majda Sttitou<sup>1-3</sup>, Rachid Benkirane<sup>3</sup>, and Hamid Benyahia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut National de Recherche Agronomique, BP. 257, Kenitra, Maroc

<sup>2</sup>CIRAD, UMR AGAP, F-34398 Montpellier, France

<sup>3</sup>Laboratoire de Biodiversité et Ressources Naturelles, Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, Kenitra, Maroc

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

**ABSTRACT:** The objective of this study is the production of friable embryogenic callus in citrus to having the necessary material for protoplast isolation to be integrated into rootstock improvement program using the asexual pathway. Ovules, embryos and styles explants of Citrus five genotypes: *Poncirus trifoliata*, *Citrus reshni Hort. ex Tan*, *Citrus amblicarpa*, *Citrus volkameriana* and *Citrus paradisi Macf.*, are cultured in MT medium supplemented with 4% sucrose, 0.05% of malt extract and 1% agar was used as basal medium. Hormones (kinetin (Kn), 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) and 6-benzylaminopurine (BAP) were added to this medium at different concentrations. The rate of callus of different explants was evaluated by determining the percentage of callus induction by explant. The conducted experiments show a significant effect of genotype, explant type and hormone combination chosen. Friable callus forms were on the 3 explants with variable frequencies. Embryo explants show is most favorable to the production of friable callus; the best callogenesis is obtained with the culture media containing auxin and cytokinin combined M2 (1mg/l 2,4-D+ 0.5 mg/l BAP) and M3 (1mg/l 2,4-D + 0.5mg/l Kn), by against the style explants and ovule have induced embryogenic calli respectively on the M4 (0.5 mg/l BAP) and M5 (1mg/l Kn) medium.

**KEYWORDS:** Citrus, Friable callus, Hormones, Ovules, Styles and Embryos.

**RESUME:** L'objectif de cette étude est la production de cals friables embryogènes de différents génotypes d'agrumes afin de disposer d'un matériel de base destiné à être intégré dans un programme d'amélioration de porte-greffes par voie asexuée. Des explants d'ovules, d'embryons et de styles de cinq génotypes d'agrumes : *Poncirus trifoliata*, *Citrus reshni Hort. ex Tan*, *Citrus amblicarpa*, *Citrus volkameriana*, et *Citrus paradisi Macf.*, ont été mis en culture sur le milieu MT additionné de 4 % de saccharose, de 0,05 % d'extrait de malt et de 1 % d'agar, a été utilisé comme milieu de base. Les hormones (kinétine (Kn), acide 2,4-dichlorophénoxyacétique (2,4-D) et 6-benzylaminopurine (BAP) ont été ajoutées à ce milieu à différentes concentrations. Le taux de callogenèse de différents explants est évalué par la détermination du pourcentage d'induction des cals par explants. Les expérimentations mettent en évidence un effet marqué du génotype, du type d'explant et de la combinaison hormonale choisie. Des cals friables ont été produits sur les 3 explants avec des fréquences variables. Les explants d'embryon semblent plus favorables à la production des cals friables ; la meilleure callogenèse a été obtenue avec les milieux de culture additionnés d'auxine et de cytokinine combinés M2 (1mg/l 2,4-D+ 0.5 mg/l BAP) et M3 (1mg/l 2,4-D + 0.5mg/l Kn). Par contre les explants de style et d'ovule ont induit des cals embryogènes respectivement sur le milieu M4 (0.5 mg/l BAP) et M5(1mg/l Kn).

**MOTS-CLEFS:** Agrume, Callogenèse, hormones, Ovules, Embryons, Styles.

## 1 INTRODUCTION

L'agrumiculture au Maroc est une source importante de revenus, d'emploi et de sécurité alimentaire et nutritionnelle. En dépit de sa production (2.2 MT) [1] et de son extension, elle souffre de nombreuses maladies et problèmes parasitaires engendrant des pertes avant et après récolte.

Au cours des siècles, l'amélioration des connaissances en génétique a permis à l'Homme de mieux diriger les croisements afin de combiner les caractères les plus favorables. Ceci a conduit pour de nombreuses espèces d'intérêt agronomique à une augmentation de certaines performances, mais aussi parfois à la perte de qualités. Les programmes d'amélioration ont largement exploité la fertilité des agrumes permettant d'améliorer les caractères agronomiques ou pomologiques de certains génotypes [2]. Néanmoins, la recombinaison génétique est limitée par la biologie de la reproduction et la forte hétérozygotie de la plupart des cultivars et porte-greffes [3].

L'amélioration génétique des espèces fruitières pérennes requiert souvent de nombreuses années par voie conventionnelle [4]. Pour surmonter les problèmes de sélection classique, les méthodes s'appuyant sur l'utilisation de la voie asexuée ont émergé et les biotechnologies constituent un des outils les plus importants dans la recherche agricole. Les cals embryogènes d'agrumes offrent de nombreuses perspectives pour la création variétale et la propagation des porte-greffes [5]. Ils constituent un matériel végétal unique et original pour des manipulations génétiques ; et un système cellulaire particulièrement approprié pour l'application des techniques nouvelles, telles que la fusion somatique, la transformation génétique ou l'exploitation de la variation somaclonale pour l'amélioration des porte-greffes [6], [7]. D'autres approches comme la mutagenèse ou l'évaluation in vitro des génotypes vis-à-vis des agents pathogènes sont aussi des outils indispensables pour mieux maîtriser la résistance chez les espèces d'agrumes [8], [9].

La mise en place d'un protocole d'induction de cal friable est une condition préalable essentielle pour exploiter l'amélioration en contournant la voie sexuée.

L'initiation de la callogenèse dépend de nombreux facteurs : nature et concentration d'hormones ajoutées au milieu de culture, génotype et types d'explants. La présente étude porte sur l'effet de ces facteurs sur l'induction de cals friables chez 5 génotypes d'agrumes.

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 MATÉRIEL VÉGÉTAL UTILISÉ ET MÉTHODE DE DÉSINFECTION

Le matériel végétal utilisé a été collecté sur des arbres cultivés en plein champ appartenant à la collection de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) de Kenitra. Cinq génotypes d'agrumes ont été sélectionnés dans le cadre de cette étude : *Citrus reshni Hort. ex Tan* (Mandarine Cléopâtre), *Citrus amblicarpa* (Mandarine Nasranan), *Citrus volkameriana*, *Poncirus trifoliata*, et *Citrus paradisi Macf.* (Pomelo Marsh).

Des ovules non développés prélevés sur de petits fruits âgés de cinq semaines après anthèse [5], et des graines de fruits matures ont été stérilisées en surface par immersion pendant 10 minutes dans une solution d'hypochlorite de sodium à 10 %, suivie de trois rinçages de 10 min dans de l'eau distillée stérile. Les fleurs recueillies avant l'ouverture, au cours de la période de pleine floraison ont été désinfectées par immersion pendant 30 s dans 70 % d'éthanol, 15 min à 0.3 % (p/v) d'hypochlorite de sodium, suivi de trois rinçages de 5 min dans de l'eau distillée stérile.

Fragments de styles, ovules et embryons ont été excisés à l'aide de pinces et de scalpels stériles et placés dans des boîtes de Pétri contenant les différents milieux.

### 2.2 MILIEUX ET CONDITIONS DE CULTURE

Le milieu de base utilisé était le milieu MT [10], additionné de 40 g/l de saccharose, 0.5 g/l d'extrait de malt et de pH ajusté à 5,7. Six milieux différents par la nature et la concentration des régulateurs de croissance ont été préparés (Tab. 1). Ils ont été solidifiés par l'ajout d'agar [Type M Sigma A-4800] à raison de 1 % (p/v) ou de gelrite 0.2 % (p/v) dans le cas de la culture d'ovule. La stérilisation a été effectuée dans un autoclave à 121 ° C pendant 20 minutes.

Les boîtes sont scellées avec du film étirable après mise en culture des explants et placées dans une chambre de croissance obscure thermo-régulée, à  $26 \pm 1$  °C. Le taux de callogenèse des explants est évalué par le rapport du nombre d'explants ayant donné des cals avec le nombre total d'explants mis en culture. Pour chaque type d'explant, nous avons réalisé six lots de 10 boîtes de Pétri contenant chacune 4 explants et 20 pour la culture d'ovules.

**Tableau. 1 Composition hormonale des différents milieux (concentrations en mg.l<sup>-1</sup>)**

Hormone	Milieux de culture					
	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Acide 2,4-dichlorophénoxyacétique (2.4-D)	-	1	1	-	-	1
6-Benzylaminopurine (BAP)	-	0.5	-	0.5	-	-
Kinétine (Kn)	-	-	0.5	-	1	-

### 2.3 CROISSANCE DES CALS

Deux cents mg de cals friables sont déposés dans des boîtes de Pétri contenant les différents milieux utilisés pour l'induction des cals et incubés dans les conditions précédentes, Six répétitions par génotype sont réalisées. Le taux de croissance est déterminé par le rapport  $\left(\frac{[(MF_t - MF_i)]}{30}\right)$  des matières fraîches (MF<sub>t</sub>) à 30 jours et au temps T<sub>0</sub>).

### 2.4 ANALYSES STATISTIQUES

L'analyse statistique des données a été réalisée à l'aide du logiciel STATISTICA version 6.0 selon la procédure ANOVA. Lorsque la valeur de la probabilité P est inférieure à 5 %, l'analyse est complétée par une comparaison de moyennes à l'aide d'un test de Duncan (au seuil de 5 %).

## 3 RÉSULTATS

Les milieux testés avec les différentes balances hormonales ont induit la formation des cals à partir de trois types d'explants (embryon, ovule et style) des cinq génotypes. Dès la première semaine, une réactivité des explants vis-à-vis des milieux de culture est observée, le plus souvent sous forme de gonflement en lien avec les divisions cellulaires internes. Après 10 à 20 jours de contact, des néoformations apparaissent sur certains milieux de culture, sous forme de petits cals, mais aussi parfois un développement de racines et de tiges ou encore la formation d'embryons. Au bout d'un mois, les cals formés présentent des caractéristiques variables de couleur et de texture selon les explants utilisés.

L'analyse de variance a révélé un effet hautement significatif de trois facteurs : le génotype, le type d'explant, la combinaison hormonale mais également l'interaction de ces trois facteurs (Tab.2).

**Tableau 2. Analyse de variance de l'effet d'hormone sur la callogenèse à partir de trois explants prélevés de huit génotypes d'agrumes**

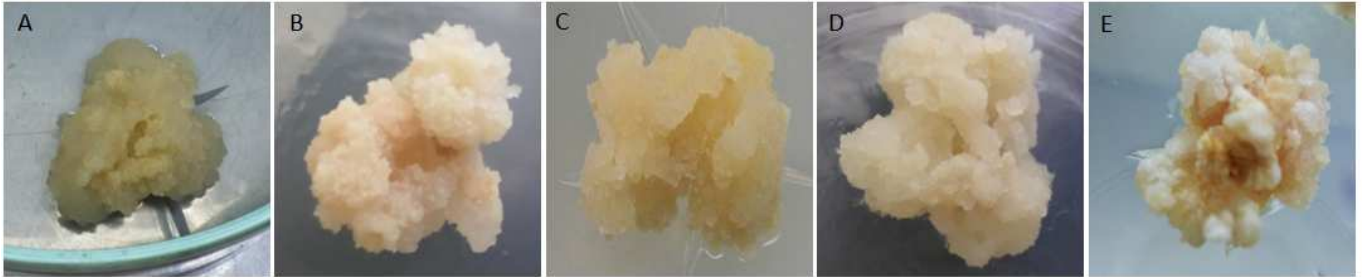
Source	Ddl	F	Pr > F
Milieu	5	51.9	<. 0001
Génotype	4	13.3	<. 0001
Explant	2	123.6	<. 0001
Génotype x Milieu	20	3.04	<. 0001
Génotype x Explant	8	20.2	<. 0001
Explant x Milieu	10	60.2	<. 0001
Génotypes x Milieu x Explants	40	2.98	<. 0001

### 3.1 DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DES CALS

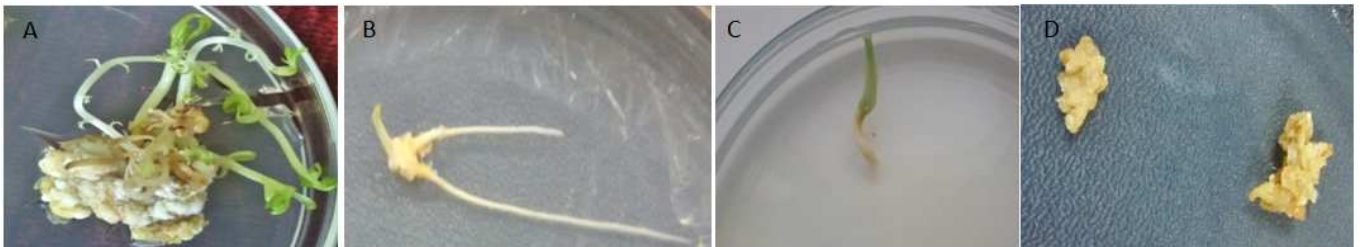
Les cals induits au cours de cette étude présentaient des aspects variables de couleur et texture selon les génotypes et le type d'explant. Les cals issus de culture d'embryons des 3 génotypes - *Poncirus trifoliata*, mandarine Nasnaran et Pomelo Marsh - étaient friables et de couleur jaunâtre tandis que ceux de mandarine Cléopâtre et du citron Volkamer ont produit des cals semi-compacts nodulaires (Fig. 1) de couleur beige parfois brunâtre.

La culture d'ovules sur les différents milieux, a abouti à la formation de cals compacts non-embryogènes avec des cellules densément agrégées, de forme circulaire, la couleur variant du blanc au jaune (Fig. 3). Une croissance importante était observée durant la première semaine après mise en culture puis stoppée pour une partie d'entre eux virant au jaune foncé, après transfert sur un nouveau milieu. En revanche, concernant les mandarines Nasnaran et Cléopâtre, on a observé des cals friables embryogènes de couleur jaunâtre présentant une texture granuleuse.

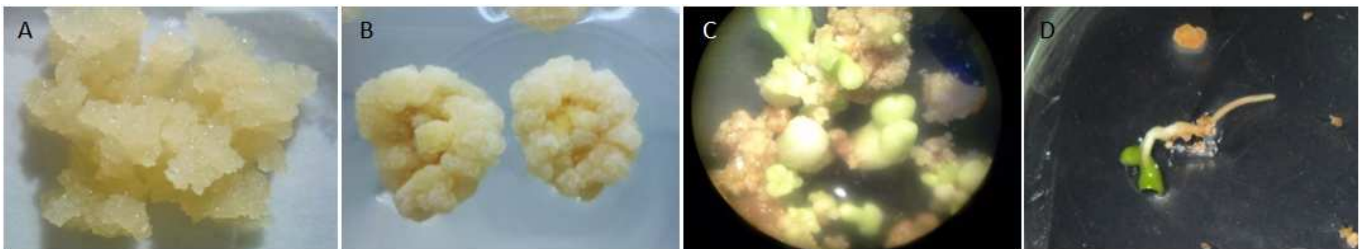
Par ailleurs, les cals obtenus à partir des explants de style étaient soit friables et embryogènes de couleur jaunâtre, pour la mandarine Nasranan (Fig. 4) et le citron Volkamer, soit de texture semi-compacte granuleuse de couleur jaunâtre parfois translucide pour la mandarine Cléopâtre et Pomelo. Seuls, de petites cals dégénérent rapidement étaient observés chez Poncirus.



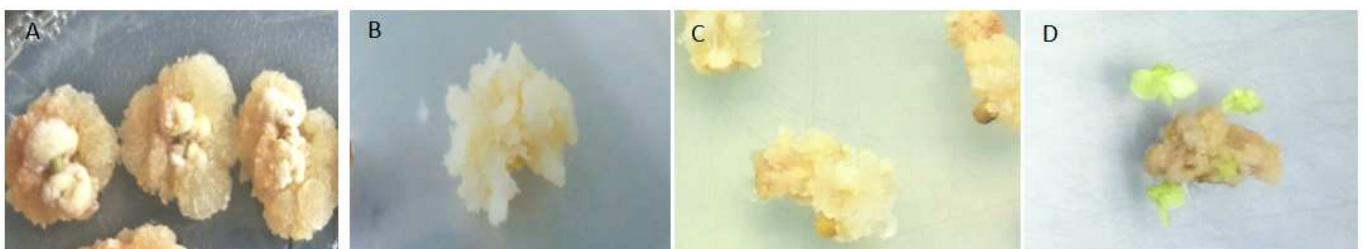
**Fig. 1. Aspect des cals issus de culture d'embryon. A : mandarine Nasranan. B : mandarine Cléopâtre. C : Poncirus trifoliata. D : Pomelo Marsh. E : citron Volkamer**



**Fig. 2. Réponse de différents types d'explants : embryon sur milieu contenant 2,4-D (M6). A : tige et feuilles formées sur un cal. B : formation des racines et la tige. C : germination directe d'un embryon nucellaire sur milieu contenant la kinétine seule (M4 et M5). D : cals produits sur le milieu M6**



**Fig. 3. Aspect des cals issus de culture d'ovules. A : cal friable de mandarine Cléopâtre. B : cals compacts : C : formation d'embryons sur cals friables. D : formation directe d'un embryon de citron Volkamer**



**Fig. 4. Aspect des cals issu de la culture de style. A : cal compact. B et C : cal friable de mandarine Nasranan et citron Volkamer. D : formation des embryons sur le cal de mandarine Nasranan**

3.2 EFFET DU MILIEU SUR LA CALLOGENÈSE

Les résultats de l'analyse de la variance ont révélé un effet hautement significativement de la variable « milieu » sur l'initiation de la callogénèse ( $p < 0.05$  par ANOVA, Tab. 2). Le taux d'induction des cals a fluctué de 0 à 100 % (Fig. 5,6 et 7), ce que révèle la grande influence des hormones sur la callogénèse. En effet, sur le milieu dépourvu d'hormones M1, aucun cal n'a été observé pour les explants d'embryons. L'absence d'hormone a provoqué la germination de ce dernier (Fig. 2). Ces résultats étaient semblables à celles du milieu M4 (0.5 mg/l BAP et M5 (1 mg/l Kn). Les milieux M2 et M3 regroupant l'auxine et la cytokininine permettent d'enregistrer des taux de callogénèse élevés. La culture des embryons sur un milieu M6 (1 mg/l 2,4-D) a permis la formation des cals, mais le taux de ces derniers était faible en comparaison avec les milieux M2 et M3, en plus de la formation des cals, des néoformations racinaires ou caulinaires ont été obtenues (Fig. 2), des fois, on assiste à un arrêt de la croissance des cals.

L'induction de la callogénèse à partir d'ovule a été obtenue avec toutes les combinaisons hormonales testées, mais avec une réactivité variable, qui dépend de génotype (Fig. 6). Ce sont les milieux contenant la cytokininine seule ou combinée avec 2,4-D qui donne le meilleur taux de callogénèse. Parallèlement, nous avons noté la formation des embryons directe ou indirecte sur les cals induits. Toutefois, la fréquence de callogénèse sur le milieu M6 était faible comparativement avec les autres milieux.

Quant aux explants de style (Fig.7), un maximum de callogénèse a été observé sur le milieu M4 et M5 et dans les milieux M2 et M3 chez certains génotypes. Les milieux M1 (sans hormone) et M6 ont montré une faible activité cellulaire durant la période de culture, certains explants ont brunis et se sont desséchés après quelques jours de la mise en culture.

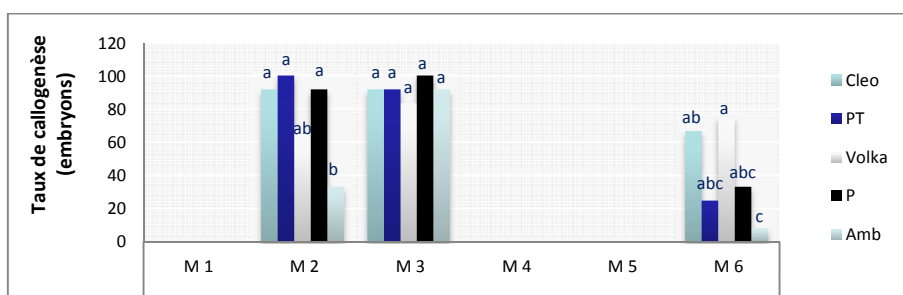


Fig. 5. Pourcentage de cals formés à partir de culture d'embryon de cinq génotypes sur milieu MT additionné de différentes hormones. Les milieux ayant la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 %

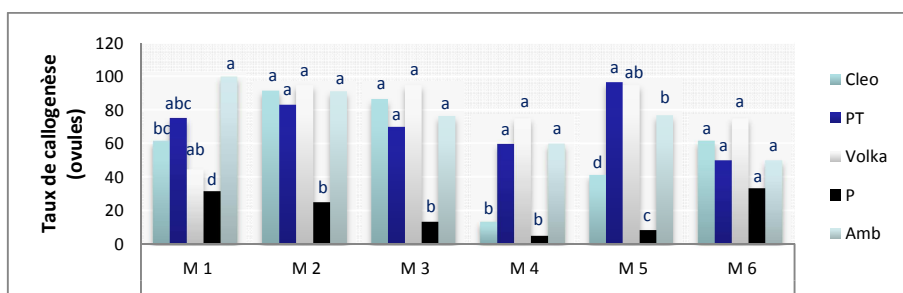


Fig.6. Pourcentage des cals formés à partir de culture d'ovules de cinq génotypes sur milieu MT additionné de différentes hormones. Les milieux ayant la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 %

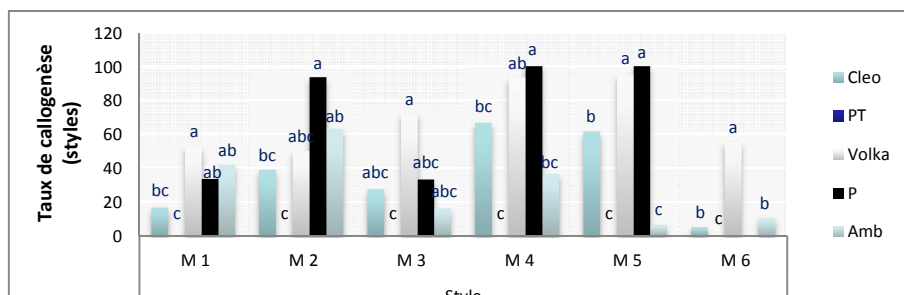


Fig. 7. Pourcentage des cals formés à partir de culture de styles de cinq génotypes sur milieu MT additionné de différentes hormones. Les milieux ayant la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5%

### 3.3 EFFET DU GENOTYPE SUR L'INDUCTION DE LA CALLOGENÈSE

L'expérimentation menée parallèlement sur plusieurs génotypes a mis en évidence l'influence des facteurs génétiques sur l'aptitude callogène ( $p < 0.05$  par ANOVA, Tab. 2). La comparaison des moyennes par le test de Duncan a révélé que la différence entre les moyennes obtenues chez les huit génotypes mis en culture est significative. Nous avons constaté pour les différents milieux de culture que quel que soit l'explant utilisé, une plus forte capacité d'induction de cals était mise en évidence pour les 3 génotypes - citron *Volkamer*, mandarine Cléopâtre et mandarine Nasranan.

Comme indiqué sur la Fig. 6, une faible réponse était observée avec les explants d'ovule de Pomelo Marsh tandis qu'aucune réactivité n'apparaissait avec les explants de styles de *Poncirus trifoliata* (Fig.7).

### 3.4 EFFET DU TYPE D'EXPLANT SUR LA CALLOGENÈSE

Nos résultats ont mis en évidence l'influence du type d'explants sur l'apparition des cals des génotypes étudiés. Une interaction significative ( $P < 0,001$ ) a été notée entre le type d'explant et sa réactivité avec les milieux de culture contenant les hormones. La néoformation de cals pour l'ensemble des explants a commencé au bout de 5-8 jours de culture. Les cals issus de différents explants présentaient une variation morphologique importante. Généralement, les modalités de la callogénèse sont identiques chez ces explants et se traduisent par un gonflement primaire suivi d'une phase de multiplication de cals. L'étude comparative des moyennes de fréquences d'induction de cals montre que l'expression du potentiel callogène est élevée chez les ovules, quel que soit le milieu utilisé, supérieure à celle des styles. Les embryons mis en culture sur les milieux (M1, M4 et M5), ont induit chez tous les génotypes la germination directe des embryons.

### 3.5 EVALUATION DE LA CROISSANCES DES CALS SUR MILIEUX DE MULTIPLICATION

Un taux de callogénèse significativement plus élevé a été observé pour la culture d'ovule. Toutefois, compte-tenu de la texture des cals formés, il n'est pas apparu utile de les maintenir pour la multiplication. Seuls les cals friables ont été conservés. Une subculture des cals issus de culture d'embryons sur les mêmes milieux d'induction n'a révélé aucun changement d'aspect. Seule la croissance a été modifiée.

Une comparaison multiple des moyennes portant sur la matière fraîche des cals des 5 génotypes étudiés, a permis de mettre en évidence l'influence de la combinaison hormonale sur le taux de croissance. D'après les résultats de la figure 8, nous constatons que le taux de croissance des cals issus de culture d'embryons sur milieu M3 (1 mg/l 2,4-D + 0.5 mg/l Kn) est nettement supérieur à celui obtenu pour le milieu M2 (1 mg/l 2,4-D + 0.5 mg/l BAP) et M6 (1 mg/l 2,4-D)., Le taux de croissance le plus élevé a été enregistré pour Pomelo Marsh, suivi de *C. volkameriana*.

En ce qui concerne les cals issus de culture de style, leur croissance est apparue réduite comparativement à celle des cals issus de culture d'embryons. *C. volkameriana* présentait une meilleure croissance sur le milieu M4, et Pomelo Marsh, sur M5. Par contre, les cals de mandarine Cléopâtre ne semblaient pas se multiplier sur tous les milieux.

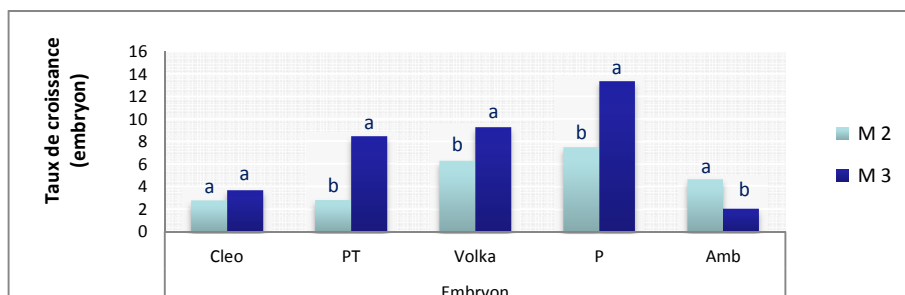


Fig. 8. Influence de la composition du milieu de culture sur le taux de croissance des cals issus de culture d'embryons. Les milieux ayant la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 %.

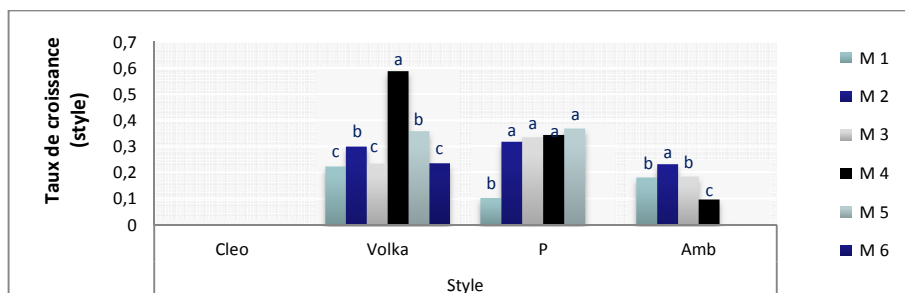


Fig. 9. Influence de la composition du milieu de culture sur le taux de croissance des cals issus de la culture d'embryon. Les milieux ayant la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 %.

#### 4 DISCUSSIONS

Des embryons, des ovules et des styles des cinq génotypes ont été mis en culture sur le milieu MT additionné de différentes combinaisons d'hormone. Après quatre semaines, l'aptitude callogène semble être fortement dépendante de la combinaison hormonale, du type d'explant et du génotype. A la mise en culture des explants, sont associées généralement une dédifférenciation cellulaire et une reprise de l'activité mitotique - callogenèse, organogénèse ou embryogénèse -, suivant les processus physiologiques qui commandent le devenir de cet explant et par modulation de ces trois facteurs [11].

La composition du milieu de culture peut affecter différemment le pouvoir 'callogène' [12], [13]. Le milieu contenant du 2,4-D à 1 mg/l combiné à la BAP ou la Kn (0.5 mg/l) permet la formation des cals friables à partir de la culture d'embryons. Il apparaît nettement que l'association 'auxine-cytokinine' à un effet, sur la callogenèse, l'efficacité du 2,4-D en combinaison avec des cytokinines peut être dû à leur rôle dans la synthèse de l'ADN et la mitose [14]. ce rapport auxine/cytokinine dans le milieu de culture est connu pour jouer un rôle majeur dans la mise en place des cultures de cals chez plusieurs espèces d'agrumes [15], [16], [17], [18], et même chez d'autres espèces ligneuses [19], [20]. Par contre, et bien qu'il soit considéré comme une substance essentielle à la callogenèse, la BAP et la Kn ont stimulé la germination directe des embryons. L'utilisation séparée du 2,4-D dans le milieu s'est traduit par un faible taux de callogenèse; dans ces conditions, les cals obtenus ont montré une potentialité organogène. Des observations similaires [18], [21] ont également été enregistrées. En revanche, d'autres auteurs [22] et [23] ont enregistré chez le limettier Rough lemon et l'oranger doux (*Citrus sinensis*) un pourcentage de cals plus élevé en présence du 2,4-D seul.

Nos essais ont également montré que l'usage d'hormone n'est pas indispensable pour l'induction des cals à partir des explants d'ovule et de style, mais leur utilisation améliore nettement le taux de callogenèse. Les explants manifestent une réponse variable à la callogenèse et sur le plan morphogénétique (aspect, couleur, texture). Des facteurs endogènes comme le niveau des régulateurs de croissance au sein des explants ainsi que leur interaction avec les régulateurs exogènes peuvent influencer la réponse callogène [24], [25]. Les résultats reportés ici indiquent un effet globalement favorable des cytokinines sur la fréquence d'émergence des cals. En outre la kinétine favoriserait chez certains génotypes la production des cals friables embryogènes à partir de la culture d'ovule (Fig.5). De tels résultats avaient précédemment été mis en évidence par [5], [26]. On ce qui concerne les explants de style, l'utilisation d'une faible concentration de BAP semble être efficace dans la stimulation de la formation des embryons somatiques, comme déjà observée par la référence [27]. Les embryons somatiques se sont développés directement sur l'explant ou après passage par une structure cal.

Les différences des taux de callogenèse observées chez les cinq génotypes pour un même type d'explant ont indiqué que la constitution génétique est également un facteur important affectant l'efficacité d'induction des cals, cette différence de réactivité entre génotypes ayant été signalée par de nombreux auteurs [28], [29], [30]. La référence [31] ont constaté des résultats différents sur l'induction de cals après culture d'ovules non fécondés de six cultivars d'orange douce. Toutefois, pour la majorité des génotypes étudiés, la callogenèse à partir de culture d'ovules conduit à la formation des cals compacts circulaires similaires à ceux décrits par la référence [5], seuls deux génotypes de Mandarinier Nasnaran et Cléopâtre ont réussi à produire des cals friables. Les embryons ont donné en général des cals friables présentant des taux élevés de multiplication. En effet, l'étude comparative de l'influence du milieu de culture sur la croissance des cals des génotypes étudiés montre que le milieu M3 est plus efficace que le milieu M2 pour le maintien du statut de 'cal friable'. permettant d'optimiser ce gain sur un cycle de 30 jours. Toutefois, les cals issus de culture de styles étaient en général semi-compacts, de croissance lente, contrairement aux résultats signalés par la référence [32].

## 5 CONCLUSION

Cette étude fait apparaître que l'induction de cals à partir de cultures d'embryons, d'ovules et de styles est conditionnée à la composition du milieu de culture et au type d'explant. Le pourcentage le plus élevé de cals friables à partir de la culture d'embryons, a été obtenu sur le milieu MT additionné de 1 mg/l de 2,4-D + 0,5 mg/l de BAP ou de Kn, l'incorporation de 1 mg/l de kinétine permis l'induction de cals friables sur culture d'ovules. Concernant la culture de styles, 1 à 2 semaines après mise en culture, sont apparus des cals translucides de couleur blanchâtres, semi-compacts évoluant après 6 mois en de petits cals friables.

## REFERENCES

- [1] Bilan de la campagne 2013/2014. Division de l'horticulture. Direction de la Production Végétale. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche maritime.
- [2] Bassene, J. B. B. (2009). Implications des interactions noyaux cytoplasmes et de l'allopolypléidisation et sur l'expression phénotypique et génomique chez les agrumes (Doctoral dissertation, Université de Corse).
- [3] Allario, T. (2009). Identification de déterminants physiologiques et moléculaires de la tolérance à la contrainte saline et au déficit hydrique de porte-greffes autotétraploïdes d'agrumes (Doctoral dissertation, Corte).
- [4] Cameron, J., & Frost, H. B. (1968). Genetics, breeding and nucellar embryony. *The citrus industry*, 2, 325-370.
- [5] Ollitrault, P., Serra, D. D. R., *Citrus crops*. In *Amélioration des espèces végétales cultivées : objectifs et critères de sélection.*, 1992, pp 633-646, 651-653.
- [6] Cabasson, C. (1993). Régénération de la mandarine commune (*Citrus deliciosa Ten.*) par embryogenèse somatique en milieu liquide. Fusions somatiques et essais de transformation génétique. Université de Montpellier 2, Montpellier, FRANCE
- [7] Galiana, A., & Franche, C. (2004). La transformation génétique chez les arbres forestiers : principales stratégies utilisées et leurs applications. *Bois et forêts des tropiques* (282), 51-66.
- [8] Rugini, E., Gutierrez-Pesce, P., Spampinato, P. L., Ciarmiello, A., & D'Ambrosio, C. (1997, September). New perspective for biotechnologies in olive breeding: morphogenesis, in vitro selection and gene transformation. In *III International Symposium on Olive Growing* 474 (pp. 107-110).
- [9] Masuda, T., & Yoshioka, T. (1997). In vitro selection of a mutant resistant to *Alternaria blotch* disease in 'Indo'apple. *Techn. news*.
- [10] Murashige, T., & Tucker, D. P. H. (1969, March). Growth factor requirements of citrus tissue culture. In *International citrus symposium* (Vol. 1, pp. 1155-1169).
- [11] Peters, A. (1986). Quelques aspects de la morphogénèse des ignames cultivées in vitro. Mémoire de fin d'études de l'Institut Supérieur des Techniques d'Outre-mer (ISTOM), 74ème Promotion, 61 p.
- [12] B Altman, A., & Goren, R. (1974). Growth and dormancy cycles in Citrus bud cultures and their hormonal control. *Physiologia plantarum*, 30(3), 240-245.
- [13] Yeoman, M. M., & Aitchison, P. A. (1973). Growth patterns in tissue (callus) cultures. *Plant tissue and cell culture*, 240-268.
- [14] Skoog, F., & Miller, C. O. (1957). Chemical regulation of growth and organ formation in plant tissue cultured. In vitro. *Symp. Soc. Exp. Biol.*, v. 11, p. 118-131.
- [15] Chaturvedi, H. C., & Mitra, G. C. (1974). Clonal propagation of Citrus from somatic callus cultures. *HortSci*.
- [16] Duran-Vila, N., Ortega, V., & Navarro, L. (1989). Morphogenesis and tissue cultures of three citrus species. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 16(2), 123-133.

- [17] Huang, T., Shaolin, P., Gaofeng, D., Lanying, Z., & Gengguang, L. (2002). Plant regeneration from leaf-derived callus in *Citrus grandis* (pummelo): Effects of auxins in callus induction medium. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 69(2), 141-146.
- [18] Benyahia, H., Chetto, O., Dominique D., Froelicher, Y. (2012). Mise au point des conditions de calogénèse, caulogénèse et rhizogénèse chez les porte-greffes d'agrumes à partir d'épicotyle : cas du citrange Troyer. *Journal of Applied Biosciences* 60 : 4375 – 4387. ISSN 1997 –
- [19] Noronha, C., Romano, A., & Martin-Laução M.A., 1992. Influence of growth regulators on shoot proliferation in *Quercus suber* L. *Ann. Bot.*, 70, 513-536.
- [20] Litz, R. E., Hendrix, R. C., Moon, P. A., & Chavez, V. M. (1998). Induction of embryogenic mango cultures as affected by genotype, explanting, 2, 4-D and embryogenic nurse culture. *Plant cell, tissue and organ culture*, 53(1), 13-18
- [21] Label, K., Handaji, N., Brhadda, N., Elsalhi, E.,... & benyahia, H. (2015). Optimisation de l'induction de calogénèse à partir des embryons excisés de mandariniers (*Citrus spp.*). *Journal of Applied Biosciences*, vol. 89, no 1, p. 8300-8310.
- [22] Shawkat, A., Bushramirza 2006. Micropropagation of rough lemon (*Citrus jambhiri* Lush.): Effect of explant type and hormone concentration. *Acta Bot. Croat.* 65 (2), 137–146
- [23] Das, A., Paul, A.K., Chaudhuri, S., 2000. Micropropagation of sweet orange (*Citrus sinensis* Osbeck) for the development of nucellar seedlings. *Indian J. Exp. Biol.* 38, 269–72.
- [24] Jimenez V M (2005) Involvement of plant hormones and plant growth regulators on in vitro somatic embryogenesis. *Plant growth regulations* 47:91-110
- [25] Behar N., Kumar P., Chandel G. (2011). Effect of explant type, genotype and plant growth regulators on morphogenetic potential of flax (*Linum usitatissimum* L.). *Journal of Cell and Plant Sciences*, 2 (1) : 13–18.
- [26] Haouala, F., Farhat, N., & Chabchoub, L. (2010). Effets du type et de la position de l'explant sur l'induction de cals chez le gerbera (*Gerbera jamesonii* Bolus). *Tropicultura*
- [27] Carimi, F., De Pasquale, F., & Crescimanno, F. G. (1995). Somatic embryogenesis in *Citrus* from styles culture. *Plant Science*, 105(1), 81-86.
- [28] Kochba, J., Spiegel-Roy, P., & Safran, H. (1972). Adventive plants from ovules and nucelli in *Citrus*. *Planta*, 106(3), 237-245.
- [29] Gmitter, F.G., & Moore, G.A. (1986). Plant regeneration from undeveloped ovules and embryonic callus of *Citrus*: Embryon production, germination and plant survival. *Plant. Cell. Tissue and Organ Culture*. 6 : 139-147
- [30] Bugam F, Amin MN, Islam S, Azard MAK. & Rehman MM, 2003. in vitro plant regeneration from cotyledon derived callus of three varieties Pummelo (*C. grandis*). *Online Journal of biological Science* 3 (8) : 155-759.
- [31] Benedito, V. A., Mourão Filho, F. D. A. A., & Mendes, B. M. J. (2000). Callus induction, somatic embryogenesis and protoplast isolation from sweet orange varieties. *Scientia Agricola*, 57(1), 33-38.
- [32] Meziane, M., Boudjeniba, M., Frasheri, D., D'Onghia, A. M., Carra, A., Carimi, F.,... & Braneci, S. (2012). Regeneration of Algerian *Citrus* germplasm by stigma/style somatic embryogenesis. *African Journal of Biotechnology*, 11(25), 6666.

## HPLC determination of organic acids in palm saps throughout tapping process

Detto KARAMOKO<sup>1</sup>, Djegba Marie TOKA<sup>2</sup>, Jean-Luc Aboya MOROH<sup>1</sup>, Kofi Alfred KOUAME<sup>2</sup>, and Koffi Marcellin DJE<sup>3</sup>

<sup>1</sup>University Peleforo Gon Coulibaly of Korhogo, Department of Biochemistry and Food Sciences, Laboratory of food Microbiology and Biotechnology, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>University Nangui Abrogoua of Abidjan, Department of Food Sciences and Technology, Laboratory of Biotechnology and food Microbiology, Côte d'Ivoire

<sup>3</sup>Université Nangui Abrogoua d'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:** This study was carried out to determine organic acids in palm saps throughout tapping. Palm wine sample at different stages of processing namely tapping, were collected and analysed for physical, biochemical, nutritional and microbiological parameters (pH, total titratable acidity (TTA), fermenting microorganisms) extracted from two varieties of palm oil tree (*Dura* and *Tenera*). Microbiological and biochemical contents of palm wine were determined during the tapping of *Dura* and *Tenera* felled oil palm trees for 4 weeks. Some differences in chemical compositions between fresh palm wine samples of two palm trees varieties were observed. In addition the results of pH, total titratable acid and organic acids confirmed the importance of lactic acid bacteria in the tapping of palm wine. Organic acids detected in the freshly collected palm wine (first day) included oxalic ( $0.1 \pm 0.01 \text{ g L}^{-1}$ ), citric ( $0.05 \pm 0.02 \text{ g L}^{-1}$ ), tartaric ( $0.31 \pm 0.04 \text{ g L}^{-1}$ ), malic ( $0.5 \pm 0.02 \text{ g L}^{-1}$ ), ascorbic ( $0.05 \pm 0.002 \text{ g L}^{-1}$ ), fumaric ( $0.01 \pm 0.0005 \text{ g L}^{-1}$ ), lactic ( $0.15 \pm 0.02 \text{ g L}^{-1}$ ) and acetic ( $0.1 \pm 0.02 \text{ g L}^{-1}$ ) acids. Propionic acid was detected after 10 days of tapping. However, oxalic, propionic and acetic acids are not native to the exudates but are produced throughout the tapping process, though some may be present in the plant as anions. Throughout the tapping of palm wine, microorganisms population changed with undoubtedly influence on the palm wine quality.

**KEYWORDS:** organic acids, microorganisms, palm wine, palm oil trees.

### 1 INTRODUCTION

Palm wine is the collective name for a group of alcoholic beverages produced by the natural fermentation of the sap obtained from various tropical plants of the *Palmae* family [20]. Palm wine is an alcoholic beverage that is produced and consumed in different regions of the world, according to the country of origin; palm wine is called by different names. The sap of the palm trees, which is originally sweet [3] [1] [16] [24] serves as a rich substrate for the growth of various types of microorganisms. The sap undergoes spontaneous fermentation, which promotes the proliferation of yeasts and bacteria for the conversion of the sweet substrate into several metabolites mainly ethanol, lactic acid and acetic acid [1] [26] [22] [24]. Palm sap fermentation has been reported to be an alcoholic, lactic and acetic fermentation [22], therefore, yeasts, lactic acid bacteria and acetic acid bacteria are considered to play the most important role in the palm wine production. Natural palm sap is clean sweet colorless syrup containing about 10-20% of sugar that exudes from the trunk of the various species of palm tree during tapping operations. It is a cloudy whitish beverage with a sweet alcoholic taste and has a very short shelf life of only one day. The wine is an excellent substrate from a growing palm. It is obtained through the process known as tapping, which involves a series of operations to stimulate the flow of sap [3], such as the perforation of the trunk, insertion of a tube in the hole and collection of the sap in a container (gourd, clay pot, plastic container, glass bottle or calabash) [22]. There are diverse ways of tapping palm trees; they depend on the locality; but in general, two methods are practiced: in the first method the sap is obtained from a live standing tree, such as the Bandji and Toddy production, this process implicates climbing very tall palm trees, and perforate the trunk in the top of the tree for Bandji production [22], or cutting into the end of spadix

from the tender inflorescence of the palm tree (inflorescence tapping) for Toddy production [20] [3] [14]. In the second method the tree is felled or cut down before tapping (stem tapping), such as palm wine from Ghana and Taberna production. The cessation of the flow of palm sap varies according to the palm tree species and from tree to tree; for instance the shorter duration of tapping could be 2 weeks and the longest 8 weeks [4] [1] [24]. Palm wine is collected twice a day, normally in the morning and the evening, it can be either immediately consumed or stored for later sale [12] [24]. Palm wine from Ghana is distilled for gin production called Akpeteshie [1]; similarly, Toddy is also distilled to produce the spirit known as Arrack [3]. Tapping process from a live standing palm tree such as Bandji production from *Borassus akeassii*, has been reported that it is not significantly different of wine production from others types of palm trees where sap is collected from a live upright tree, as the palm wine from *Elaeis guineensis* produced in Ghana [1].

This drink has a significant role in several nutritional, medical, religious and social uses such as traditional wedding ceremonies, traditional religious ceremonies or festivals, prayers and it is good for malaria [21] [6]. The aim of this study was designed to investigate the microbiological and organic acids changes which occur in palm wine during the tapping of two varieties of felled oil palm trees.

## **2 MATERIALS AND METHODS**

### **2.1 MATERIALS AND SAMPLING**

Palm wine samples were obtained during the tapping of 20 palm trees (*E. guineensis*) of two varieties (*Dura* and *Tenera*) at the University Nangui Abrogoua (Côte d'Ivoire) over a period of 5 months. Collection of palm wine during tapping was normally done twice a day by the tapper, but in this study samples were collected at three day intervals each morning of sampling day at 7:00 AM in stomacher bags from the beginning until the end of tapping. These samples were immediately transported to the laboratory for analyses, carried out in replicates.

### **2.2 BIOCHEMICAL ANALYSIS**

#### **2.2.1 DETERMINATION OF PH AND TOTAL TITRATABLE ACIDITY**

The pH of palm wine samples was determined directly using a pH-meter (pH-meter P 107, CONSORT, Bioblock, France) after calibration with standard buffers. Total titratable acidity was determined by titrating samples against 0.1 M NaOH using 1% phenolphthalein as indicator as described by [1] and expressed as percentage of lactic acid.

#### **2.2.2 ORGANIC ACIDS DETERMINATION**

##### **2.2.2.1 SAMPLES PREPARATION**

Samples were centrifuged at 4000 rpm for 20 min and supernatants were filtered through a 0.20 mm Millipore membrane filter (Sartorius AG, Goettingen, Germany) and then stored at 20 °C until analysis.

##### **2.2.2.2 ORGANIC ACIDS CONTENT**

Organic acid were determined by High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) as previously described by [17]. Analyses were carried out with an ion-exclusion ORH-801 column (300-6.5 mm) (Interchrom, France) preceded by a Universal Guard Cartridge- Holder column. The High-Performance Liquid Chromatograph system (LC-6A, Shimadzu Corporation, Japan) was equipped of a Shimadzu LC-6A pump. Column effluents were monitored by a UV detector (SPD-6A, Shimadzu Corporation, Japan) set at 210 nm. The mobile phase (0.004 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) used at a low rate of 0.8 ml/min was filtered through a 0.45 mm Millipore membrane filter (Sartorius AG, Goettingen, Germany). A 20 ml injection volume was used for HPLC samples and the analyses were done in duplicate. The organic acids standards were dissolved in distilled water at concentrations ranging to 0.05-0.4 g L<sup>-1</sup>, filtered and injected as the samples. Organic acids were identified and quantified by comparison of their retention times and peak areas with those of standards.

### **2.3 ENUMERATION OF MICROORGANISMS**

The palm wine samples were shaken by hand in the stomacher bag and tenfold serial dilutions were prepared and spread-plated for determination of micro-organism counts. After dilutions, enumeration of total aerobic mesophile was carried out using plates of Plate Count Agar (PCA, Difco 0479-17-3; Difco Laboratories, Detroit, MI, USA) which were incubated at 30°C

for 2 days. Lactic acid bacteria (gram positive catalase negative rods, cocci and coccoids) were enumerated by pour plate on DeMan, Rogosa and Sharpe Agar (MRS, Merck 10660; Merck KGaA, Darmstadt, Germany) containing  $10 \text{ mg mL}^{-1}$  cycloheximide (ICN 100183 Biomedical Inc., Aurora, OH, USA) to suppress yeast growth after incubation at  $30^\circ\text{C}$  for 3 days in an anaerobic jar with anaerocult A (Merck). Yeasts and moulds were enumerated on plates of Sabouraud Chloramphenicol agar (BIO-RAD, France) which were incubated at  $30^\circ\text{C}$  for 3-5 days. Enumeration of total and faecal coliforms was carried out using plates of Violet Red Bile Lactose agar (VRBL, Merck 10660, Merck, Darmstadt, Germany) which were incubated for 24 h at  $30^\circ\text{C}$  for total coliforms and  $44^\circ\text{C}$  for faecal coliforms. Enterococci species were enumerated on plates of Bile Esculin Azide agar (AES Laboratoire, COMBOURG France) after incubation at  $37^\circ\text{C}$  for 2 days.

#### 2.4 STATISTICAL ANALYSIS

The data obtained were subjected to analysis of variance (Statistica, 99 Edition, Alabama, USA) and mean differences determined by Duncan's multiple range tests. Significance of variations in the analyzed data was tested at 95% confidence limit.

### 3 RESULTS AND DISCUSSION

Organic acids in fresh palm wines collected at every three sampling day intervals during tapping of two varieties of palm tree (*Dura* and *Tenera*) is showed in Table 1. The initial pH were respectively  $5.2 \pm 0.18$  and  $4.64 \pm 0.2$  in *Dura* and *Tenera* variety. Normally, natural palm sap shows approximately a neutral pH; however, in the first days of the tapping process, this value decreases between 5 and 4 and subsequently between 4 and 3 [8] [7] [11] [24]. These changes on pH are due to the organic acids production as a result of the microbial metabolic activity. Lactic acid produced by the lactic acid bacteria has been reported as the main responsible for the acidic condition in palm wine [1] [26] [22] [24]. Throughout the tapping, a subsequent drop of pH associated with an increase of the titratable acidity were observed. During the collecting process, it is highly susceptible to spontaneous yeast-lactic fermentation of the sugary sap. This process is reported to be rapid under sunlight. Sources of fermenting microorganisms are tapping implements (knife and bamboo tube) and air. The weak rate of sugars observed in *Tenera* variety would be had to either to the important chemical changes in the sap herself or either to high loads of microorganisms in a container which converted the fermentable sugars into lactic and acetic acids. Ours results were similar with results obtained by [29] [5] and [1]. The process of tapping of palm wine from felled trees can be considered as semi-continuous fermentation. Periodically (everyday, twice a day), samples were collected and added to the previous samples in a container placed near the tree. In the traditional setting, palm wine tapping instruments, especially receiving vessels are used repeatedly without cleaning the inner surfaces to remove the microbial deposits. So, rapid deterioration of sugary taste is observed shortly after the fresh exudate is obtained. This is the result of fermentation of endogenous sugars by the natural flora of the fermenting sap which is whitish in appearance and also exhibit vigorous effervescence. The results are similar to those obtained by [1]. The pH and total acidity of all palm sap samples were significantly different among the samples ( $P < 0.05$ ) (Fig 1). The pH values of all palm sap samples varied from 5.23 to 3.43 while total acidity found in a range from 0.17% to 0.88%, as calculated based on lactic acid equivalence, since lactic acid is the main organic acid presented in palm sap [23] [12]. Microorganisms, mainly lactic acid bacteria produced organic acids (mainly lactic acid), which then increase in total acidity and decrease in pH value. Hence, a high percentage of total acidity and low pH indicates the initial fermentation step of palm sap, for example, during collecting time. In addition the results of pH, total titratable acid and organic acids confirmed the importance of lactic acid bacteria in the tapping of palm wine. In fact, lactic acid bacteria were considered to be responsible for the rapid acidification of the product as the acetic acid bacteria were not isolated in the palm wine samples on the first days of tapping (Fig 2). The results are similar to those obtained by [1].

Table 1 : Organic acids obtained in palm in every day during tapping of two varieties of palm tree

Varieties	Days of sapping										
	1	4	7	10	13	16	19	22	25	28	
Ac. Ox	Dura	0,09 ± 0,01	0,1176 ± 0,02	0,129 ± 0,02	0,156 ± 0,01	0,196 ± 0,01	0,109 ± 0,02	0,087 ± 0,01	0,052 ± 0,01	0,049 ± 0,01	0,026 ± 0,01
	Tenera	0 ± 0	0,3173 ± 0,02	0,3462 ± 0,01	0,253 ± 0,02	0,1929 ± 0,02	0,1259 ± 0,02	0,1022 ± 0,01	0,0519 ± 0,01	0,0797 ± 0,01	0,0659 ± 0,01
Ac. C	Dura	0,0467 ± 0,002	0,0929 ± 0,014	0,201 ± 0,033	0,413 ± 0,011	0,453 ± 0,0135	0,484 ± 0,024	0,397 ± 0,04	0,374 ± 0,05	0,358 ± 0,02	0,324 ± 0,04
	Tenera	0,0302 ± 0,021	0,0712 ± 0,013	0,0879 ± 0,026	0,121 ± 0,04	0,181 ± 0,03	0,183 ± 0,04	0,272 ± 0,027	0,411 ± 0,013	0,597 ± 0,03	0,662 ± 0,019
Ac. T	Dura	0,312 ± 0,04	0,342 ± 0,03	0,442 ± 0,01	0,513 ± 0,03	0,785 ± 0,06	1,018 ± 0,04	0,864 ± 0,02	0,7797 ± 0,03	0,78 ± 0,04	0,705 ± 0,02
	Tenera	0,22 ± 0,02	0,259 ± 0,03	0,282 ± 0,02	0,161 ± 0,01	0,137 ± 0,02	0,136 ± 0,02	0,136 ± 0,03	0,113 ± 0,01	0 ± 0	0 ± 0
Ac. M	Dura	0,469 ± 0,02	0,598 ± 0,05	0,803 ± 0,07	0,952 ± 0,06	0,725 ± 0,09	0,698 ± 0,05	0,632 ± 0,04	0,469 ± 0,08	0,366 ± 0,09	0,336 ± 0,08
	Tenera	0,68 ± 0,05	0,855 ± 0,08	1,255 ± 0,07	0,895 ± 0,06	0,801 ± 0,06	0,75 ± 0,05	0,646 ± 0,03	0,567 ± 0,03	0,503 ± 0,02	0,351 ± 0,03
Ac. Asc	Dura	0,025 ± 0,002	0,03 ± 0,002	0,03 ± 0,014	0,04 ± 0,003	0,05 ± 0,004	0,072 ± 0,021	0,09 ± 0,008	0,13 ± 0,002	0,14 ± 0,001	0,17 ± 0,003
	Tenera	0,685 ± 0,02	0,57 ± 0,03	0,38 ± 0,02	0,23 ± 0,06	0,16 ± 0,04	0,13 ± 0,02	0,12 ± 0,02	0,131 ± 0,03	0,09 ± 0,02	0,13 ± 0,04
Ac. L	Dura	0,149 ± 0,02	0,197 ± 0,06	0,359 ± 0,11	0,396 ± 0,12	0,638 ± 0,13	0,928 ± 0,13	0,74 ± 0,11	0,54 ± 0,12	0,473 ± 0,1	0,402 ± 0,11
	Tenera	0,197 ± 0,02	0,274 ± 0,24	0,621 ± 0,03	1,687 ± 0,06	0,885 ± 0,09	0,597 ± 0,03	0,429 ± 0,03	0,38 ± 0,05	0,3 ± 0,04	0,17 ± 0,05
Ac. A	Dura	0,101 ± 0,06	0,299 ± 0,06	0,326 ± 0,09	0,406 ± 0,02	0,521 ± 0,02	0,654 ± 0,05	0,698 ± 0,08	0,735 ± 0,08	0,752 ± 0,03	0,767 ± 0,05
	Tenera	0 ± 0	0,15 ± 0,05	0,227 ± 0,05	0,455 ± 0,08	0,713 ± 0,06	0,824 ± 0,05	0,87 ± 0,02	0,921 ± 0,02	1,091 ± 0,02	1,24 ± 0,06
Ac. F	Dura	0,012 ± 0,0005	0,011 ± 0,0005	0,0009 ± 0,0001	0,007 ± 0,0001	0,007 ± 0,0005	0,005 ± 0,0006	0,004 ± 0,0005	0,004 ± 0,0002	0,004 ± 0,0005	0,003 ± 0,0004
	Tenera	0,014 ± 0,0002	0,013 ± 0,0006	0,009 ± 0,0005	0,009 ± 0,0005	0,009 ± 0,0008	0,007 ± 0,0005	0,006 ± 0,0001	0,005 ± 0,0004	0,005 ± 0,0001	0,004 ± 0,0005
Ac. P	Dura	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0,006 ± 0,0004	0,008 ± 0,005	0,009 ± 0,003	0,022 ± 0,006	0,06 ± 0,005	0,072 ± 0,004
	Tenera	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0

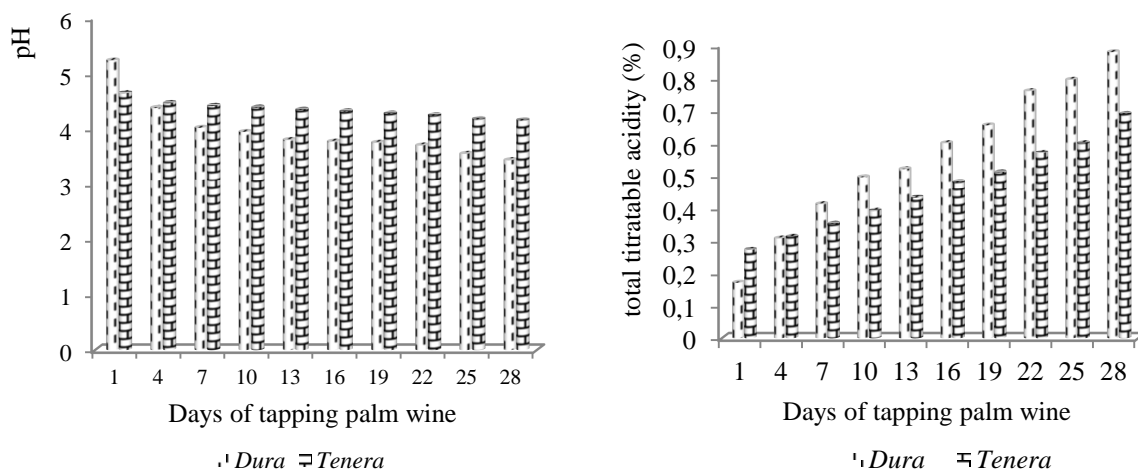
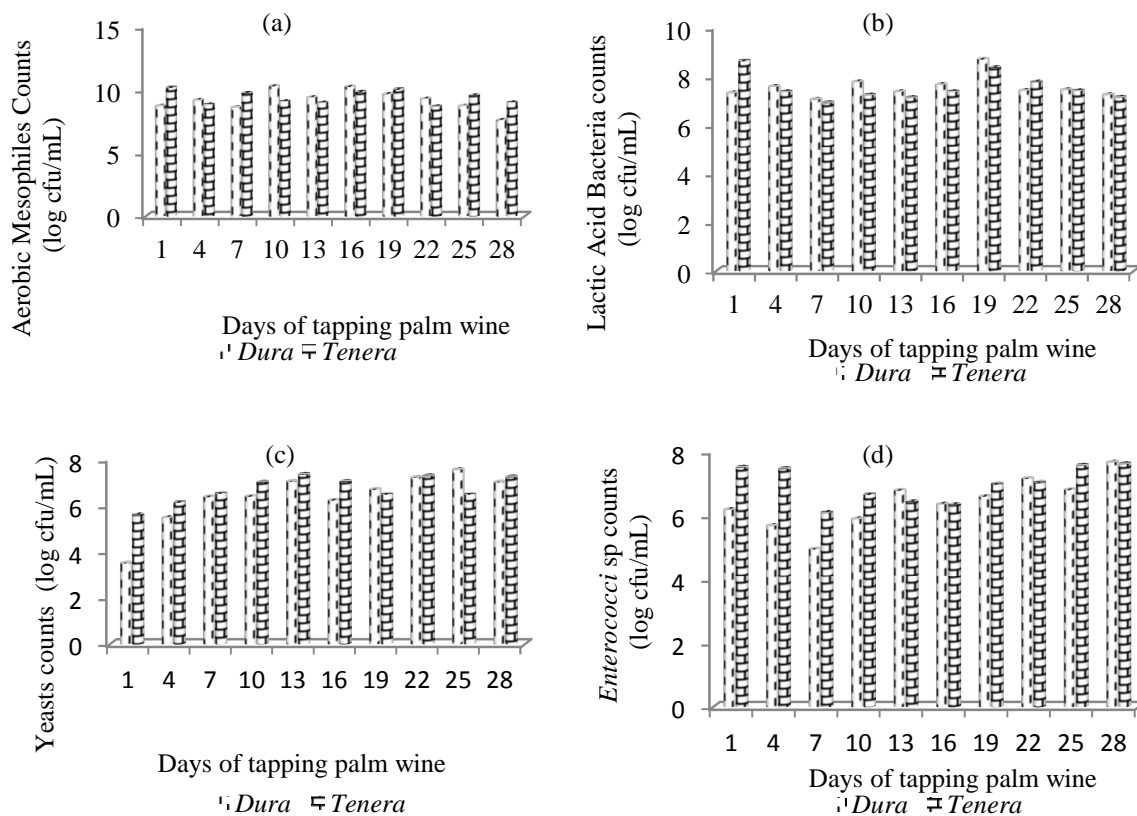


Fig. 1 : Changes in pH and total titratable acidity content during the tapping of different palm wine samples.



**Fig. 2: Mean values of the population of various microorganisms in different samples of palm wine during the tapping (a) Aerobic mesophiles, (b) lactic acid bacteria, (c) yeasts, (d) Enterococcus sp.**

The organic acids of fresh palm wines collected during tapping are showed in Fig 3. Organic acids detected in the freshly collected palm wine (first day) included oxalic ( $0.1 \pm 0.01 \text{ g L}^{-1}$ ), citric ( $0.05 \pm 0.02 \text{ g L}^{-1}$ ), tartaric ( $0.31 \pm 0.04 \text{ g L}^{-1}$ ), malic ( $0.5 \pm 0.02 \text{ g L}^{-1}$ ), ascorbic ( $0.05 \pm 0.002 \text{ g L}^{-1}$ ), fumaric ( $0.01 \pm 0.0005 \text{ g L}^{-1}$ ), lactic ( $0.15 \pm 0.02 \text{ g L}^{-1}$ ) and acetic ( $0.1 \pm 0.02 \text{ g L}^{-1}$ ) acids. Propionic acid was detected after 10 days of tapping. Throughout the tapping, a subsequent drop of fumaric acid (Fig 3 h) content associated with an increase of acetic, propionic and ascorbic acid rate were observed. Ascorbic acid (Fig 3 g) content in *Tenera* oil palm trees was higher than this of *Dura*. The high concentration of ascorbic acid detected in *Tenera* freshly palm wine could be explained by the fact that some microorganisms during their growth, produced organic acids such as ascorbic acid. Moreover, the increase of other organic acids throughout the tapping can be explained by the fact that they are present naturally in palm wine and can be produced in sufficient quantity in this process. The fact that palm wine contained ascorbic acid could be of great interest and might have positive effects on maternal iron deficiency [31]. The other organic acids increased within 16 days and then decreased throughout the tapping. The increase of the other organic acids throughout the tapping could suggest that these acids are native to the exudates and are also produced abundantly during the process. The results were similar to those obtained by [2] [25] [11].

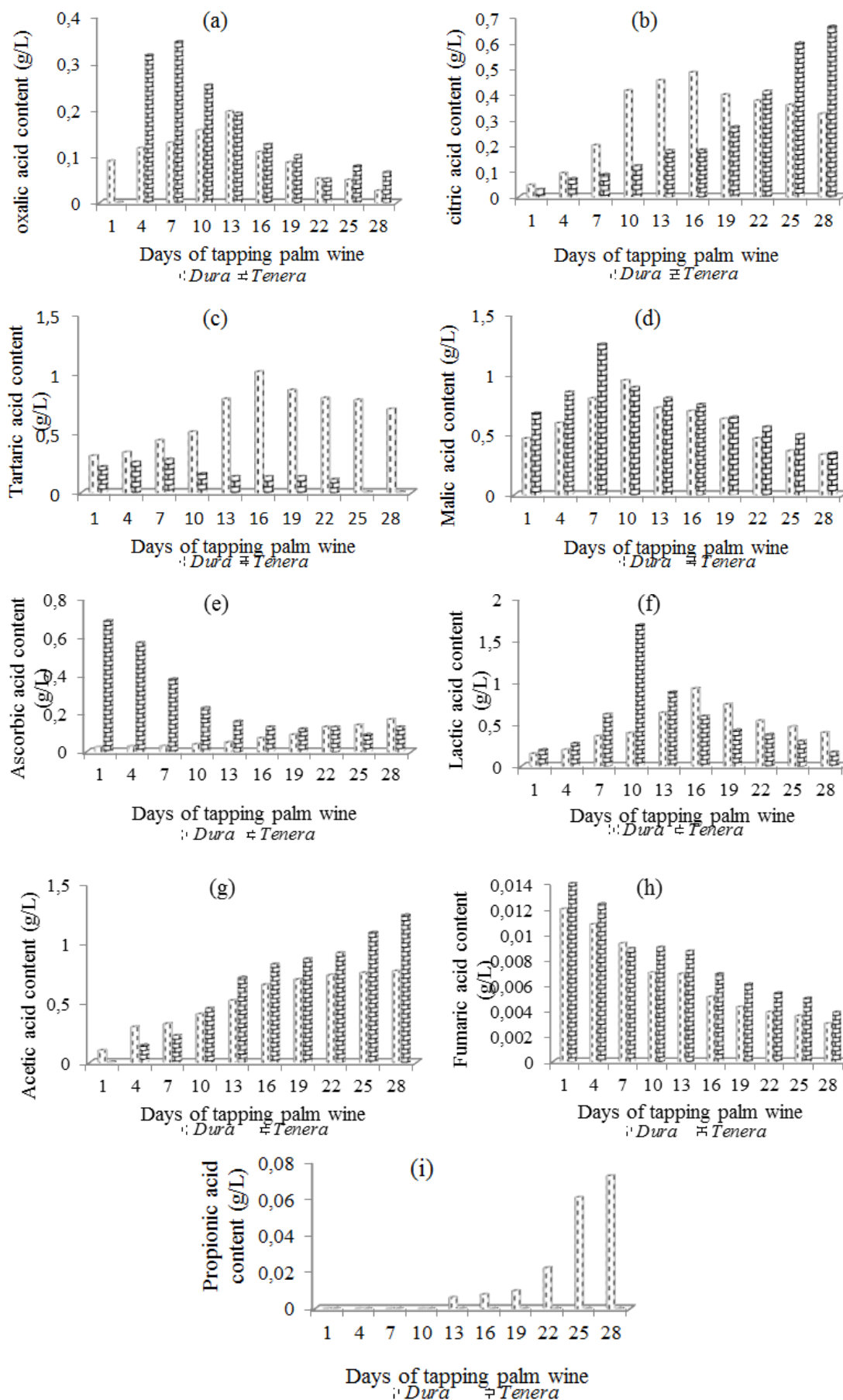


Fig. 3 : Changes in organic acids content during the tapping of different palm wine samples.(a) : oxalic, (b) : citric, (c) : tartaric, (d) : malic, (e) : ascorbic, (f) : lactic, (g) : acetic, (h) : fumaric, (i) : propionic acids.

Lactic acid produced by the lactic acid bacteria has been reported as the main responsible for the acidic condition in palm wine [1] [26] [24] e.g. in the palm wine of *Elaeis guineensis* the percentage of lactic acid after the first few days of tapping was between 0.1 and 0.3% [1], similarly in the palm wine of *Acrocomia aculeata*, the lactic acid concentration varied in the range of 0.26 to 0.48%, through the tapping process [24]. This lactic acid concentration decreased the pH in the medium in an approximately 24 h and after that the pH is stabilized at 4 and 3 [8] [1] [24]. The second organic acid produced in the palm wine is the acetic acid, with a concentration of about 0.02 to 0.4% [1] [22]. According to [9], this acetic acid concentration in the palm wine are acceptable by the consumers but, when the concentration exceeds 0.6% the beverage becomes unacceptable [1].

However, oxalic, propionic and acetic acids are not native to the exudates but are produced throughout the tapping process, though some may be present in the plant as anions neutralized by cations such as potassium [30]. Their content increased to reach  $0.07 \pm 0.1 \text{ g L}^{-1}$  of propionic acid in the sap collected in *Dura* palm wine,  $0.19 \pm 0.02 \text{ g L}^{-1}$  of oxalic and  $1.24 \pm 0.06 \text{ g L}^{-1}$  of acetic acid in *Tenera* palm wine throughout the tapping. Moreover, the finding of a considerable amount of acetic acid in palm wine is not an indication of spoilage by acetic acid bacteria as is the case in conventional wines and as previously assumed for palm wine. Also, as acetic acid was present in all the mature palm wine samples, it was considered as part of the aroma of palm wine. [32] has shown that when fructose is available in wines and lactic acid bacteria are able to grow, they can produce equimolar amounts of acetic acids from fructose and this could constitute a serious source of acetic acid in the wine. The fructose produced early in palm wine fermentation as a by-product of dextran synthesis by lactic acid bacteria were likely to have been used in this way by the same bacteria to produce lactic and acetic acids. This indicated the existence of acetic acid bacteria such as *Acetobacter* sp. In addition, acetic acid was also produced by lactic acid bacteria through heterofermentation [28] [16]. The important increase in organic acid contents could undoubtedly have inhibitory effects on microbial growth, particularly those which do not support high acid conditions. Indeed, an initial increase followed by a decrease in coliforms loads and the disappearance of sulphite-reducing bacteria after only 4 days of tapping were observed (Fig. 4). This is in accordance with the death kinetics reported in similar natural fermented plant materials [18] [13]. According to [12], only  $1 \text{ g L}^{-1}$  of undissociated citric acid can inhibit a significant concentration of enterobacteria. Moreover ascorbic acid, like many other edible organic acids, has been reported to inhibit the growth of many foodborne pathogenic and spoilage bacteria [10].

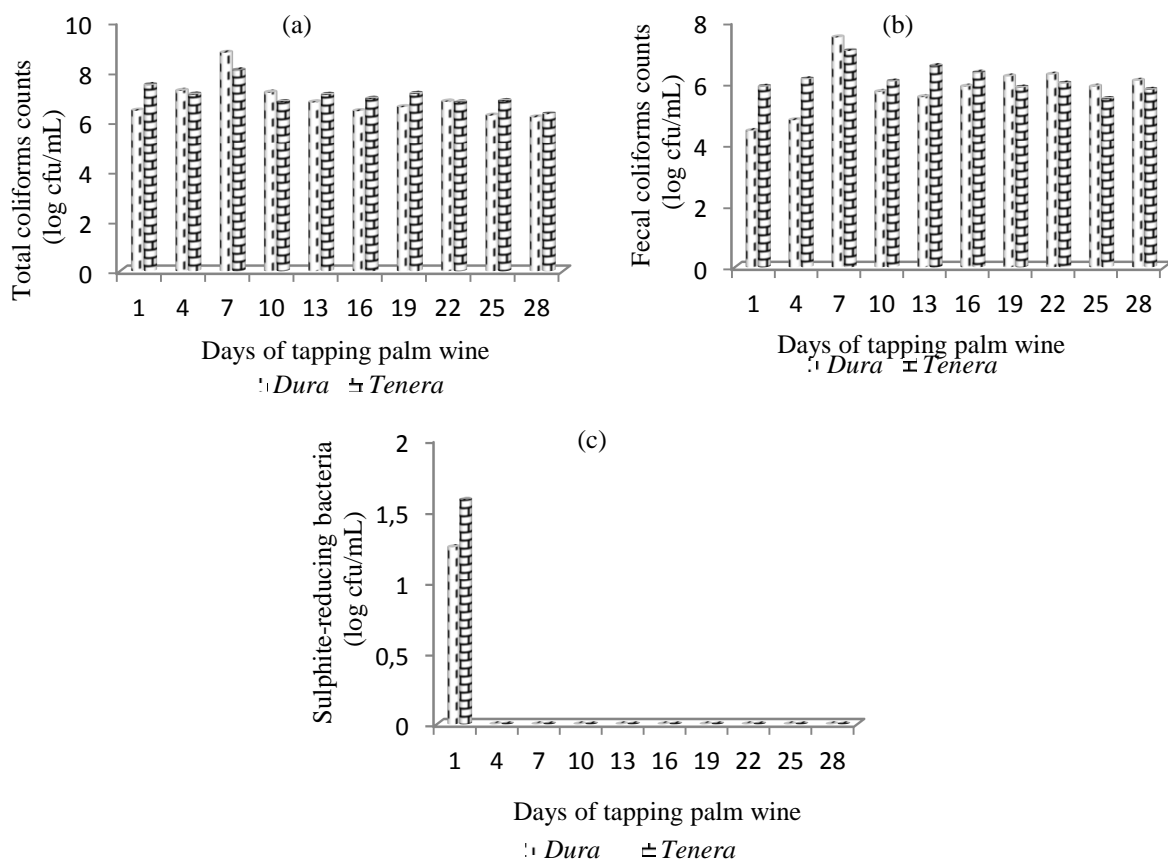


Fig. 4: Mean values of the population of various micro-organisms in different samples of palm wine

The sap of the palm tree has been shown to be a rich medium capable of supporting the growth of various types of microorganisms, as high numbers of aerobic mesophiles, lactic acid bacteria, yeasts, *Enterococci*, coliforms and sulphite reducing bacteria were found in palm wine during tapping. In discussing the population of the various microorganisms in palm wine, the following factor appears important. That to prevent insect and larvae infestation and also facilitate the oozing of the sap, the tapper cuts thin slices off the walls of the receptacle daily to expose a fresh layer. This physically removed the microbiota that had colonized the walls of the receptacle, thus reducing the microbial load in the chamber. In spite of all measures, the microorganism colonizes the palm wine. This could be explained by the results presented in Fig. 2 and 4, which showed that these micro-organisms in fresh palm wine might have originated from those that colonize those parts of the palm stalk of the male inflorescence, the leaf petiole, the felt (afabric-like outgrowth of the frond petiole used to cover the tapping hole), the cross strips and xylem stream which are covered with fluffy hairy outgrowths. Our results are similar to those obtained by [9]. Some of them were also brought by the tapper, tapping materials and insects attracted by the sap sugar (Fig. 2 and 4). Our results showed high loads of microorganisms already the first day in palm wines of both varieties (*Dura* and *Tenera*). Microbiological examination of *Tenera* palm wine samples recorded aerobic mesophilic counts of  $10.2 \pm 0.1 \log \text{ cfu mL}^{-1}$ . Yeast counts was  $5.6 \pm 0.3 \log \text{ cfu mL}^{-1}$ , lactic acid bacteria counts was  $8.6 \pm 0.2 \log \text{ cfu mL}^{-1}$ , *Enterococci* species counts  $7.5 \pm 0.2 \log \text{ cfu mL}^{-1}$ . Total coliforms and fecal coliforms counts from palm wines were  $7.5 \pm 0.2 \log \text{ cfu mL}^{-1}$  and  $5.9 \pm 0.2 \log \text{ cfu mL}^{-1}$  respectively. Throughout tapping of *Dura* palm wine, a drastic increase was observed in yeast loads from average values of  $3.5 \pm 0.3$  to  $7.5 \pm 0.2 \log \text{ cfu mL}^{-1}$  after 25 day (Fig. 2c). It is possible that differences in the chemical composition of palm wine tapped from *Dura* and *Tenera* oil palm trees favour the evolution of yeast biota. During the first week of competition between microorganisms in successive fermentations was unfavorable of *Enterococci*, coliforms (total and fecal) and sulphite reducing bacteria. The second week was characterized by a decrease in the profit of coliforms and *Enterococci* training decrease in pH and an increase of ethanol in palm wines. The decrease of pH and increase of titratable acid allow acidification palm wine provided by the population of lactic acid bacteria founded in the palm wine samples, which was very little during the semi-continuous fermentations. Indeed, microorganisms such as lactic acid bacteria produce organic acids including lactic allowing increased titratable acidity and therefore lower pH.

Therefore, high titratable acidity and the low pH of palm wine obtained indicate that initial fermentation of the sap was done before collection. As the results of pH, titratable acidity and lactic acid confirm the presence of lactic acid bacteria in palm wine. Similar observations were reported by [1], who confirm that the lactic acid bacteria were considered to be responsible for the rapid acidification of the product as the acetic acid bacteria were not isolated in the palm wine samples on the first day of tapping. The increase in acidity indicates production of acid in palm wine as had previously indicated work done by [21] and [19]. A substantial part of coliforms and sulphite reducing bacteria were present in the different saps with the highest loads in those collected in *tenera* palm wine when compared with corresponding values for *dura* palm wine (Fig. 4). The presence of coliforms in the palm wines could be explained itself by a human or animal fecal contamination on the place of tapping and also by the presence of bugs attracted by sugars contained in palm wines. Our results agree with those of [27]. In addition the occurrence of coliforms and sulphite reducing bacteria are evidence of poor hygiene conditions of some of the palm wine sampled. These microorganisms may be contaminants from untreated container normally used in tapping palm wine by the tappers [15].

#### 4 CONCLUSION

Palm wine is the collective name for a group of alcoholic beverages produced by the natural fermentation of the sap obtained from various tropical plants of the *Palmae* family (Okafor, 1978). Palm wine is an alcoholic beverage that is produced and consumed in different regions of the world, according to the country of origin; palm wine is called by different names. The chemical composition of the palm sap is very similar among different species of palm trees. Palm wines collected during tapping contains many organic acids such as oxalic, citric, tartaric, malic, ascorbic, fumaric, lactic, acetic and propionic but propionic acid was detected after 10 days of tapping. The composition of palm wine depends of several factors such as the acidity and microorganisms. The important increase in organic acid contents could undoubtedly have inhibitory effects on microbial growth, particularly those which do not support high acid conditions. Therefore, further studies on their technological properties could help to elucidate the involvement of these micro-organisms in the food safety and the improvement of the consumer digestion; as palm wine is consumed with its wild micro-organisms generally without any toxicity has been observed.

## REFERENCES

- [1] Amoa-Awua, W.K., Sampson, E. & Tano-Debrah, K., 2007. Growth of yeasts, lactic and acetic bacteria in palm wine during tapping and fermentation from felled oil palm (*Elaeis guineensis*) in Ghana. *Journal of Applied Microbiology*. 102, 599-606.
- [2] Akalin, A.S., Gönç, S. & Akbast, Y., 2002. Variation in organic acids content during ripening of pickled white cheese. *Journal of Dairy Science*. 85, 1670-1676.
- [3] Atputharajah, J. D., Widanapathirana, S. and Samarajeewa, U., 1986. Microbiology and biochemistry of natural fermentation of coconut palm sap. *Food Microbiology* (3) 4: 273-280.
- [4] Balick, M.J. 1990. Production of coyol wine from *Acrocomia mexicana* (arecaceae) in Honduras. *Economic botany* 44 (1): 84-93.
- [5] Borse, B.B., Rao, J.L., Ramalakshmi, K. & Raghavan, B., 2007. Chemical composition of volatiles from coconut sap (neera) and effect of processing. *Food Chemistry*. 101, 877-880.
- [6] Chandrasekhar, H., Sreevani, S., Seshapani, P. and Pramodhakumari, J. 2012. A review on palm wine. *International Journal of Research in Biological Science* 2 (1): 33-38.
- [7] Ezeagu, I.E. & Fafunso, M.A., 2003. Biochemical constituents of palm wine. *Ecology and Food Nutrition*. 42, 213-222.
- [8] Eze, M. O. and Uzoechi, O. 1988. Sugars of the unfermented sap and the wine from the oil palm, *Elaeis guineensis*, tree. *Plant Foods for Human Nutrition* 38 (2): 121-126.
- [9] Faparusi, S.I., 1973. Origin of initial microflora of palm wine from oil palm trees (*Elaeis guineensis*). *Journal of Applied Bacteriology*. 36, 559-565.
- [10] Guenier, A.S., Caillet, S., Ouattara, B., Laleye, L. & Lacroix, M., 2010. Antibacterial capacity of a reconstituted fortified beverage used as a nutritional supplement. *Food Research International*. 43, 2321-2328.
- [11] Karadeniz F., 2004. Main organic acid distribution of authentic citrus juices in Turkey. *Turkey Journal of Agriculture and Forest*. 28, 267-271.
- [12] Karamoko D., Djeni N.T., N'guessan K.F., Bouatenin K. M.J-P. & Dje K.M., 2012. The biochemical and microbiological quality of palm wine samples produced at different periods during tapping and changes which occurred during their storage. *Food Control*. 26, 504-511.
- [13] Masha, G. G. K., Ipsen, M. A., Petersen, M. A., Jakobsen, M., 1998. Microbiological, rheological and aromatic characteristics of fermented 'uji' (an East African sour porridge). *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 14, 451-456.
- [14] Mbuagbaw, L. and Noorduyn, S. G., 2012. The palm wine trade: occupational and health hazards. *International Journal of Occupational and Environmental Medicine* 3 (4): 157-164.
- [15] Murray B. E., 1990. The life and Time of the *Enterococcus*. *Clinical Microbiology Reviews*. 3, 46-47.
- [16] Naknean, P., Meenune, M. and Roudaut, G., 2010. Characterization of palm sap arvested in Songkhla province, Southern Thailand. *International Food Research Journal*. 17, 977-986.
- [17] N'guessan K. F., 2009. *Analyse de quelques paramètres de la fermentation alcoolique conduisant au tchapalo (bière traditionnelle à base de sorgho) et des potentialités à la formulation d'une culture starter à partir de levures isolées*. Thèse de doctorat unique : Université Abobo-Adjamé 1-190.
- [18] Nout, M.J.R., Rombouts, F.M. & Havelaar, A., 1989. Effect of natural lactic fermentation of infant food ingredients on some pathogenic microorganisms. *International Journal of Food Microbiology*. 8, 351-361.
- [19] Obire O., 2005. Activity of yeast species in palm sap obtained from three areas in Edo state, Nigeria. *Journal of Applied Science Environmental Management*. 9, 25-30.
- [20] Okafor, N., 1978. Microbiology and biochemistry of oil palm wine. *Advanced in Applied Microbiology*. 24, 237-256.
- [21] Olasupo, N.A. & Obayori, O.S., 2003. Utilization of palm wine (*Elaeis guineensis*) for the improved production of Nigerian indigenous alcoholic drink Ogogoro. *Journal of Food Processing and Preservation*. 27, 365-372.
- [22] Ouoba, L., Kando, C., Parkouda, C., Sawadogo-Lingani, H., Diawara, B. and Sutherland, J. P. 2012. The microbiology of Bandji, palm wine of *Borassus akeassii* from Burkina Faso: identification and genotypic diversity of yeasts, lactic acid and acetic acid bacteria. *Journal of Applied Microbiology* 113 (6): 1428-144.
- [23] Phaichamnan, M., Posri, W. and Meenune, M., 2010. Quality profile of palm sugar concentrate produced in Songkhla province, Thailand. *International Food Research Journal*. 17, 425-432.
- [24] Santiago-Urbina, J. A., Verdugo-Valdez, A. G. and Ruíz- Terán, F. 2013. Physicochemical and microbiological changes during tapping of palm sap to produce an alcoholic beverage called "Taberna", which is produced in the south east of Mexico. *Food Control* 33 (1): 58-62.
- [25] Soyer, Y., Koca, N. & Karadeniz, F., 2003. Organic acid profile of Turkish white grapes and grape juices. *Journal of Food Composition and Analysis*. 16, 629-636
- [26] Stringini, M., Comitini, F., Taccari, M. and Ciani, M., 2009. Yeast diversity during tapping and fermentation of palm

- wine from Cameroon. *Food Microbiology* 26 (4): 415-420.
- [27] Tchiendji, C. 1985. *Le vin de palme d'Elaeis guineensis*. Thèse Ecole Supérieure Agronomique et des industries alimentaires, Université de Nancy (France) 1-218.
- [28] Tesfaye, W., Morales, M. L., Garcia-Parrila, M. C. and Troncoso, A. M., 2002. Wine vinegar: technology, authenticity and quality evaluation. *Trends in Food Science and Technology*. 13, 12-21.
- [29] Uzochukwu S.V.A., Balogh E., Tucknot O.G., Lewis M.J. & Ngoddy P.O., 1994. Volatiles Constituents of Palm wine and Palm Sap *Journal of the science of food and agriculture*. 94, 405-411.
- [30] Uzochukwu, S.V. A., Balogh, E., Tucknot, O.G., Lewis, M.J., & Ngoddy, P.O., 1997. Volatiles of palm wine using solvent extracts. *Journal of Food Quality*. 20, 483-494.
- [31] Wijaya-Erhardt M., Muslimatun S. & Erhardt J.G., 2011. Fermented soyabean and vitamin C-rich fruit: a possibility to circumvent the further decrease of iron status among iron-deficient pregnant women in Indonesia. *Public Health Nutrition*. 14, 2185-2196
- [32] Whiting, G.C., 1973. Acetification in ciders and perries. *Journal Instrumental Brewing*. 79, 218-226.

## DIVERSITE AGROGENETIQUE DES CULTIVARS LOCAUX DE NIEBE (*VIGNA UNGUICULATA*) A L'EXTREME-NORD DU CAMEROUN

### [ AGROGENETIC DIVERSITY OF LOCAL CULTIVARS OF COWPEA (*VIGNA UNGUICULATA*) IN THE FAR-NORTH REGION OF CAMEROON ]

*Djilé Bouba*<sup>1-3</sup>, *Ousmane Boukar*<sup>1-2</sup>, *Philippe Kosma*<sup>3</sup>, *Ange-Patrice Takoudjou Miafo*<sup>4-5</sup>, and *Ali Madi*<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Plants genetic and biotechnology,  
Agriculture Research for Development Institute (IRAD),  
P.O. Box 33 Maroua, Cameroon

<sup>2</sup>Department of Improvement of Crops,  
International Institute of Tropical Agriculture,  
P.O. Box: 189 Kano, Nigeria

<sup>3</sup>Department of Agriculture, Animal Husbandry and by-Products,  
Higher Institute of the Sahel, University of Maroua,  
P.O. Box: 55 Maroua, Cameroon

<sup>4</sup>Department of Biochemistry, University of Yaoundé I,  
P.O. Box: 812, Yaoundé, Cameroon

<sup>5</sup>Department of Life and Earth Sciences, University of Maroua,  
P.O. Box: 55 Maroua, Cameroon

---

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:** For improvement in cowpea production in Cameroon, the notice of diversity markers within traditional cowpea varieties are necessary. This study aims to identify the markers of agronomical and morphological diversity related to the production of local cowpea cultivars in the Far North Cameroon. 215 local cultivars were collected in the main cowpea production areas. Classifications of these cultivars were carried out based on the morphological characteristics of the seeds and phenotypic characteristics of plant cultivars. This work has confirmed the presence of a high diversity of seeds and cultivars. It appears that 6 phenotypical features of seeds and 5 morphotypical features of plants are critical in cowpea diversity. Late morphotypes (52.31%) and crawling (63.07%) plants with globular shape (57.04%) and white color (87.85%) of seeds are the most cultivated and the most diverse in the region. Cultivars of the Mayo-Sava locality have a significant up rate (64.15 %) and the highest yield of dry seeds (284.68 Kg / Ha) followed by those from Diamaré locality (143.11 Kg / Ha). The reaction of cultivars to diseases is too complex because the resistant and susceptible cultivars are present in all localities. Fungal diseases mostly affect cowpea plants in the region as well as insects causing leaves damages. In order to improve and increase the production of this legume, source of economic income, the selection of early growth high-yielding cultivars that are resistant to diseases and insects and preferable by the population turn to be essential. These cultivars can be popularized to increase the cowpea production in the Far-North region.

**KEYWORDS:** cowpea cultivars, markers, morphotypical features, phenotypical features, local cowpea cultivars.

**RESUME:** Les informations sur les marqueurs de la diversité au sein des variétés traditionnelles de niébé sont nécessaires pour améliorer leur production au Cameroun. Cette étude vise à déterminer les marqueurs de la diversité morphologique et agronomique des cultivars locaux de niébé à l'Extrême-Nord. Des investigations de collectes dans les localités de production du niébé ont permis de réunir 215 cultivars. Les classifications de ces cultivars ont été effectuées sur la base des caractéristiques morphologiques des graines et phénologiques des plants. Ce travail a permis de constater une forte diversité des cultivars. 6 traits phénotypiques des graines et 5 traits morphotypiques des plants marquent la diversité locale du niébé. Les Morphotypes tardifs (52,31%) et rampants (63,07%) avec des graines globulaires (57,04%) et blanches (87,85%) sont les plus cultivés et diversifiés dans la région. Les cultivars issus du Mayo-Sava ont un taux de levé important (64,15%) et le plus haut rendement en graines sèches (284,68 Kg/Ha) suivi de ceux du Diamaré (143,11 Kg/Ha). La réaction aux maladies est complexe car les cultivars résistants et sensibles sont présents dans toutes les localités. Les mycoses affectent le plus les plants de niébé et les insectes, les feuilles. Pour une amélioration de la production du niébé, il serait judicieux de choisir des cultivars de bonnes qualités agrophénotypiques comme les variétés précoces à haut rendement, résistantes aux maladies et insectes ravageurs des organes comestibles et préférables par la population. Ces cultivars pourront faire l'objet de vulgarisations pour une production importante du niébé dans la zone.

**MOTS-CLEFS:** cultivars de niébé, marqueurs, traits morphotypiques, traits phénotypiques, cultivars locaux.

## **1 INTRODUCTION**

Le niébé, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., est une légumineuse à hautes teneurs en protéines utilisées pour l'équilibre nutritionnel des populations des régions dont l'alimentation de base est faite de céréales, racines et tubercules, ne renfermant pas suffisamment des éléments protéiniques [1],[2]. Il est un palliatif aux difficultés écologiques (sécheresse) et économiques (faible revenu) rencontrées par les agriculteurs. Ses feuilles classées parmi les dix légumes-feuilles les plus prisées dans plusieurs pays africains sont utilisées dans les préparations de soupes [3]. Les graines du niébé représentent une précieuse source de protéines végétales, de vitamines et de revenus pour l'homme, ainsi qu'une importante source de fourrage pour les animaux [4], [5]. Au Cameroun, le niébé est très indispensable dans la sécurité alimentaire parce qu'ancré dans les habitudes alimentaires des populations [6]. Cette légumineuse est grandement cultivée dans la partie septentrionale du pays mais aussi à l'Ouest, à l'Est au Nord-Ouest et au Sud-Ouest [7], [8]. Les variétés traditionnelles y sont cultivées sur près de 93,5% des superficies de niébé [9]. Cette légumineuse est caractérisée par une variabilité d'usage et la morphologie des organes consommés (graines, gousses et feuilles) rendant son amélioration difficile [10]. En effet, il existe des variabilités agromorphologiques et de nombreuses formes de cultivars qui freinent l'augmentation de la production du niébé [11]. Face à ce frein de la production, la connaissance des traits qualitatifs et quantitatifs des cultivars locaux est d'une importance majeure dans l'amélioration et l'augmentation durable de la production avenir, important levier pour la sécurité alimentaire et la réduction de la pauvreté en milieu rural. L'objectif majeur de l'étude est de déterminer les différents marqueurs de la diversité variétale de niébé liés à la production des cultivars locaux et leur implication dans l'amélioration de la production. Ceci passera par la collecte, la catégorisation des caractères morphologiques des graines et des plants, des caractères agronomiques des cultivars et la caractérisation phénologique de la diversité de ces cultivars traditionnels.

## **2 MATERIEL ET METHODES**

### **2.1 COLLECTE DES GRAINES DE NIEBE**

A la fin des campagnes 2012 et 2013, des échantillons locaux de niébé ont été collectés auprès des producteurs de vingt quatre villages, choisis suivant la disponibilité des données déjà existantes et l'importance de la culture du niébé dans le système de production de cinq départements de la région de l'Extrême-Nord Cameroun (Figure 1). Au total, 215 cultivars ont été collectés dont 46 dans le Mayo-Kani, 45 au Diamaré, 46 au Mayo-Tsanaga, 49 au Mayo-Sava et 30 au Mayo-Danay. Tous les 215 cultivars ont été utilisés pour ressortir la diversité variétale à partir des graines. La caractérisation des cultivars collectés dans les différentes localités a été effectuée à l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) de Maroua (Extrême-Nord Cameroun).

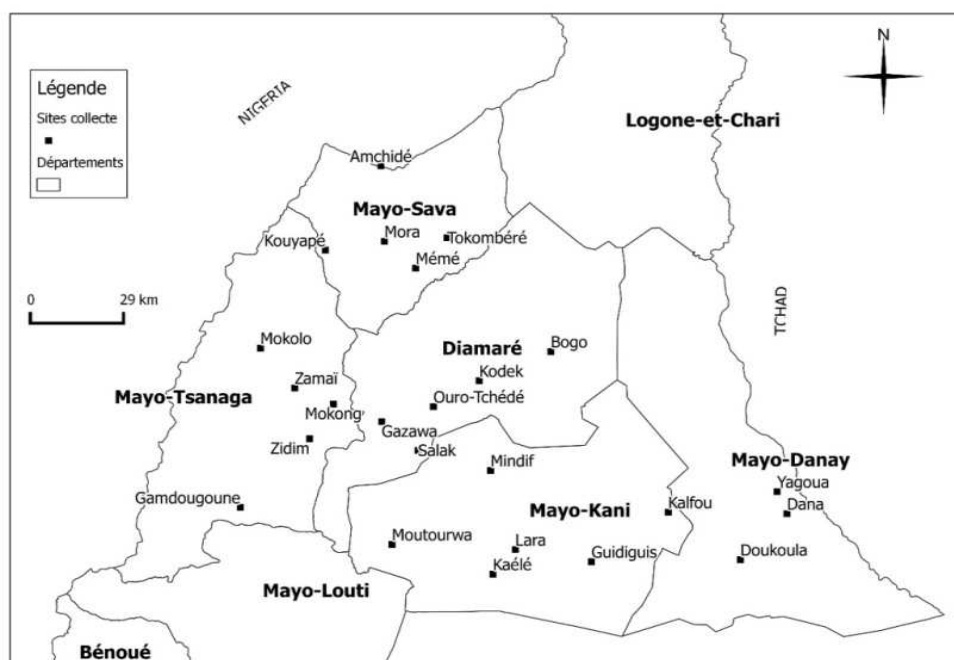


Figure 1. Localités de collecte des cultivars locaux de niébé à l'Extrême-Nord Cameroun

## 2.2 CARACTÉRISATION DES GRAINES

Les graines des différents cultivars collectés ont préalablement été traitées suivant la méthode décrite par Koubala et al [12]. Les graines ont ainsi été triées pour éliminer les débris et les grains infectés puis conservées au congélateur (-20° C) pendant 48 h. Elles ont ensuite été séchées au soleil pendant 2 h pour s'assurer du bon état des graines. La caractérisation des graines a été réalisée par la simple observation des traits morphologiques des graines de cultivars locaux tels que: l'aspect tégumentaire, la couleur du hile, de son auréole et de la circonférence autour du hile, la texture, la forme, la couleur du tégument et la taille des graines [13]. La diversité d'une variable correspond à la somme des diversités de chaque variante obtenue dans différentes localités de la zone d'étude.

## 2.3 EVALUATION DE LA DIVERSITÉ DES CULTIVARS EN CHAMP

L'essai a été conduit dans la ferme d'expérimentation de l'IRAD située à Guiring-Maroua. Un dispositif en parcelle complètement aléatoire en bandes simples sans répétition a été mis en place. Chaque bande renfermait 2 lignes de 400 Cm avec un écart de 100 Cm entre elles et 50 Cm entre les poquets. La surface occupée par chaque cultivar était de 8 m<sup>2</sup> (4 m x 2 m) comportant 18 poquets. La profondeur des poquets était inférieure à 5 Cm. Dans chaque poquet, ont été introduits 4 graines de niébé préalablement traitées suivant la méthode décrite précédemment [12]. La distance entre les bandes expérimentales était de 150 Cm. Le dénombrement des plants levés a été effectué 7 jours après semis (jas). Le démariage a été réalisé 21 jas pour ne laisser que deux pieds par poquet. Le premier sarclage a eu lieu 15 jas et le deuxième 40 jas. Une séparation des plantes était régulièrement effectuée surtout dans les bandes de types rampants [14].

Pour l'échantillonnage et la mesure des paramètres, les observations et mesures ont porté sur 20 plantes étiquetées par variété et par bande. Ces plantes marquées ont été échantillonnées par variété 30 jas. Les paramètres phénotypiques des plants ont été estimés à savoir la couleur des feuilles et du pétiole, la couleur de la fleur épanouie, la couleur de la tige principale et le type de port. Les paramètres agronomiques sont basés sur le nombre de gousses par grappe par plante, la masse des gousses et des graines en kg, le rendement en gousses et en graines exprimés en kg/ha par cultivar. Aussi, les paramètres phénologiques ont été évalués à savoir la date de floraison 5% (date à laquelle une plante a une fleur épanouie sur les 20 plantes marquées), la date de floraison 50% (10 plantes / 20 ayant des fleurs épanouies), la date de floraison 95% (19 plantes portent des fleurs ouvertes sur 20 plantes marquées), ainsi que la date de maturité 5% (une plante/20 possédant une gousse mature), de maturité 50% et de maturité 95% exprimées en jas [15]. En effet, la définition de la diversité des cultivars de niébé à partir de la phénologie, est principalement basée sur les phases de la végétation, floraison et maturité [16]. Les cultivars extraprécoces sont ceux ayant un cycle biologique d'une durée inférieure à 70 jas, les cultivars

précoces un cycle compris entre 70-80 jas, les cultivars intermédiaires un cycle variant entre 80-90 et les cultivars tardifs un cycle de développement supérieur à 90 jas [17].

Les paramètres réactionnels des cultivars à l'égard des maladies et des ravageurs foliaires ont également été évalués. A cet effet, trois notations de réponses à 35, 45 et 55 jas ont été réalisées en observant les symptômes caractéristiques de ces maladies et des ravageurs sur le feuillage. Cette notation a été suivie du dénombrement des plantes attaquées par les maladies et les ravageurs, et leur comportement exprimé en pourcentage de destruction foliaire sur les plantes marquées, selon un relevé chiffré de 1 (absence de maladies et ravageurs, zéro feuillage atteint) à 5 (présence de maladies et ravageurs, feuillages entièrement détruits) formulé par Harahagazwe et al [18]. Les marbrures, taches humides et nécrotiques brunes à jaunes, et les lésions déprimées de diverses couleurs des feuilles ont été utilisées comme indicateurs de différenciation des groupes de maladies virales, bactériennes et fongiques respectivement [19].

## **2.4 ANALYSE STATISTIQUE**

Les résultats groupés en facteurs de variabilité des cultivars ont été analysés à l'aide de logiciel SPSS (Statistical Package for Social Sciences) version 20.0 pour Windows. Les valeurs ont été exprimées en termes de moyenne  $\pm$  écart type. La comparaison des moyennes a été faite en utilisant le test-t de Student et l'analyse des variances (ANOVA) au seuil de signification 5%.

## **3 RESULTATS**

### **3.1 DIVERSITE DE TRAITS MORPHOLOGIQUES DES GRAINES DE NIEBE**

Les graines des cultivars collectés auprès des paysans des différentes localités présentent une très grande diversité morphologique. Ainsi, Trois formes (ovoïde, aplatie et globulaire), 12 colorations tégumentaires, 12 couleurs de la circonférence d'auréole du hile, 5 couleurs du hile, 2 textures (ridée et lisse), 2 densités (compacte et légère), et 4 tailles (grande, moyenne, petite et très petite) des graines ont été observées dans la région (tableau 1). Les colorations tégumentaires (12 variantes), de circonférence d'auréole du hile (12 variantes), constituent les plus importants critères visibles de la diversification des graines devant la coloration du hile (5 variantes) et la taille (4 variantes) des graines. Le pourcentage de marqueurs morphologiques de la diversité des graines de cultivars de niébé dans les localités varie de 0,43% à 90,94%. Les graines de forme globulaire (57,05%), tégument blanc (87,86%), circonférence d'auréole du hile marronne (33,49%), hile blanc (56,93%), texture ridée (90,94%), densité compacte (67,34%) et de taille moyenne (54,47%) constituent les plus importantes des graines de niébé des localités de la région. Les caractères de la diversité des cultivars de niébé sont constitués de plusieurs variantes situées à divers niveaux d'une graine [20]. Leur expression semble être d'origine génétique et d'une variabilité intracultivars. En outre, la diversité des cultivars à travers les graines est spécifique à un milieu agroécologique donné [21], [22]. Ainsi, dans la région, la localité du Mayo-Tsanaga domine en cultivars ayant une circonférence d'auréole du hile colorée, une pigmentation et un aspect de graines diversifiés (tableau 1). Dans l'ensemble, les traits morphologiques des graines mettent en exergue l'hétérogénéité existant au sein des cultivars de niébé détenues par les paysans.

Tableau 1: Composantes de la diversité morphologique de graines des cultivars (%)

Traits morphologiques des graines	Localités de collecte des cultivars de niébé					Moyenne
	Mayo-Kani	Diamaré	Mayo-Tsanaga	Mayo-Sava	Mayo-Danay	
<b>Formes</b>						
Ovoïde	13,04 <sup>a</sup>	8,88 <sup>a</sup>	17,39 <sup>b</sup>	12,24 <sup>a</sup>	24,13 <sup>c</sup>	<b>15,13</b>
Aplatie	34,78 <sup>d</sup>	28,88 <sup>b</sup>	23,91 <sup>a</sup>	20,40 <sup>a</sup>	31,03 <sup>c</sup>	<b>27,80</b>
Globulaire	52,17 <sup>a</sup>	62,22 <sup>c</sup>	58,69 <sup>b</sup>	67,34 <sup>c</sup>	44,82 <sup>a</sup>	<b>57,05</b>
<b>Couleurs du Tégument</b>						
Blanc	97,82 <sup>b</sup>	93,33 <sup>b</sup>	76,08 <sup>a</sup>	75,51 <sup>a</sup>	96,55 <sup>b</sup>	<b>87,86</b>
Marron	0,00 <sup>a</sup>	2,22 <sup>a</sup>	2,17 <sup>a</sup>	6,12 <sup>c</sup>	3,45 <sup>b</sup>	<b>2,79</b>
Noir	0,00 <sup>a</sup>	2,22 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	2,04 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	<b>0,85</b>
Marron clair	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	2,17 <sup>b</sup>	4,08 <sup>c</sup>	0,00 <sup>a</sup>	<b>1,25</b>
Marron foncé	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	4,34 <sup>c</sup>	2,04 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	<b>1,28</b>
Marron tacheté noir	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	2,17 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	<b>0,43</b>
Marron rayé marron	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	4,34 <sup>c</sup>	2,05 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	<b>1,28</b>
Marron clair rayé	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	2,17 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	<b>0,43</b>
Marron-blanc	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	4,34 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	<b>0,87</b>
Blanc sale tacheté marron	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	4,08 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	<b>0,82</b>
Blanc-Jaunâtre	2,17 <sup>b</sup>	2,22 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	<b>0,88</b>
Blanc tacheté noir	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	2,17 <sup>b</sup>	4,08 <sup>c</sup>	0,00 <sup>a</sup>	<b>1,25</b>
<b>Couleurs de la circonférence de l'auréole du hile</b>						
Noir	28,26 <sup>b</sup>	11,11 <sup>a</sup>	15,21 <sup>a</sup>	16,32 <sup>a</sup>	10,34 <sup>a</sup>	<b>16,25</b>
Noir-marron	21,73 <sup>b</sup>	24,44 <sup>b</sup>	21,73 <sup>b</sup>	32,65 <sup>c</sup>	6,89 <sup>a</sup>	<b>21,49</b>
Marron	21,73 <sup>a</sup>	33,33 <sup>a</sup>	23,91 <sup>a</sup>	36,73 <sup>b</sup>	51,73 <sup>c</sup>	<b>33,49</b>
Noir foncé	10,86 <sup>a</sup>	17,77 <sup>a</sup>	23,91 <sup>b</sup>	6,12 <sup>a</sup>	20,68 <sup>b</sup>	<b>15,87</b>
Noir-violet	8,69 <sup>c</sup>	4,44 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	3,44 <sup>b</sup>	<b>3,31</b>
Marron-violet	2,17 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	2,17 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	3,44 <sup>c</sup>	<b>1,56</b>
Jaunâtre	4,34 <sup>c</sup>	0,00 <sup>a</sup>	2,17 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	<b>1,30</b>
Jaune-blanc	0,00 <sup>a</sup>	2,22 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	<b>0,44</b>
Blanc	0,00 <sup>a</sup>	2,22 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	<b>0,44</b>
Marron foncé	0,00 <sup>a</sup>	2,22 <sup>a</sup>	4,34 <sup>b</sup>	8,16 <sup>c</sup>	3,44 <sup>b</sup>	<b>3,63</b>
Marron clair	0,00 <sup>a</sup>	2,22 <sup>b</sup>	4,34 <sup>c</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	<b>1,31</b>
Bandé de Marron	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	2,17 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	<b>0,43</b>
<b>Couleurs du hile</b>						
Jaunâtre	13,54 <sup>a</sup>	28,88 <sup>c</sup>	26,08 <sup>b</sup>	34,69 <sup>c</sup>	34,48 <sup>c</sup>	<b>27,43</b>
Blanc	65,21 <sup>d</sup>	62,22 <sup>c</sup>	56,52 <sup>b</sup>	48,97 <sup>a</sup>	51,72 <sup>a</sup>	<b>56,93</b>
Noir	0,00 <sup>a</sup>	2,22 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	3,44 <sup>c</sup>	<b>1,13</b>
Blanc-jaune	17,39 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	<b>3,48</b>
Blanchâtre	4,35 <sup>a</sup>	4,44 <sup>a</sup>	17,39 <sup>d</sup>	16,32 <sup>c</sup>	10,34 <sup>b</sup>	<b>10,57</b>
<b>Textures</b>						
Ridée	100,00 <sup>c</sup>	91,11 <sup>b</sup>	84,78 <sup>a</sup>	85,72 <sup>a</sup>	93,11 <sup>b</sup>	<b>90,94</b>
Lisse	0,00 <sup>a</sup>	8,89 <sup>a</sup>	15,22 <sup>c</sup>	14,28 <sup>c</sup>	6,89 <sup>b</sup>	<b>9,06</b>
<b>Densité</b>						
Compacte	47,83 <sup>a</sup>	66,66 <sup>b</sup>	67,39 <sup>c</sup>	75,51 <sup>c</sup>	79,32 <sup>d</sup>	<b>67,36</b>
Légère	52,17 <sup>c</sup>	33,34 <sup>b</sup>	32,61 <sup>a</sup>	22,49 <sup>a</sup>	20,68 <sup>a</sup>	<b>32,64</b>
<b>Taille</b>						
Grande	45,67 <sup>c</sup>	33,33 <sup>b</sup>	34,79 <sup>b</sup>	20,41 <sup>a</sup>	20,68 <sup>a</sup>	<b>30,96</b>
Moyenne	43,47 <sup>a</sup>	55,55 <sup>b</sup>	45,65 <sup>a</sup>	51,02 <sup>b</sup>	76,67 <sup>c</sup>	<b>54,47</b>
Petite	8,69 <sup>a</sup>	11,12 <sup>b</sup>	19,56 <sup>c</sup>	18,36 <sup>c</sup>	3,35 <sup>a</sup>	<b>12,21</b>
Très petite	2,17 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	10,21 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	<b>2,47</b>

Les valeurs suivies de lettres différentes dans la même colonne sont significativement différentes ( $p < 0.05$ )

### 3.2 DIVERSITÉ AGRONOMIQUE DES CULTIVARS

Les données sur les caractères agronomiques marquant la diversité du niébé sont celles obtenues du pouvoir de germination et de la productivité des cultivars dans les différentes localités de la région. Elles portent sur les critères taux de plants levés, masse en gousses des graines et masse des graines sèches, rendement en gousses des graines et rendement des graines sèches (tableau 2). Il en ressort que le taux de levé des plants varie de 51,22 % à 65,90 % avec une moyenne de 61,51 %. Le plus faible taux de levée a été enregistré dans les cultivars provenant de la localité du Mayo-Tsanaga (51,22%). Il n'existe pas de différence significative de levée dans les cultivars provenant des localités du Mayo-Kani, Diamaré et Mayo-Sava ( $P > 0,05$ ). La masse en gousse des graines varie de 1,61 à 8,52 Kg pour les localités de Mayo-Danay et de Mayo-Sava respectivement. Il existe une différence significative en masse de gousses entre les cultivars issus de la localité de Mayo-Sava et les autres localités ( $P < 0,05$ ). Aucune différence significative en masse de gousse n'a été enregistrée dans les cultivars issus des localités du Mayo-Kani, Mayo-Tsanaga et du Mayo-Danay ( $P > 0,05$ ).

Les rendements des graines en gousses et graines sèches varient respectivement de 139,13 à 438,64 Kg/Ha et de 73,91 à 284,68 Kg/Ha. Les cultivars issus de la localité du Mayo-Sava détiennent le plus haut rendement de graines en gousses (438,64 Kg/Ha) et de graines sèches (284,68 Kg/Ha). Il n'existe cependant pas de différence significative de rendement de graines sèches dans les quatre autres localités ( $P > 0,05$ ). La variation de rendements de graines en fonction des localités met en exergue la variabilité existant au sein des cultivars détenus par les paysans de la région et par conséquent, la diversité agronomique de ces cultivars. En somme, les cultivars issus de la localité de Mayo-Sava ont un taux de levée important (64,15 %) ainsi que le plus grand rendement de graines en gousse (438,64Kg/Ha) et de graines sèches (284,68 Kg/Ha) suivi de ceux du Diamaré avec un rendement de graines en gousses de 271,11 Kg/Ha et de graines sèches de 143,11 kg/Ha . Ces deux localités seraient perméables aux nouvelles variétés plus performantes.

**Tableau 2: Diversité agronomique des cultivars de niébé issus des différentes localités**

Localités	Taux de plants levés (%)	Masse en gousse des graines (Kg)	Masse des graines sèches (Kg)	Rendement de graines en gousse (Kg/Ha)	Rendement de graines sèches (Kg/Ha)
Mayo-Kani	64,40±7,40 <sup>c</sup>	2,75±0,08 <sup>a</sup>	1,36±0,05 <sup>a</sup>	149,56 ±61,43 <sup>a</sup>	73, 91±0,49 <sup>a</sup>
Diamaré	65,90±6,50 <sup>c</sup>	4,88±0,13 <sup>b</sup>	2,55±0,07 <sup>a</sup>	271,11 ±126,54 <sup>b</sup>	143,11±0,73 <sup>a</sup>
Mayo-Tsanaga	51,22±8,78 <sup>a</sup>	2,85±0,09 <sup>a</sup>	1,50±0,05 <sup>a</sup>	163,33±92,67 <sup>a</sup>	83,28±0,56 <sup>a</sup>
Mayo-Sava	64,15±9,91 <sup>c</sup>	8,52±0,18 <sup>c</sup>	5,47±0,11 <sup>b</sup>	438,64±177,46 <sup>c</sup>	284,68±11,72 <sup>b</sup>
Mayo-Danay	61,87±6,90 <sup>b</sup>	1,61±0,08 <sup>a</sup>	1,05±0,05 <sup>a</sup>	139,13±82,32 <sup>a</sup>	90,68±0,56 <sup>a</sup>
Moyenne	61,51±5,92	4,12±2,72	2,39±1,81	232,35±42,36	135,68±4,98

Les valeurs suivies de lettres différentes dans la même colonne sont significativement différentes ( $p>0,05$ )

### 3.3 DIVERSITÉ PHÉNOLOGIQUE DES CULTIVARS

Les périodes allant des semis à l'émission des ébauches florales (floraison 5 %), la floraison 50 % et 95 % d'une part et à la maturité 5 %, 50 % et 95 % d'autre part constituent des phases phénologiques des cultivars [23]. Les cultivars testés présentent une grande variabilité de phases phénologiques. Ainsi, ces cultivars démarrent la floraison échelonnée entre 40 et 60 jas dans les cultivars des localités de Mayo-Kani et Diamaré, atteignant 70 jas dans les trois autres localités (Mayo-Tsanaga, Mayo-Sava et Mayo-Danay) de la région (tableau 3). Ces mêmes cultivars fleurissent à 50 % jusqu'à 80 jas et effectuent la floraison 95 % à partir de 90 jas. La durée de maturité des cultivars collectés varie de 50 à 100 jas. La durée de maturité 5% varie de 50 à 70 jas pour les cultivars des localités de Diamaré, Mayo-Sava et Mayo-Danay, atteignant 80 jas pour le Mayo-Kani et Mayo-Tsanaga. La phase de maturité complète des cultivars atteint 100 jas dans les cultivars issus du Mayo-Kani. Plusieurs cultivars à phase phénologique indéterminée sont enregistrés dans les différentes localités de la région, il s'agit de Mayo-Kani (26 cultivars), Diamaré (13 cultivars), Mayo-Tsanaga (37cultivars), Mayo-Sava (11 cultivars) et Mayo-Danay (18 cultivars). La description des phases phénologiques présente la distinction des cultivars en nombre à l'intérieure et entre localités à 40-70 jas de floraison et à 60-100 jas de maturité. Cette distinction des cultivars à fleurir et à développer pleinement les gousses dans les localités met en exergue la diversité phénologique. Cette diversité serait due aux variations des conditions édaphiques, climatiques et des gènes de chaque cultivar dans les localités. La diversité phénologique des cultivars est liée à l'expression des gènes adaptés aux éléments minéralogiques et à la température du milieu de culture [24].

Tableau 3: Phases phénologiques des cultivars issus des différentes localités

Localités de collecte	Nombre de cultivars	Intervalles de jours en phases phénologiques	Proportions moyennes de cultivars évolués en floraison et maturité					
			Floraison 5%	Floraison 50%	Floraison 95%	Maturité 5%	Maturité 50%	Maturité 95%
Mayo-Kani	46	1-40	19,56 <sup>a</sup>	8,69 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>
		41-50	50,00 <sup>b</sup>	28,26 <sup>b</sup>	21,73 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>
		51-60	13,04 <sup>a</sup>	32,60 <sup>b</sup>	23,91 <sup>b</sup>	36,91 <sup>a</sup>	17,21 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>
		61-70	0,00 <sup>a</sup>	13,04 <sup>c</sup>	28,26 <sup>c</sup>	41,30 <sup>b</sup>	17,39 <sup>b</sup>	2,17 <sup>a</sup>
		71-80	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	10,86 <sup>a</sup>	10,86 <sup>b</sup>	4,34 <sup>b</sup>	21,73 <sup>b</sup>
		81-90	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	6,52 <sup>b</sup>	13,04 <sup>b</sup>
		91-100	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	4,34 <sup>b</sup>	6,52 <sup>b</sup>
		101 à +∞	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	56,52 <sup>b</sup>
Diamaré	45	1-40	62,22 <sup>b</sup>	40,00 <sup>b</sup>	11,11 <sup>a</sup>	2,22 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>
		41-50	33,33 <sup>a</sup>	46,67 <sup>d</sup>	46,67 <sup>b</sup>	22,22 <sup>b</sup>	4,44 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>
		51-60	4,44 <sup>a</sup>	6,67 <sup>a</sup>	31,11 <sup>b</sup>	35,55 <sup>a</sup>	28,89 <sup>b</sup>	4,44 <sup>c</sup>
		61-70	0,00 <sup>a</sup>	2,22 <sup>a</sup>	6,67 <sup>a</sup>	37,78 <sup>b</sup>	31,11 <sup>c</sup>	37,78 <sup>b</sup>
		71-80	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	28,89 <sup>b</sup>
		81-90	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>
		91-100	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>
		101 à +∞	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	35,56 <sup>a</sup>	28,89 <sup>a</sup>
Mayo-Tsanaga	46	1-40	15,21 <sup>b</sup>	8,69 <sup>a</sup>	4,34 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>
		41-50	43,47 <sup>c</sup>	8,69 <sup>a</sup>	10,86 <sup>a</sup>	4,34 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>
		51-60	32,60 <sup>c</sup>	43,47 <sup>c</sup>	19,56 <sup>b</sup>	36,95 <sup>a</sup>	4,34 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>
		61-70	4,34 <sup>b</sup>	8,69 <sup>b</sup>	13,04 <sup>b</sup>	41,30 <sup>b</sup>	4,34 <sup>a</sup>	2,17 <sup>a</sup>
		71-80	0,00 <sup>a</sup>	4,34 <sup>a</sup>	4,34 <sup>a</sup>	2,17 <sup>a</sup>	8,69 <sup>a</sup>	2,17 <sup>a</sup>
		81-90	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>
		91-100	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>
		101 à +∞	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	89,13 <sup>c</sup>	80,43 <sup>c</sup>
Mayo-Sava	49	1-40	63,26 <sup>c</sup>	51,02 <sup>c</sup>	2,04 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>
		41-50	10,20 <sup>a</sup>	32,65 <sup>c</sup>	75,51 <sup>c</sup>	20,40 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>
		51-60	4,04 <sup>a</sup>	8,16 <sup>a</sup>	4,04 <sup>a</sup>	65,30 <sup>b</sup>	42,85 <sup>c</sup>	0,00 <sup>a</sup>
		61-70	2,04 <sup>a</sup>	4,04 <sup>a</sup>	8,16 <sup>a</sup>	12,24 <sup>a</sup>	30,61 <sup>c</sup>	46,93 <sup>b</sup>
		71-80	0,00 <sup>a</sup>	6,12 <sup>a</sup>	8,16 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	26,53 <sup>b</sup>
		81-90	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>
		91-100	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>
		101 à +∞	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	22,44 <sup>a</sup>
Mayo-Danay	30	1-40	50,00 <sup>a</sup>	13,33 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>
		41-50	16,67 <sup>a</sup>	30,00 <sup>a</sup>	40,00 <sup>a</sup>	3,33 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>
		51-60	16,67 <sup>a</sup>	20,00 <sup>a</sup>	10,00 <sup>a</sup>	53,33 <sup>a</sup>	30,00 <sup>a</sup>	3,33 <sup>b</sup>
		61-70	6,67 <sup>b</sup>	6,67 <sup>a</sup>	3,33 <sup>a</sup>	36,67 <sup>a</sup>	3,33 <sup>a</sup>	36,67 <sup>a</sup>
		71-80	0,00 <sup>a</sup>	3,33 <sup>a</sup>	3,33 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>
		81-90	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>
		91-100	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>
		101 à +∞	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	60,00 <sup>a</sup>	60,00 <sup>a</sup>

Les valeurs suivies de lettres différentes dans la même colonne sont significativement différentes ( $p > 0.05$ )

De plus, la variabilité des cultivars de maturité indéterminée dans les localités montre qu'ils ne sont pas cultivés pour la production des graines mais plutôt pour la production de fanes et l'approvisionnement du sol en azote atmosphérique. La culture du niébé à cycle long ou indéterminé joue un rôle positif sur le rendement de la céréale en rotation de culture de part l'importante biomasse produite [2]. Les floraisons 5%, 50% et 95% constituent la phase de floraison et les maturités 5%, 50% et 95%, la phase de maturité des cultivars. Elles sont les principales étapes phénologiques d'une plante [25].

La durée du cycle biologique des cultivars collectés dans les différentes localités de la région permet de les classer en quatre groupes à savoir les cultivars extrapréoces, précoces, intermédiaires et tardifs. La distribution de ces cultivars dans

les localités n'est pas uniforme. Ainsi les cultivars extraprécoques, précoces, intermédiaires et tardifs sont représentés à hauteur de 25,67% ; 15,69% ; 2,61% et 52,31% respectivement dans la région (tableau 4). Les cultivars tardifs représentent plus de la moitié des cultivars de la région (52,31%). Ces cultivars sont les plus cultivés dans les localités du Mayo-Tsanaga (93,47%), Mayo-Danay (62,06%) et Mayo-Kani (54,34%). Il n'existe pas de différence significative entre les pourcentages de cultivars tardifs dans ces deux dernières localités ( $P > 0.05$ ). Les cultivars extraprécoques viennent en seconde position et représentent le quart des cultures de niébé dans la région. Ces cultivars sont plus représentés dans la localité du Mayo-Sava (53,06%). Tout comme les cultivars tardifs, les cultivars extraprécoques sont répartis dans toutes les localités de la région indiquant leur grande diversité. Les cultivars précoces représentent environ 16% de cultures du niébé de la région (Tableau 4). Ces cultivars n'ont pas été recensés dans la localité du Mayo-Danay, une faible proportion a été recensée dans le Mayo-Tsanaga mais il n'existe pas de différence significative entre les taux de cultivars précoces dans ces deux localités ( $P > 0.05$ ). Seule la localité de Mayo-Kani a présenté les cultivars intermédiaires faisant de ce groupe le moins représenté dans la région. La variabilité de ces différents groupes de cultivars renvoie principalement à leur grande productivité en fane et fourrages ainsi qu'à leur grande production grainière et à la qualité des graines destinées à la commercialisation transfrontalière par les cultivateurs locaux et étrangers [10]. Elle est aussi liée à leur importante contribution dans la protection du sol contre l'érosion et à leur forte utilisation dans les systèmes de cultures associées [26]. La région de l'Extrême-Nord est majoritairement occupée par les cultivars de niébé à cycle de développement tardif (Tableau 4). Ce groupe de cultivars seraient le premier découvert ou introduit dans la région. La localité de Mayo-Kani constitue le centre majeur de diversification phénologique du niébé de part la présence des quatre groupes de cultivars dans cette localité. La localité du Diamaré vient en second avec une répartition équitable de trois groupes de cultivars. Ces deux localités feraient partie des premiers terroirs de pratique et de pérennisation de la culture du niébé dans la région.

**Tableau 4: Diversité phénologique des cultivars des différentes localités suivant leur cycle de développement**

Localités de collecte	Taux de cycles biologique des cultivars (%)			
	Extraprécoce ≤70 Jours	Précoce ]70-80] jours	Intermédiaire ]80-90]jours	Tardif >90 jours
Mayo-Kani	2,17 <sup>a</sup>	23,91 <sup>b</sup>	13,04 <sup>b</sup>	54,34 <sup>b</sup>
Diamaré	37,77 <sup>b</sup>	28,88 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	33,33 <sup>a</sup>
Mayo-Tsanaga	4,34 <sup>a</sup>	2,17 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	93,47 <sup>c</sup>
Mayo-Sava	53,06 <sup>c</sup>	24,48 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	18,36 <sup>a</sup>
Mayo-Danay	31,03 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	62,06 <sup>b</sup>
<b>Moyennes</b>	<b>25,67</b>	<b>15,89</b>	<b>2,61</b>	<b>52,31</b>

Les valeurs suivies de lettres différentes dans la même colonne sont significativement différentes ( $p > 0.05$ ).

Il existe une discrimination phénologique au sein des variétés détenues par les paysans. Les cultivars extraprécoques, précoces et parfois ceux intermédiaires sont susceptibles d'être cultivés deux à trois fois l'an en contre-saison et en saison de pluie à cause de leur cycle de développement relativement court [25]. Par ailleurs, une diversification phénologique accrue des cultivars dans les localités serait due à l'amélioration des prix et à l'introduction croissante de graines de niébé dans les habitudes alimentaires des populations [27]. Mais, l'absence de différents groupes de cultivars dans certaines localités serait due à leur altitude et aux facteurs environnementaux. Aussi, les cultivars à cycle court semblent gagner progressivement du terrain de part leurs rôles nutritionnels en période de sécheresse, l'augmentation des surfaces de niébé dans l'exploitation et l'élargissement des aires de production dans les terroirs à plus courte saison de pluies (moins de 3 mois). La précocité étant un mécanisme d'évitement d'une culture à des contraintes biotiques et abiotique, ces cultivars extraprécoques et précoces peuvent être utilisés comme base de matériel génétique dans les programmes de sélection des variétés résistantes à la sécheresse, à l'adventice parasite *Striga gesnerioides*, aux maladies et ravageurs du niébé [28].

### 3.4 DIVERSITE PHENOTYPIQUE DES PLANTS DE CULTIVARS

L'observation guidée des variantes essentielles des plantes, à savoir le type de port, la couleur des fleurs épanouies, des tiges principales, des feuilles et des pétioles, a révélé une diversité phénotypique des cultivars de niébé (Tableau 5). Les cultivars sont distincts par 3 types de port (rampant, semi-rampant et érigé), 6 couleurs de fleurs (jaune-blanc, jaune-blanc violet, violette, jaune violacé, blanc-pourpre et Jaune-blanc pourpre), 5 couleurs de tige (vert clair, vert, vert violacé, violette et vert foncé), 3 couleurs de feuilles (vert, vert clair et vert foncé) et 5 couleurs de pétioles (vert, vert clair, vert violacé, violette et vert foncé). Les variantes dominantes sont respectivement le port rampant (63,07%), la tige verte (54,63%), le

pétiole vert (54,63%), les feuilles vertes (52,04%) et la fleur jaune-blanc-violet (40,18%). La diversité de port existe dans les plants de cultivars issus de toutes les localités de la région, mais cette diversité est restreinte dans les cultivars originaires du Mayo-Danay marquée par l'absence de cultivars à port érigé (tableau 5). La région est couverte par des cultivars à port rampant fortement cultivés (63,07%), semi-rampant moyennement représentés (20,95%) et à port érigé faiblement cultivés (10,62%). Ceci est en accord avec les travaux de Kouakou *et al.* [29] qui ont montré que la nature du port constitue une caractéristique importante de la diversité des cultivars de niébé.

Les cultivars originaires du Mayo-Sava possèdent 5 des 6 couleurs de fleurs épanouies et sont les plus diversifiés en ce facteur. Par contre, les cultivars originaires du Mayo-Kani et du Diamaré sont les moins diversifiés avec seulement deux couleurs de fleurs épanouies à savoir le Jaune-blanc-violet (47,82%) et Jaune-blanc (47,82%). Ces deux couleurs de fleurs sont également celles les plus représentées dans la région. Les fleurs jaune-blanc pourpre ne sont présentes que dans cultivars originaires du Mayo-Danay et les fleurs jaunes violacées seulement dans les cultivars originaires du Mayo-Sava. Les cultivars originaires des localités du Mayo-Kani et du Mayo-Tsanaga sont les plus diversifiés car possèdent toutes les 5 couleurs de tiges. Aucun plant à tige violette n'a été enregistré dans les cultivars originaires des localités du Diamaré et du Mayo-Sava. De même, aucun plant à tige, feuilles et pétiole de couleur vert foncé n'a été enregistré dans les cultivars originaires du Mayo-Danay. La couleur du pétiole est également un facteur important de la diversité des cultivars. Néanmoins, les plants à pétiole violet manquent aux cultivars originaires du Diamaré et du Mayo-Sava (Tableau 5).

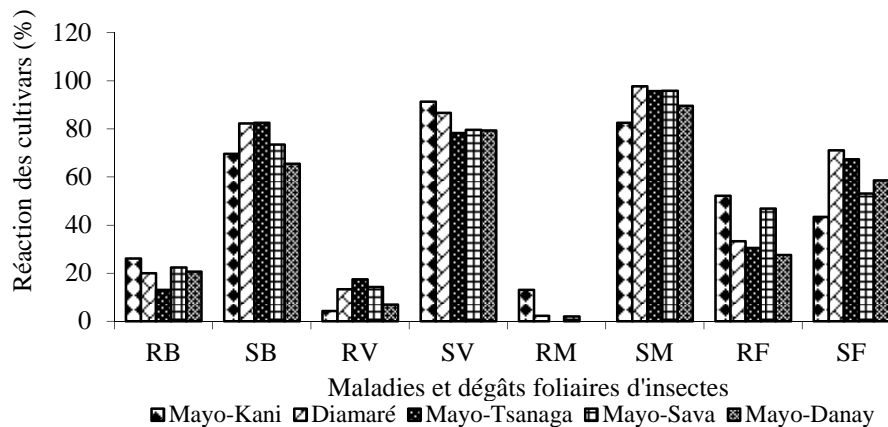
En général, les plants des cultivars locaux sont caractérisés par cinq grands traits phénotypiques parmi lesquels la couleur des fleurs est la plus diversifiée, suivie de la coloration des tiges et des pétioles. La forte diversité des plants des cultivars liée à la coloration des fleurs met en exergue une importante hétérogénéité génétique existant au sein des fleurs des cultivars de niébé. Ces observations sont en accord avec les travaux de [21] pour qui la fleur est un organe de la plante dont la variabilité des caractères phénotypiques est très importante. Il a été révélé que la variété de niébé à graine colorée présentait de fleurs mauves pareille chez d'autres légumineuses. Dans une certaine mesure la même coloration florale a été observée sur la graine de voandzou au niveau de l'auréole autour du hile [30]. La diversité de cultivars liée à la coloration florale serait une transposition vers la diversité de couleur de graines résultant du choix opéré par les paysans au cours de la sélection des semences. La coloration des graines et des fleurs est transcendante et contrôlée par des gènes de pigmentations [25]. Ces gènes subissent un changement d'expression de couleur de la graines à la fleur, c'est le cas des graines marronnes et noires à fleurs épanouies violettes [23], [31]. Des études antérieures ont aussi montré que les hautes températures induisent la coloration violette des fleurs qui évolue en graines brunes de niébé [32].

Tableau 5 : Diversité morphologique des cultivars de niébé dans les différentes localités

Critères morphologiques de plants	Localités de collecte des variétés					Moyenne
	Mayo-Kani	Diamaré	Mayo-Tsanaga	Mayo-Sava	Mayo-Danay	
<b>Types de ports</b>						
Rampant	78,26	57,77	82,60	34,69	62,06	<b>63,07</b>
Semi-rampant	08,69	26,66	06,52	38,77	24,13	<b>20,95</b>
Erigé	08,69	17,77	02,17	24,48	0,00	<b>10,62</b>
<b>Couleur des fleurs épanouies</b>						
Jaune-blanc	47,82	57,77	30,43	48,97	13,79	<b>39,76</b>
Jaune-blanc-violet	47,82	37,77	39,13	24,48	51,72	<b>40,18</b>
Violette	0,00	0,00	13,04	8,16	0,00	<b>04,24</b>
Jaune violacé	0,00	0,00	0,00	12,24	0,00	<b>02,45</b>
Blanc pourpre	0,00	0,00	0,00	2,04	3,44	<b>01,49</b>
Jaune-blanc pourpre	0,00	0,00	0,00	0,00	3,44	<b>0,69</b>
<b>Couleur des tiges principales</b>						
Vert clair	17,39	20,00	39,13	18,36	13,79	<b>21,73</b>
Vert	50,00	60,00	41,30	63,26	58,62	<b>54,63</b>
Vert violacé	15,21	02,22	04,34	02,04	10,34	<b>06,83</b>
Violette	06,52	0,00	02,17	0,00	03,44	<b>02,42</b>
Vert foncé	06,52	20,00	08,69	14,28	0,00	<b>09,89</b>
<b>Couleur des feuilles</b>						
Vert	69,56	62,22	50,00	61,22	17,24	<b>52,04</b>
Vert clair	17,39	20,00	39,13	14,28	68,96	<b>31,95</b>
Vert foncé	08,69	20,00	06,52	14,28	0,00	<b>09,89</b>
<b>Couleur des pétioles</b>						
Vert clair	17,39	20,00	39,13	18,36	13,79	<b>21,73</b>
Vert	50,00	60,00	41,30	63,26	58,62	<b>54,63</b>
Vert violacé	15,21	02,22	06,52	02,04	10,34	<b>06,83</b>
Violette	06,52	0,00	02,17	0,00	03,44	<b>02,43</b>
Vert foncé	06,52	20,00	08,69	14,28	0,00	<b>09,89</b>

### 3.5 DIVERSITE DE PART LE COMPORTEMENT DES CULTIVARS VIS-A-VIS DES MALADIES ET INSECTES RAVAGEURS

La figure 2 présente le comportement des cultivars locaux de niébé vis-à-vis des maladies et insectes ravageurs. Il ressort que les symptômes des maladies (bactériose, virose et mycose) et ravageurs observés sur le feuillage se manifestent différemment sur les plants et suivant la localité d'origine des cultivars. Les cultivars sensibles aux maladies et aux insectes ravageurs foliaires sont les plus représentés dans la région avec un taux de sensibilité élevé dans les 5 localités prospectées. Les cultivars résistants à ces contraintes biotiques existent par endroits dans la région. Ceci indique que la résistance est liée à l'existence de facteurs intrinsèques propres à chaque cultivar. La maladie la plus fréquente dans la région a été celle liée aux mycoses (figure 2). Aucun cultivar résistant aux mycoses n'a été enregistré dans les cultivars originaires du Mayo-Tsanaga et du Mayo-Danay (Figure 2). Par contre, la résistance aux mycoses est plus importante dans les cultivars originaires du Mayo-Kani (13,04%). La résistance à la bactériose est moins prononcée dans les cultivars originaires du Mayo-Tsanaga (12,63%) tandis qu'elle est plus poussée dans celles du Mayo-Kani (26,08%). La résistance aux viroses est moins perceptible sur les cultivars originaires du Mayo-Kani (04,34%) mais plus poussée dans celles du Mayo-Tsanaga (17,39%). La faible proportion de cultivars résistants aux maladies enregistrée montre une faible diversité à la résistance des cultivars dans la région. Ceci serait lié à l'introduction récente de cultivars résistants à fort rendement par les populations en remplacement des cultivars sensibles plus anciens, autrefois adaptés aux systèmes traditionnels [31]. Aussi, ces maladies semblent être typiques au niébé, culture des zones chaudes aux gammes de températures comprises entre 20 à 35°C [32]. La pratique de la culture du niébé dans ces zones entrainerait probablement la rémanence des trois groupes de maladies.



**Figure 3. Comportement des cultivars locaux de niébé vis-à-vis des maladies et insectes**

RB: résistance à la bactériose; SB: Sensibilité à la bactériose; RV: résistance à la virose; SV: sensibilité à la virose; RM: résistance à la mycose; SM: sensibilité à la mycose; RF: résistance aux dégâts foliaires; SF: sensibilité aux dégâts foliaires

Pour ce qui est des dégâts foliaires, à l'exception des cultivars originaires du Mayo-Kani où le taux de cultivars résistants aux insectes ravageurs est supérieur à celui des cultivars sensibles, le taux de cultivars sensibles est supérieur à celui des cultivars résistants aux insectes ravageurs dans les différentes localités de la région (Figure 2).

#### 4 DISCUSSION

La forte diversité des cultivars liée à la densité compacte et à la nature des graines s'explique par leurs multiples usages et les préférences des consommateurs. Des résultats des travaux antérieurs ont montré que les cultivars locaux de niébé sont différenciés par les usages et la morphologie des organes destinés à l'alimentation [33]. Aussi, l'existence de plusieurs morphotypes de graines est liée à une pluralité de gènes qui ont une expression diverse des caractères. Ceci confirme la diversité due à la coloration et à la nature des graines est fonction du nombre de gènes et de leur dominance d'expression déterminée par les facteurs spécifiques du milieu [21]. La multicoloration des graines de niébé est une mise en exergue du rapprochement génétique aux formes sauvages [10]. Par contre, les cultivars à graines crémeuses, grises, tachetées, rayées ou marbrées sont rudimentaires et ne sont produites que sur les terroirs des hautes altitudes. Ceci justifie la multicoloration des graines rencontrée dans les localités de Mayo-Tsanaga (altitude 634,49 m) et Mayo-Sava (altitude 445,76 m) et la présence des graines monocolorées dans la localité de Mokolo (altitude 796 m). Dans l'ensemble, la variabilité des graines des cultivars traditionnels de niébé dans la région de l'Extrême Nord Cameroun est plus importante dans la zone des Monts Mandara qui cumulent en moyen d'environ 540,12 m d'altitude.

La diversité agronomique des cultivars de niébé dans les localités s'expliquent par l'adoption et l'introduction des variétés améliorées dans les systèmes agricoles des producteurs. Par contre, la faible diversité agronomique est sujette à la méconnaissance et au refus des nouvelles variétés de niébé par les paysans. En effet, la conquête des variétés aux meilleures qualités agronomiques contribue à une augmentation de la diversité génétique, bien que leur adoption soit inégale dans les localités de la région [34]. La forte diversité des cultivars liée à la production des graines dans les localités du Diamaré et du Mayo-Sava est la preuve d'une récente adoption des nouveaux cultivars par les producteurs innovants, qui cultivent des semences en provenance des centres de recherche et de vulgarisation ou d'autres contrées. La diversité agronomique d'une culture présente dans une région est le fait d'une introduction active de nouvelles variétés par les agriculteurs à la recherche d'une amélioration des conditions de vie [35].

Les résultats obtenus des paramètres phénologiques ont révélé qu'en fonction du cycle de développement des cultivars, quatre variantes (cultivars extraprécoces, précoces, intermédiaires et tardifs) sont déterminantes de la diversité des cultivars dans la région. L'abondance des cultivars à cycle de développement tardif s'expliquerait par leur triple usage comme source de graines, feuilles et foin. En effet, ces cultivars en conditions favorables produisent d'importante quantité de graines, fanes et fourrages [3]. Les variabilités de conditions du milieu sont des raisons de la diversité phénologique dans la région. Ainsi, les cultivars tardifs sont plus cultivés dans la localité de Mayo-Tsanaga située dans les monts Mandara où la pluviométrie est plus importante. La diversité des cultivars de niébé au niveau des localités est généralement due à leur adaptabilité phénologique aux contraintes environnementales [29].

La présence significative des cultivars à port rampant ou prostré s'explique par leur grande production en feuilles et graines destinées à la vente, l'alimentation humaine et animale. La forte concentration des cultivars tardifs à port rampant dans la localité de Mayo-Tsanaga située en haute altitude, montre que les cultivars sont distincts de part le cycle de développement, la nature du port et les conditions du milieu. Les conditions pédoclimatiques en altitude entraînent des changements morphobiologiques des plants de niébé [21]. Ainsi, les éléments minéraux entrant dans la constitution du sol sont des facteurs de variabilité des cultivars de niébé d'une localité à une autre. Chaque légumineuse renferme des teneurs en éléments minéraux spécifiques du sol où elle évolue [36]. La culture des cultivars à port rampant est devenue aléatoire à cause de leur sensibilité à la sécheresse et aux changements climatiques [37]. Ces cultivars à port rampant représentent les cultivars les plus anciens adaptés dans les zones montagnardes [38]. L'introduction progressive de cultivars précoces et à port érigé dans certaines localités est un moyen de substitution des cultivars à port rampant et tardifs. La diversité des cultivars de niébé s'est accentuée avec les difficultés écologiques et économiques rencontrées par les agriculteurs [39]. La présence d'une diversité de cultivars dans une région viendrait de l'association des cultivars existant à de nouveaux types morphophysiologiques [40]. Les facteurs environnementaux et génétiques, les habitudes alimentaires et la recherche de meilleures conditions de vie constituent les causes majeures de la diversité phénotypique du niébé.

L'existence de la variabilité réactionnelle des cultivars face aux maladies et aux agents défoliateurs, liée souvent aux facteurs environnementaux, met en clair la diversité comportementale de ces cultivars dans la région. La réaction de différents cultivars à l'attaque par des agents pathogènes et insectes foliaires a été définie par la réponse de résistance et de sensibilité [41]. Les résultats obtenus du comportement de ces cultivars face à l'infestation par des agents pathogènes montrent que la résistance et la sensibilité constituent des éléments de discrimination et donc de diversité des cultivars dans la région. L'importance des cultivars sensibles dans la zone d'étude résulterait du choix effectué par les premiers paysans au cours de la sélection des semences en délaissant les critères de performance et de résistance aux maladies et insectes ravageurs de feuillage. Pareil, les critères majeurs de sélection d'un cultivar de niébé sont la qualité des organes consommés et les préférences culinaires [42]. Pourtant, la résistance aux maladies et insectes ravageurs de feuillage doit être pris en compte car joue un rôle très important dans l'amélioration de la productivité [31].

## **5 CONCLUSION**

Cette étude a permis de recenser les différentes variantes de la diversité liée à la graine récoltée et en champ des cultivars de niébé dans la région de l'Extrême-Nord Cameroun. Les colorations tégumentaires (12 variantes), de circonférence de l'auréole du hile (12 variantes), et du hile (5 variantes) constituent les plus importants critères visibles de la diversification des graines de cultivars de niébé. Parmi ces variantes, la couleur blanche du tégument des graines (87,86%) est la plus représentée dans la détermination de la diversité des graines de niébé. Les rendements en graines sèches et en gousses des cultivars de niébé sont les variantes agronomiques les plus diversifiées qui varient selon les localités. La localité du Mayo-Sava (438,64 kg/Ha) est le principal bassin producteur de niébé de la région, suivie du Diamaré (271,11 kg/Ha). Les cultivars tardifs (52,31%) constituent les plus diversifiés de la région de part leur triple usage (graines, feuilles et foin) et leur hétérogénéité grainière et foliaire. La couleur des fleurs épanouies est la variante la plus importante de la diversité phénotypique des plants de cultivars, constituée de six variantes de coloration. Cette couleur varie de mono à tricolore, la couleur jaune-blanc-violet (40,18%) est la plus discriminante des fleurs des cultivars de niébé. La sensibilité et la résistance des cultivars aux maladies et aux insectes défoliateurs constituent une réponse à la diversité des variétés traditionnelles dans une région. La dominance des cultivars sensibles sur les cultivars résistants constatée est la preuve d'une absence de sélection initiale des cultivars par les paysans et d'une ignorance de l'entrave par les facteurs biotiques de la production du niébé dans la région. Pour une amélioration rationnelle de la production de niébé à l'Extrême-Nord du Cameroun, une typologie de cultivars est indispensable afin de mettre sur pied des cultivars performants adaptés aux conditions de ses localités. Ainsi, les programmes de sélection des variétés devront prendre en considération les variantes de la diversité variétale, notamment la nature des graines, le rendement de production, le cycle de développement et la résistance aux maladies et insectes défoliateurs.

## **REMERCIEMENTS**

Nous remercions l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) de Maroua qui a abrité les expérimentations et les paysans de différentes localités ayant participé à la collecte des cultivars. Notre reconnaissance va également à l'endroit de M. Jules Balna qui a monté la carte de la localisation des villages de collecte des graines de cultivars de niébé.

## REFERENCES

- [1] S.S. Nelson, A.T. Ohlev and A.C. Mitchel, "Cowpea leaves for consumption: production, utilization and nutrient composition". in: Singh B.B., Mohan Raj D.R., Dashiell K.L., Jackai L.E.N (éds). *Advances in Cowpea Research*. Devon Sayce Publishing, pp. 326-332, 1997.
- [2] A. Affokpon, P.A.J. Djénontin, G.A. Zoffoun, M.C. Allagbé, T.P. Akondé, K. Aïhou, G.Kpagbin, H. Gotoechan-Hodonou, J. Détongnon et G.A. Mensah, "Effets des variétés de niébé à buts multiples comme précédent cultural sur le rendement du maïs cultivé sur terres de barre dégradées au Sud-Bénin," *Bulletin de recherche agronomique du Bénin*, n° .1, pp. 58-68.
- [3] D. Diouf, "Recent advances in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] research for genetic improvement," *African Journal of Biotechnology*, vol. 15, no.10, pp. 2803-2810, 2011.
- [4] I.Y. Dugje, L.O. Omoigui, F. Ekeleme, A.Y. Kamara et H. Ajeigbe, *Production du niébé en Afrique de l'Ouest : Guide du paysan*, 25 p., 2009.
- [5] N.Charassri, P.Somsak, J.Jitra, M.Dusan, W.Kanok-on, B. Sorapond and R.Veera, "Evaluation and utilization of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) germplasm for varietal improvement of resistance to cowpea Aphid (*Aphis craccivora* Koch)," *Biotechnol. and Biotechnol.EQ*, pp. 6-18, 2013.
- [6] P.Kosma, R.Bakop, B.Djilé, B. A. Abdou and A.Goudoum, "Bioefficacy of the powder of *Melia azedarach* seeds and leaves against *Callosobruchus maculatus*, on cowpea seeds (*Vigna unguiculata*) in storage," *E3 Journal of Agricultural Research and Development* vol. 5, no. 4, pp 72-78, 2014.
- [7] I.A.Parh, "A preliminary study on documentation of cowpea cultivar, cowpea cropping seasons and major insect pests in the South western forest and western derived savannah zones of Cameroon," *Cam. J. Biol. Biochem. Sci.*, vol. 7, pp. 27-36, 1997.
- [8] S.R. Singh, L.E.N. Jackai, G. Thottappilly, K.F. Cardwell, and G.O. Myers, "Status Research on Constraints to Cowpea Production. In: Monti, L.M., G. Thottappilly, D.R.M. Raj and A.W. Moore (Eds.), *Biotechnology: Enhancing Research on Tropical Crops in Africa*". CTA; IITA, Wageningen, Ibadan, Analytical, pp: 21-26, 1997.
- [9] L.W. Kich, O.Boukar, C. Endondo and L.L. Murdock, "Farmer acceptability criteria in breeding cowpea," *Experimentation Agriculture*, 34: 475-486.
- [10] R.S. Pasquet et M. Fotso, "Répartition des cultivars de niébé, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. du Cameroun : influence du milieu et des facteurs humains," *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée, nouvelle série*, vol.36, no. 2, pp. 93-143, 1994.
- [11] C.O.Aremu, M.A. Adebayo, O.J. Ariyo and B.B. Adewale, "Classification of genetic diversity and cluste of parent of hybridization in cowpea *Vigna unguiculata* (L.) Walp. For humid savanna ecology," *African Journal of Biotechnology*, vol. 6, no. 20, pp. 2333-2339, 2007.
- [12] B.B. Koubala, A-P T. Miafo, B. Djilé, A.G.S. Kamda and G. Kansci, "Evaluation of Insecticide Properties of Ethanolic Extract from *Balanites aegyptiaca*, *Melia azedarach* and *Ocimum gratissimum* leaves on *Callosobruchus maculatus* (Coleptera: Bruchidae)," *Asian Journal of Agricultural Sciences*, vol. 5, no.5, pp. 93-101, 2013.
- [13] V.K. Deshpande, B. Makanur, S.K. Deshpande, S. Adiger and P.M. Salimath, "Genetic diversity studies in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]," *Plant Archives* vol.11, no.2, pp. 999-1004, 2011.
- [14] C.Tonessia, M. Wade, N. Cissé et S. Aké, "Caractérisation de *Striga gesnerioides* (Willd.)Vatke du Sénégal : réactions de plusieurs cultivars de niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]," *Journal of Applied Biosciences* vol. 24, pp.1462-1476, 2009.
- [15] M.A. Asim, A. K. Mohammad, M.W. Sultan and S.F. Mohammad, "Characterization and fodder production potential of local cowpea germplasm," *Journal of Agricultural and Biological Science*, vol. 5, no. 6, pp. 47-49, 2010.
- [16] Mishra, S.K., Fatokun, C., Boukar, O., Damasceno, K.J., Fery, R.L., Lohwasser U., and Niwa, Y., "Key access and utilization descriptors for cowpea genetic resources", 5p, 2010.
- [17] E.H. Anthony, C. Ndiaga, T. Samba, O.A. Hassan, D.E. Jeffrey, M. Abdelbagi, L.F. Richard, A.R. Philip, W.K. Laurie, L.M.Larry, O. Boukar, R.D. Phillips and R.H. Mcwallers, "Development of cowpea cultivars and germplasm by the bean cowpea CRSP" *Field Crop Research*, no. 82, pp. 103-134, 2003.
- [18] Harahagazwe, D., Vermeulen, J. et Niyomovo, A. "Evolution d'un germoplasme européen de pomme de terre dans les conditions écologiques du Burundi", Institut des sciences agronomiques de Burundi. 8p, 2006
- [19] K.S. Deshpand, B.R. Patil, P.M. Salimath, J.M. Nidagundi and S. Karthigeyan, "Evaluation of native and collected Germplasm for earliness seed traits and resistance to rust, CMV and leaf spot in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]," *Electronic Journal of Plant Breeding*, vol.1, no.4, pp.384-392, 2010.
- [20] G. Clement, et J.-L., Séguy, "La diversité variétale dans les pays rizicoles de la ceinture méditerranéenne", In : Chataigner J. (éd.). *Activités de recherche sur le riz en climat méditerranéen*, Cahiers Options Méditerranéennes, vol.24, no. 2, pp. 75-87, 1997.

- [21] R.S.Pasquet, "Allozyme diversity of cultivated cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Base on allozyme variation," *Theor. Appl. Genet*, vol.101, pp. 211-219, 2000.
- [22] M.-P. Dubé et A. Olivier, "Le *Striga gesnerioïdes* et son hôte, niébé : interactions et méthodes de lutte," *Canada Journal Botanique*, vol.79, pp.1225-1240, 2001.
- [23] R.S. Pasquet, et J.-P Baudoin, "Cowpea. In : Tropical Plant Breeding". CIRAD, Paris, pp. 177-198, 1997.
- [24] M. Ouédraogo, A. Maquet et J.-B. Baudoin, "Etude comparative de la diversité et de la structure génétique de populations sauvages de *Phaseolus lunatus* L. à l'aide des marqueurs enzymatiques et microsattellites," *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, vol. 9, no.3, pp. 195-205, 2005.
- [25] J. Yoka, J.J. Loumeto, J.G. Djego, M. Hounatoet P. Akouango, "Adaptation d'un cultivars de niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] aux conditions pédoclimatiques de Boundji (République du Congo)," *Afrique Science*, vol. 10, no.1, pp. 217-225, 2014a.
- [26] O. K. Alpha, "Evaluation économique de l'impact de la recherche sur le niébé au Mali. Programme Economie des Filières," *Rapport annuel*, 24p. 2001.
- [27] S. Ouédraogo, "Impact économique des variétés améliorées du niébé sur les revenus des exploitations agricoles du plateau central du Burkina Faso," *Tropicultural*, vol. 21, pp. 204-210, 2003.
- [28] A. A. Gbaguidi, A. Dansi, L. Y. Loko, M. Dansi and A. Sanni, "Diversity and agronomic performances of the cowpea (*Vigna unguiculata* Walp.) landraces in southern Benin," *International journal of Agronomy and Plant Production* vol. 4, no. 5, pp. 936-949, 2013.
- [29] K. C. Kouakou, R. H. Macauley, C. G. Mame, M. C. Otto, J. F. Rami, C. Ndiaga et R. S. Pasquet, "Diversité génétique des variétés traditionnelles de niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] au Sénégal : Etude préliminaire," *Plant Genetic Resources Newsletter* vol. 152, pp. 33-44, 2007.
- [30] B. Djilé, A.-P.T. Miafo, J. Djodda, O. Boukar and G. Sobda, "Agromorphenologic characterization of the landraces of voandzou [*Vigna subterranean* (L.) Verdc.] in the Nord Region of Cameroon," *Global Journal of Biology, Agriculture & Health Sciences*. Vol.4, no.2, pp.135-141, 2015.
- [31] A. Abalo, W. Kpérkouma, A. Woegan and K. Akpagoma, "Diversité des fruitiers ligneux et spontanés du Togo," *Fruit, vegetable and Cereal Science and Biotechnology*, pp. 1-8, 2010.
- [32] M. Pottorff, P. A. Roberts, T. J. Close, S. Lonardi, S. Wanamaker and J. D. Ehlers, "Identification of candidate genes and molecular markers for heat-induced brown discoloration of seed coats in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp]," *BMC Genomic*, vol.15, pp.1-11, 2014.
- [33] J.T. Ouédraogo, M. Sawadogo, J.-B. Tignegre, I. Drabo et D. Balma, "Caractérisation agro-morphologique et moléculaire de cultivars locaux de niébé (*Vigna unguiculata*) du Burkina Faso," *Cameroon Journal of Experimental Biology*, vol. 6, no.1, pp. 31-40, 2010.
- [34] V. Bousquet, et M. Legros, "Analyse des déterminants agronomiques et sociaux du changement technique et de diffusion: cas de la culture du sorgho de contre-saison (*muskwaari*)", Mémoire de fin d'étude d'Ingénieur d'Agronomie Tropicale, DPGT/CNEARC/CIRAD, Montpellier, France, 140 p. 2002.
- [35] J. Yoka, J.J. Loumeto, J. G. Djego, P. Akouango and D. Epron, "Evolution des teneurs en éléments minéraux des feuilles de niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] cultivé dans la zone de Boundji en République du Congo," *Journal of Applied Biosciences*, vol.79, pp. 6799-6807, 2014b.
- [36] P. Python et M. Boessinger, "Facteurs d'influence sur les valeurs nutritives des fourrages Secs," *Recherche Agronomique Suisse*, vol. 3, no.1, pp. 36-43, 2012.
- [37] AGRISTAT, *La production nationale en tonnes du niébé*, MINADER-Agristat, Cameroun, no.12, pp. 9-12, 2009.
- [38] T.Nono, "Opportunités d'investissement dans le niébé dans les régions du Nord et de l'Extrême Nord", *Agriculture Nord Cameroun*, pp. 138-157, 2006.
- [39] K. Miezán et A. Ghesquière, "The genetic structure of African traditional rice cultivars In Rice Genetic," *Rice Genetic Symposium*, pp. 91-107, 2006.
- [40] N. Ahmadi et B. Barry, "Impact de la diffusion des variétés améliorées sur l'évolution de la diversité génétique *in situ* dans le contexte des agricultures de subsistances : cas du riz en Guinée," *Sélectionneur français*, vol. 61, pp.47-60, 2010.
- [41] O. Boukar, F. Massawe, S. Muranka, J. Franco, B. Maziya-Dixon, B. Singh and C. Fatokun, "Evaluation of cowpea germplasm lines for protein and mineral concentration in grains, Characterization and utilization", *Plant Genetic Resources*, vol. 9, no.4, pp. 515-522, 2011.
- [41] PROTA, "Plants Resources Of Tropical Africa," *Cereals and pulses*, pp. 213-217, 2006.
- [42] V. Mahalakshmi, Q. Ng, M. Lawson and R. Ortiz, "Key access and utilization descriptors for cowpea genetic resources, Characterization and utilization," *Plant Genetic Resources*, vol. 5, no. 3, pp.113-119, 2007.

## Détermination d'une formulation de carreaux monocouche avec une incorporation de tessons de bouteille de verre

### [ Determining a formulation monolayer tiles with incorporation of glass bottle shards ]

*Séraphin Agré Djomo, Honoré Conand Kouakou, Clement Koffi Kouadio, Olivier Moro Boffoué, and Edjikémé Emeruwa*

Laboratoire de géomatériaux et technologie du bâtiment (LGTB), UFR des sciences de la terre et des Ressources Minières, Université Felix Houphouet Boigny de Cocody, BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

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

**ABSTRACT:** This work aims to recycle non-biodegradable waste, fight against environmental pollution and improve the performance of construction products. It is to develop a methodology and tools for making tiles made from glass bottle shards. To do this unused bottles have been collected and processed to granulates for making tiles cement-stabilized to the habitat coating. The results show that 0.40 is compared Cement / Tesson optimal to have shimmering tiles with a homogeneous distribution of shards in the cement matrix. The study of the water / cement ratio (W / C) indicates to a W / C ratio between 0.5 and 0.6 for good shaped by densifying the material and improved mechanical performance.

**KEYWORDS:** Cement, bottles, shards, covering tiles, Materials.

**RÉSUMÉ:** Ce travail vise à recycler les déchets non biodégradables, lutter contre la pollution environnementale et améliorer les performances des produits pour la construction. Il consiste à mettre en place une méthodologie et des outils pour la confection de carreaux à base de tessons de bouteille en verre. Pour ce faire des bouteilles non réutilisées ont été collectées et transformées en granulats pour la réalisation de carreaux stabilisés au ciment pour le revêtement d'habitat. Les résultats montrent que 0,40 est rapport Ciment/Tesson optimal pour avoir des carreaux chatoyant avec une répartition homogène des tessons dans la matrice cimentaire. L'étude du rapport Eau/Ciment (E/C) indique qu'il faut un rapport E/C compris entre 0,5 et 0,6 pour une bonne mise en forme par densification du matériau et une amélioration des performances mécaniques.

**MOTS-CLEFS:** Ciment, Bouteilles, Tessons, Carreaux de revêtement, Matériaux.

## 1 INTRODUCTION

Habituellement, la formulation des matériaux est basée sur des relations empiriques qui relient les paramètres de formulation et les caractéristiques du matériau. En France, les méthodes les plus utilisées telles que celle de Dreux (1990) [1] ou celle de Faury (1953) [2] permettent de définir la composition d'un matériau courant à partir des exigences requises pour la résistance en compression et la consistance ou le dosage en ciment. Ces méthodes sont tout à fait adaptées lorsque l'on souhaite comparer des formulations en fonction de la variation des caractéristiques d'un composant du mélange par exemple la classe du ciment ou la granulométrie des granulats. A ce jour, la formulation des mélanges avec additions des granulats pose encore de nombreuses questions bien que des études approfondies aient été faites au cours de ces dernières années [3], [4]. Ces méthodes proposant des méthodologies de formulation prenant en compte la présence des granulats. C'est dans ce cadre, que cette étude est orientée. Il s'agit d'utiliser les tessons de verre dans la composition de mortier pour la confection des carreaux. Etant données les propriétés des tessons de verre et leur application dans le domaine du génie civil, il est possible d'imaginer que leur incorporation dans des mélanges de sable et de ciment puisse permettre, soit

d'améliorer les caractéristiques du produit fini soit de minimiser les quantités d'eau et de liant utilisés pour leur fabrication. Ces tessons sont des déchets de bouteilles et constituent par là même un matériau à faible coût. Leur utilisation peut donc permettre à la fois de baisser le coût de la production et de résoudre des problèmes sérieux d'élimination de déchets et de pollution. Le travail effectué consiste à optimiser la quantité de tessons de verre et du ciment pouvant permettre une apparition des tessons à la surface des carreaux. De plus un rapport E/C sera déterminé afin de trouver la quantité d'eau suffisante pour une mise en forme du matériau par coulage.

## 2 MATÉRIEL ET MÉTHODE

### 2.1 MATIÈRE PREMIÈRE

La matière première utilisée dans la réalisation de cette étude est constituée par le ciment, de tesson de bouteille de verre et le sable.

#### 2.1.1 CIMENT

Le ciment utilisé est un ciment blanc de type CEM I 52,5 R. Il est fabriqué à partir de matière première particulièrement choisies qui sont généralement la craie pure et l'argile blanc (Kaolin) contenant de très petites quantités d'oxydes de fer et d'oxyde de manganèse [5]. Il a été soumis à l'analyse chimique afin de déterminer sa composition chimique.

#### 2.1.2 SABLE

Le sable utilisé dans nos travaux provient d'une carrière située dans la commune de Port-Bouët (Abidjan Côte d'Ivoire). Ce sable lagunaire essentiellement constitué de quartz. Il a été soumis à une analyse granulométrique afin de déterminer la distribution des grains.

#### 2.1.3 TESSONS DE BOUTEILLE DE VERRE

Les tessons de bouteille de verre sont obtenus par broyage après lavage des bouteilles collectées dans les ordures ménagères à travers les communes d'Abidjan. Ce sont les passants aux tamis de 5 mm et les refus du tamis de 1 mm qui seront utilisés dans ce travail.

### 2.2 MÉTHODE D'ÉLABORATION DES CARREAUX

Des éprouvettes de mortiers constitués de ciment de tesson et de sable, sont confectionnées selon la norme NF EN 196-1 [6]. Pour l'élaboration des carreaux, le sable, le ciment et les tessons sont d'abord mélangés à sec pendant 30 secondes grâce à un malaxeur. Ensuite, nous ajoutons l'eau de gâchage, et l'ensemble est mélangé pendant 30 secondes ce qui donne une durée totale d'une minute pour le mélange. La pâte obtenue est versée dans un moule en bois de dimension 23 x 23 x 1,5 cm. Les échantillons sont démoulés 48 heures après le coulage. Les carreaux sont ainsi obtenus.

Dans le cas de ce travail, les tessons dans le carreau doivent produire un effet de mosaïque. C'est à dire que les tessons doivent apparaître à la surface des carreaux. Ainsi pour trouver la bonne formulation, la quantité de tessons et d'eau de gâchage vont variées progressivement dans les différents mélanges.

Les différentes compositions des mortiers utilisés pour la confection des carreaux sont représentés dans le tableau 1

**Tableau 1: Compositions des différents mélanges pour une variation du rapport C/T**

Quantité d'eau de gâchage (ml)	Rapport C/T	Matières premières utilisées (g)		
		Tesson	sable	Ciment+adjuvant
180	0,25	1000	400	260
210	0,40	625		
250	0,60	417		

Pour chaque quantité d'eau de gâchage, trois types de mortiers ont été élaborés en faisant varier la quantité de tesson tout en maintenant fixe la quantité de sable et de ciment (Tableau 1).

### 2.3 CARACTÉRISATION DU MATÉRIAU DURCI

#### ➤ Appréciation de l'état des carreaux

Après 28 jours de séchage, sous le même angle la photo des différents carreaux est prise. Sur ces images le contraste est renforcé afin de comparer des carreaux et d'apprécier l'épaisseur de couverture des tessons.

#### ➤ Résistance à la flexion 3 points

La mesure de la résistance à la flexion est effectuée sur une machine de type **Controls** sur laquelle un dispositif de flexion trois points a été monté. La résistance est calculée selon la formule :

$$R_f = (3 \times F \times L) / (2 \times e^2 \times \ell) \quad (1)$$

#### ➤ Résistance à l'usure

L'usure est un ensemble complexe de phénomène, amenant une émission de débris avec perte de masse, de forme, et s'accompagnant de transformation physiques de la surface. Elle est caractérisée par la présence dans le contact d'un état de surface rugueux ou par la pénétration dans le matériau le plus tendre des particules dures [7]. L'usure a été mesurée selon la norme NF EN ISO 10545 [8]. La machine utilisée pour l'essai se compose de deux plateaux. Un plateau porte-éprouvette permet de maintenir nos échantillons. L'autre plateau fixé à un moteur électrique porte le dispositif de l'usure. Sur l'échantillon, est versé environ 100 g de sable de nature quartzéux de diamètre moyen inférieur à 2 mm. La rotation du plateau supérieur entraîne des frottements de sable à la surface du carreau ce qui provoque son usure. Après deux minutes trente de rotation du moteur à 75 tr/min, nous calculons l'usure du carreau selon la formule suivante:

$$U = \frac{(m_1 - m_2)}{s} \times 100 \quad (2)$$

## 3 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

### 3.1 ANALYSE CHIMIQUE DU CIMENT PORTLAND BLANC

L'analyse chimique de ce ciment indique qu'il est essentiellement constitué de CaO, de SiO<sub>2</sub> et de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Ces différents teneurs en oxydes sont proches de ceux obtenus par Hamidi et al, (2011) [9]. Il a une faible teneur en alcalins, il est donc moins susceptible de favoriser une réaction alcali-silice (Tableau 2).

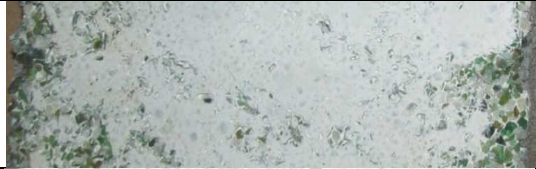


**Tableau 2: Composition chimique du ciment blanc Portland**

oxydes	MgO	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>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	SrO
Teneur (%)	<0,37	3,70	18,40	2,47	0,29	67,36	<0,10	1,73	<0,07	3,35	<0,01	0,05

### 3.2 DETERMINATION DU RAPPORT CIMENT/TESSONS OPTIMAL

Le tableau 3 présente la variation de rapport Ciment/Tesson (C/T) en fonction de l'aspect des carreaux.

Tableau 3: Influence du rapport C/T sur l'aspect des carreaux

Rapport C/T	Appréciations	Images des carreaux
0,25	Mauvaise cohésion des constituants. Matrice cimentaire insuffisante	
0,40	Bonne cohésion des constituants. Matrice cimentaire suffisante	
0,60	Bonne cohésion des constituants. Matrice cimentaire en excès. Les tessons complètement noyés	

Il montre que lorsque le rapport C/T augmente, l'effet lumineux et esthétique recherchés par l'incorporation des tessons de bouteille de verre dans les carreaux est progressivement inhibé.

En effet, en deçà du rapport C/T de 0,40, les tessons apparaissent à la surface des carreaux. Cependant cette surface reste assez rugueuse. Contrairement, au rapport C/T de 0,6 dont la surface des carreaux est lisse, mais tous les tessons sont recouverts d'une couche de ciment dont l'épaisseur croît avec ce rapport. Dans ce cas une opération de polissage serait nécessaire pour les faire apparaître. Par contre, lorsque le rapport C/T est de 0,40, la surface des carreaux est lisse et les tessons sont par endroit partiellement couverts d'une fine pellicule de ciment. L'application d'une mousse humide les rendent parfaitement visible. Ce changement d'aspect est donc lié aux volume de pâte de ciment dans le mélange. Ce volume augmente avec le rapport C/T. La quantité de pâte de ciment est aussi fonction du dosage en eau. Certaines études montrent qu'elle affecte les performances des bétons. Ainsi, le rapport C/T de 0,40 est donc la proportion optimal pour avoir des carreaux de surface lisse, et des tessons partiellement recouvert d'une fine matrice cimentaire.

### 3.3 EFFET DU RAPPORT E/C SUR LA RESISTANCE A LA FLEXION DES CARREAUX

Le tableau 4 montre l'influence de la variation du rapport E/C sur la résistance à la flexion des carreaux. Cette résistance baisse avec l'augmentation du rapport E/C. Elle passe de 0,29 MPa à 0,16 MPa, pour des rapports E/C croissants.

Tableau 4: Variation de la résistance à la flexion en fonction du rapport E/C

Rapport E/C	Résistance à la flexion trois points (MPa)	
	Moyenne	Ecart-type
0,5	0,29	1,86
0,6	0,23	4,46
0,7	0,16	4,45

Nous constatons la baisse de la résistance avec l'augmentation de E/C donc de la quantité d'eau de gâchage, est due à la cristallisation du ciment. En présence d'eau, le ciment forme un gel dans lequel les particules de ciment anhydre sont dispersées. Les silicates de calcium hydratés (C-S-H) se développent dans ce gel et vont progressivement coulisser puis s'enchevêtrer pour donner au matériau sa résistance. Lorsque le dosage en eau devient important, et la quantité de ciment constante, les particules de ciment sont assez distant dans le gel. Ainsi les C-S-H formés n'arrivent pas à former un enchevêtrement assez compact d'où la chute de la résistance Des résultats similaires ont également été rapportés par Meftah et al, (2012) [10]. Les résistances élevées pour des rapports plus faibles seraient dues à une bonne densification du matériau et une répartition homogène des composantes dans le volume du matériau. Ceci est illustré par la figure 1.

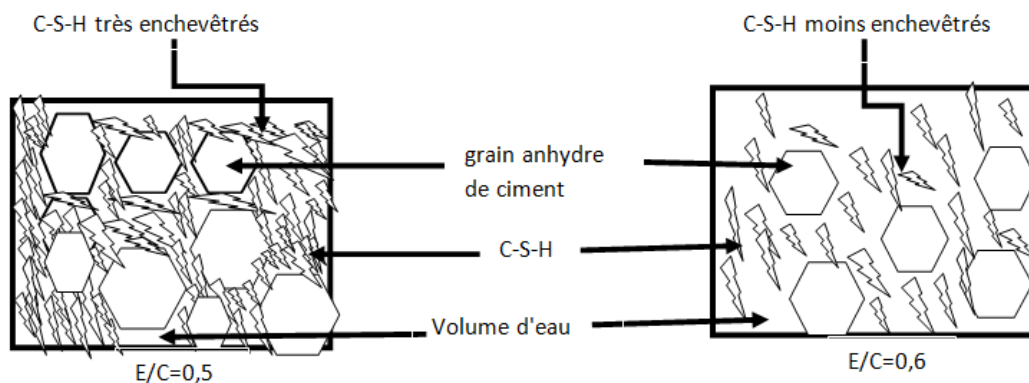


Figure 1: Représentation schématique des mortiers à l'état durci pour différents rapports E/C

### 3.4 INFLUENCE DU RAPPORT E/C SUR LA RESISTANCE A L'USURE

Tableau 5: Variation de la résistance à l'usure en fonction du rapport E/C

Rapport E/C	Usure (%)	
	Moyenne	Ecart-type
0,5	0,85	0,30
0,6	3,16	1,44
0,7	3,36	1,51

Le tableau 5 présente les résultats d'essais des différents échantillons à 180 jours. Nous constatons que la résistance à l'usure baisse pour des rapports E/C plus faible. La différence de perte de poids due à l'usure est observable par l'arrachement des particules sur les échantillons après l'essai. Nous présentons les différentes images de carreaux ayant subis l'usure pour différents rapports E/C. Sur ces images les particules arrachées pour les rapports E/C de 0,6 et 0,7 sont plus accentuées. Cette perte de masse importante serait due au non enrobage des tessons par la matrice cimentaire. Au cours de la densification par coulage, la matière fine a tendance à remonter à la surface du matériau provoquant donc une ségrégation des grains dans le mortier.

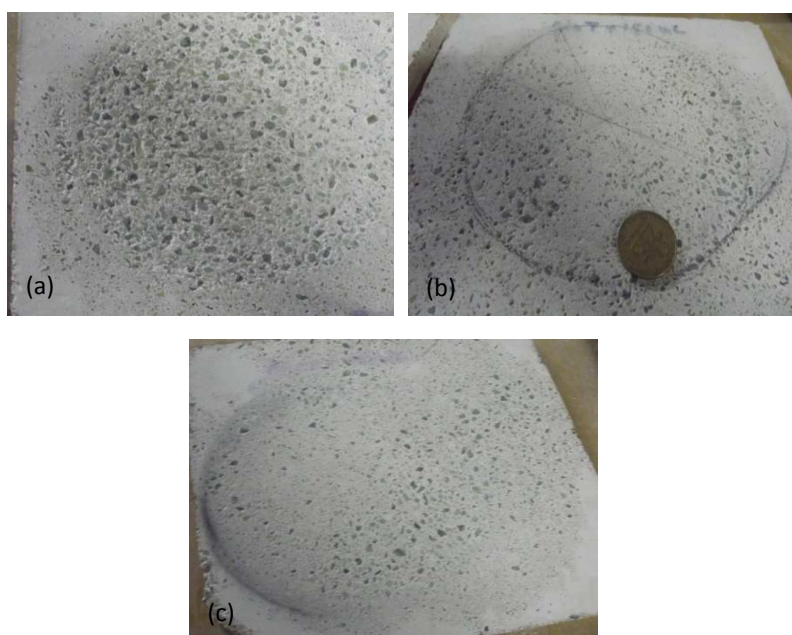


Figure 2: Images des carreaux après le test d'usure:(a) image pour E/C égal à 0,7, (b) image pour E/C égal à 0,6, (c) image pour E/C égal à 0,5.

La perte de masse mesurée après 2 min 30 seconde de frottement est très faible pour les échantillons ayant un rapport E/C de 0,5. Ceci serait due à la bonne cohésion entre les tessons et la matrice cimentaire. Les grains de sable glissent sur la surface des tessons empêchant donc leur arrachement. Les particules arrachées sont moindre pour E/C de 0,5. Le rapport E/C a une influence sur la résistance à l'usure, voila pourquoi pour des rapports élevés, les pertes de masse sont importante. Compte tenu des différents résultats obtenus, nous pouvons établir une relation entre la résistance à la flexion et l'usure. Les tableaux 4 et 5 illustrent bien que la résistance à l'usure du matériau augmente avec l'augmentation de la résistance à la flexion.

#### 4 CONCLUSION

Ce travail nous a permis de montrer que les tessons de bouteilles provenant du recyclage des bouteilles non réutilisées, peuvent servir de matières premières pour la confection des carreaux performants.

Le rapport Ciment/Tesson optimal pour la confection des carreaux est de 0,40. Ce rapport nous a permis de fixer en pourcentage les autres matières entrant dans la formulation de nos carreaux.

Les rapports E/C utilisés pour une mise en forme par densification est 0,5 et 0,6. Pour ces rapports nous obtenons les meilleures performances mécaniques.

#### REFERENCES

- [1] Dreux. G: Nouveau guide du béton, Edition Eyrolles, (1990)
- [2] Faury J. Le béton. Influence de ses constituants inertes. Règles à adopter pour sa meilleure composition, sa confection et son transport sur les chantiers, Edition Dunod 3ème édition, (1953)
- [3] Karim Miled. Effet de taille dans le béton léger de polystyrène expansé. Thèse de l'école nationale des ponts et chaussées. 179p. (2005).
- [4] Franck Cassagnabere. Produits préfabriqués en béton file: vers l'amélioration des performances du matériau pour mieux gerer le procédé de production. Thèse de l'université Paul Sabatier Toulouse III. 297p. (2007).
- [5] Charef A. Fabrication du ciment blanc. Aspects physico-chimiques du ciment blanc, (2006)  
<http://www.canblog.com/cf/blogsuggest.cf?m?partner=canalblog>. Consulté en 2015.
- [6] AFNOR NF EN 196-1 Méthode d'essais des ciments- Partie1: Détermination des résistances mécaniques, (2006)
- [7] Barreau. O. Etude tribologique de revêtement en régulation de turbines, rapport de stage turboméca-ENIT, (1999).
- [8] NF EN ISO 10545-7. Détermination de la résistance à l'abrasion des carreaux et dalle céramique émaillés, pp 293-294, (2012).
- [9] Hamidi. M.,Kacimi. L.,Cyr. M., Clastres. P. Etude de l'activité pouzzolanique d'une roche andésitique à Algerie. INVA CO2: séminaire international. Innovation et valorisation en génie civil et matériaux de construction. pp 10-181., (2011).
- [10] Meftah. Houria, Arabi Nouredine. L'effet du rapport E/C sur le comportement des bétons à hautes température. Laboratoire génie civil, UniversitéBadji Mokhtar Annaba, 9 p, (2012).

## Inadéquation entre valeurs sociales et normes organisationnelles: Une source d'absence de cohésion sociale organisationnelle dans un contexte social traditionnel

Anny Flore Tchouta MBIAH and George FONKENG EPAH

Département des Sciences Sociales pour le Développement, Institut Supérieur du Sahel, Université de Maroua, Cameroon

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:** Organizational social cohesiveness requires the involvement and support of each of its members to the formal group. Many principles, including the superimposition of basic social values with organizational standards works for this aim. The non-line up of these two factors poses challenges within organizations for members to collaborate in formal groups. These are crystallizing around transitional standards to ensure their cognitive and behavioral consistency. To demonstrate the effect of the mismatch between social values and organizational standards on the lack of organizational social cohesion, an empirically and documentary analysis has being carried out.

**KEYWORDS:** Organization, organizational standard, social values , social cohesiveness.

**RESUME:** La cohésion sociale organisationnelle nécessite l'adhésion et l'implication de chacun des membres de l'organisation aux groupes formels institués. La superposition des valeurs sociales de base aux normes organisationnelles est tributaire de cette adhésion. Un défaut d'alignement de ces deux facteurs pose au sein des organisations des difficultés pour les membres de collaborer dans les groupes formels. Ils se cristallisent de ce fait autour des normes transitionnelles érigées par eux-mêmes, afin d'assurer leur consistance cognitive et comportementale. Seulement, ce procédé cause par contrecoup l'émiettement de l'endo-groupe. Pour démontrer ce phénomène, une analyse documentaire empirique est réalisée.

**MOTS-CLEFS:** Organisation, norme organisationnelle, valeurs sociales, cohésion sociale.

### 1 INTRODUCTION

L'organisation est un milieu qui réunit des sujets pour la production des biens ou des services susceptibles de combler des besoins sociaux. La dynamique sociale organisationnelle est mue par les valeurs de base des différents membres qui la constituent. La valeur pour un groupe social est un repère pour les choix comportementaux de ceux qui y évoluent. Car, elle est à l'origine des lois, des règles, des conventions et coutumes qui régissent les groupes et les relations entre les individus qui les composent (Brée,1994). De ce fait, elle est un élément fondamental de l'inconscient collectif. En elle les individus se reconnaissent, retrouvent leur empreinte commune, facteur d'adhésion sociale. La valeur est un facteur clé de cohésion sociale, que l'on soit dans des sociétés post-matérialistes ou matérialistes (traditionnelles). Pour ces dernières, (Ingelhart, 2000) identifie des valeurs liées à la collectivité, à l'autorité, à la religion etc. Sociétés dans lesquelles (Schwartz, 2006) a identifié à son tour, cinq valeurs de bases globales à savoir : la sécurité, la tradition, la conformité, la bienveillance, l'universalisme, par opposition aux cinq autres valeurs caractérisant les sociétés post-matérialistes axées sur : le pouvoir, la réussite, l'hédonisme, la stimulation et l'autonomie. Par ailleurs, (Hellriegel et al., 2001) présentent les normes comme des principes prescrits de façon formelles ou implicites pour servir de repère au fonctionnement des acteurs organisationnels, elles jouent un rôle central dans la cohésion social ou assure le désire des membres du groupe de composer ensemble afin d'atteindre des objectifs organisationnels.

Les membres des organisations sont soigneusement sélectionnés et organisés dans un ensemble de façon stratégique pour interagir et atteindre des objectifs de travail selon des normes prescrites. Seulement, l'on constate une tendance

générale à une non adhésion aux groupes d'appartenance constitués aux seins des organisations et contre toute attente, une meilleure collaboration avec les groupes de référence. En général, le facteur affinitaire est la valeur partagée par le groupe. L'on remarque que les questions professionnelles et personnelles se résoudront dans les groupes informels en fonction des tendances idéologiques idéalisées des membres. Les organisations se trouvent donc face à un problème permanent de manque de collaboration dans les équipes de bases créées. Ce phénomène étant plus observé dans les organisations des sociétés matérialistes, caractérisées par un fonctionnement organisationnel basé sur des normes ne correspondant pas à leurs valeurs sociales locales, n'est-il pas judicieux de vérifier si, l'incompatibilité entre valeurs sociales et normes organisationnelles est un facteur de manque de cohésion sociale organisationnelle dans un contexte social traditionnel? Pour répondre à cette question, nous organiserons notre recherche en deux grandes parties suivies d'une discussion. Dans la première, nous aborderons la notion de valeur et le vécu des acteurs organisationnels dans un contexte marqué par une incompatibilité notable entre normes organisationnelles et valeurs locales. Nous déroulerons ensuite le processus de l'impact de cette incompatibilité sur l'absence de cohésion organisationnelle.

## **2 VALEUR COMME ÉLÉMENT CENTRAL DE L'ORIENTATION COMPORTEMENTALE**

### **2.1 CULTURE COMME SOURCE DES VALEURS**

Pour le psychologue social, la culture est un ensemble d'acquis communs aux membres d'un groupe. Elle est toute expression ou réalisation issue d'un système d'acquis mentaux. L'aspect intériorisé de cette notion a pour instance le psychisme. L'on peut énumérer parmi les acquis des principes culturels: les croyances, les traditions, les normes et les valeurs, les représentations collectives, les modèles et codes de référence... Ces éléments aux travers des jeux symboliques, des processus sociaux, des pratiques, sont au centre du comportement de l'homme lors de toutes ses interactions quotidiennes. (Mucchielli, 1986 ; Fischer, 1996).

Le système culturel représente une série d'images, de symboles et de représentations partagées par le groupe. C'est autour de ces représentations que se construisent les valeurs. Elles créent des stéréotypes, affectent la perception des individus et leur offrent des grilles de lecture pour leurs actes et pour ceux des autres. Ces grilles de lecture se construisent au moyen d'une fusion entre la personnalité individuelle et les données culturelles reçues. La valeur n'est donc pas un système structuré de l'intérieur des individus, mais se construit au contact des interactions avec l'extérieur, au contact de la société qui amène le sujet à intérioriser les valeurs sociales ou à s'adapter à son environnement social, dans le cas d'une socialisation secondaire. Parce qu'elle se construit dès l'enfance au sein d'un groupe, au moyen de la socialisation, la valeur est un élément d'identification.

(Freud, 1982) postule que, la constitution de l'identité adulte se joue pendant sa période d'enfance. La manière de résoudre cette période détermine dans le psychisme la conception de l'autorité, de l'amour et de la relation sexuelle chez l'adulte. Par ailleurs, Laing (1971) met en avant de la définition de la formation identitaire, "autrui" : la famille impose dès l'enfance des rôles et des façons de percevoir le monde, de l'appréhender. Ces approches de perceptions du monde ne résultent pas du choix de l'enfant mais, du désir des adultes de forger en face d'eux un vis-à-vis qui réponde à leur système d'attente. Cette personne jouera donc un rôle qui comble les attentes de ces derniers. L'identité se crée ainsi dans un système de relation. Les traces mnésiques laissées par le vécu interviennent dans les postures du sujet, sa perception du monde, et se déclinent dans ses règles de vie. Les valeurs d'un sujet peuvent néanmoins être modifiées par un groupe d'appartenance secondaire si celui-ci perçoit ledit groupe comme groupe de référence. Dans ce cas, il accepte de se soumettre aux valeurs y existant, même si elles sont non identiques à celles reçues antérieurement. Il peut dans ce cas modifier ses valeurs dans le but de les faire correspondre à ceux du nouveau groupe (Mucchielli, 1986).

Dans ce nouveau contexte, l'adaptation se fait en vue de la réduction de l'anxiété et du souci de conformité au nouveau groupe d'appartenance. Les nouveaux acquis deviendront au fil du temps de la routine et, s'organiseront selon des modalités comportementales constantes, tout en se façonnant en un système de pensée et enfin en système de conduite<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Le système de conduite est encore appelé "Système de sécurité" Ici, les croyances se présentent comme des conduites rituelles intégrées et partagées par les individus de la société. A.Mucchielli (1986, P.50)

De ce qui précède il ressort que, le fait de l'existence d'une multiplicité de sociétés de par le monde est source d'existence d'une multiplicité de valeurs. R. Inglehart, positionne les aires culturelles mondiales en deux axes suivant celles d'un repère orthonormé gradué de -2 à 2. Sur son axe vertical, il présente les valeurs traditionnelles entre -2 et le point zéro. Dans le sens croissant de l'axe des ordonnées vers 2, il présente les valeurs séculaires et rationnelles. Sur son axe des abscisses, il présente les valeurs de survie à partir de -2 et, dans le sens croissant au point 2, donc tout au bout de la droite, les valeurs d'épanouissement personnel, suivant le graphique ci-dessous. Selon lui, le développement humain fait passer les sociétés dans le sens croissant du repère. Cependant note-t-il : « Dans la majeure partie du monde, les changements de valeurs suivent une trajectoire grosso modo prévisible, sans que disparaissent nécessairement pour autant les différences culturelles traditionnelles » (Inglehart, 1993, cité par Mendras, 1999, p.300).

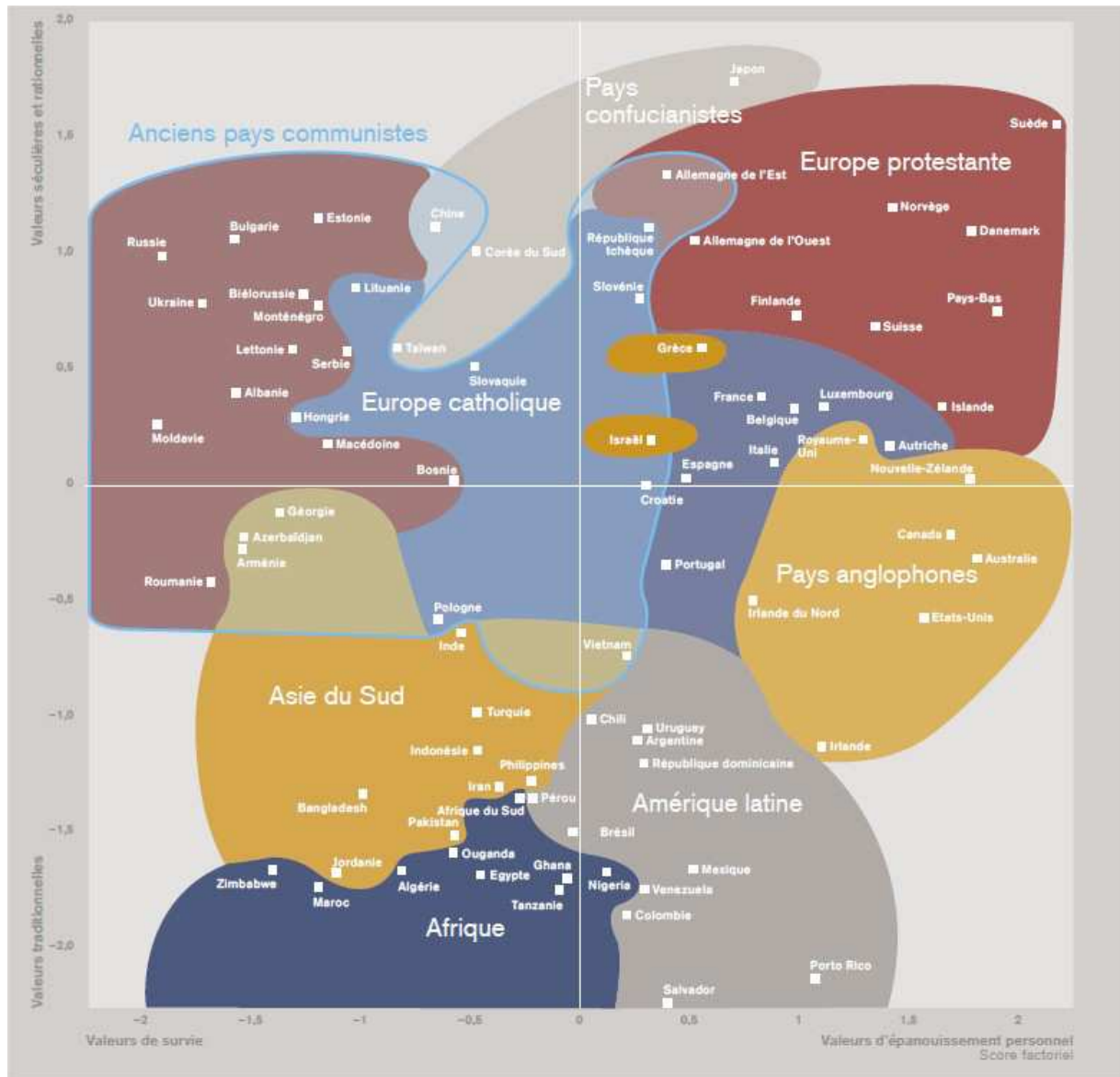


Figure n° 1 : (carte culturelle du monde de Ronald Inglehart) Enquêtes mondiales sur les valeurs 1995-1997 et 1990-1991.

Après une étude sur 65 sociétés, Inglehart ressort deux dimensions globales à travers les cultures. Il oppose donc les sociétés traditionnelles (matérialistes) (en bas à gauche) aux sociétés développées (post-matérialistes) caractérisées par : le "self-expression", la créativité, l'accord de la priorité à la protection de l'environnement, la disposition à bien tolérer la diversité culturelle, à demander une participation aux décisions politiques, économiques, éthiques, à s'impliquer dans l'éducation des enfants, à aborder les débats de façon tolérante, à cultiver la confiance interpersonnelle, à tolérer et être confiant en ce qui concerne la pratique de la démocratie et, à laisser libre cour au débat contradictoire.

Ingelhart (2000) pense que la sécurité physique et économique permet aux individus de ne plus avoir des besoins d'ordre physiologique et les amène à se tourner vers des préoccupations d'épanouissement. Les sociétés traditionnelles sont donc caractérisées par des besoins physiologiques car, elles sont au stade de la recherche des besoins basiques tels que : la nourriture, le vêtement et pratique des activités de subsistances. Les individus dans ces sociétés dépendent des dons de la nature car, ne peuvent créer des conditions environnementales susceptibles de répondre à leurs besoins. Ils s'en remettent donc à la providence. Dans ces sociétés dites agricoles, les valeurs religieuses sont très développées. Par contre, la planification, la créativité sont presque inexistantes car, l'on s'en remet aux bons soins de Dieu. C'est en ce sens qu'il affirme : « *Dès que la chaîne de montage remplace la charrue, la planification prend la place de Dieu. L'industrialisation évince la religion, et les valeurs deviennent séculières* » ( Ingelhart, 2000, p.5)

Devèze (2010) dans son étude des projets des sociétés emboîte le pas à Ingelhart. Il met en relief comme valeurs des sociétés traditionnelles: l'amour, l'amitié, le respect, la tolérance, la paix, l'ouverture, l'affection, la simplicité. A celles-ci s'ajoutent d'autres valeurs plus triviales, comme la force, le pouvoir, le plaisir ou la réussite, l'importance des relations harmonieuses avec son entourage, la fertilité et la fécondité.

## **2.2 ORIGINE ET EXISTENCE D'UNE INADEQUATION ENTRE VALEURS SOCIALES ET NORMES ORGANISATIONNELLES**

Les normes organisationnelles découlent de deux sources principales à savoir, les principes formels ou tacites de fonctionnement des organisations d'une part, et d'autre part des valeurs et normes propres des membres de l'organisation reçues dans leurs contextes de socialisation précédents. La source première des valeurs des acteurs organisationnels est le système psychosocial auquel ils appartiennent, tel qu'il a été démontré plus haut.

Les règles de fonctionnement des organisations sur la quasi-totalité des continents sont en général élaborées par les acteurs des sociétés post-matérialistes. Ces derniers sont les concepteurs des normes de fonctionnement organisationnelles reconnues sous le label de normes ISO (Organisation Internationale de Normalisation), régissant le fonctionnement organisationnel à l'échelle mondiale. Ces normes sont conçues sur la base des valeurs nationales et non universelles. Notons qu'avant l'existence de ces normes ISO, les modèles de gestion des organisations africaines ont toujours été calqués sur les modèles d'outre mer. Ceci tient du fait que, les systèmes appliqués au sein des organisations africaines étaient en général des legs des colons et par la suite, un héritage de l'impérialisme (Karamoko Kané, 2006). Les normes ISO présentent des valeurs intimement liées à celles de ces milieux économiquement développés. Ceci pourrait être justifié par la pensée selon laquelle la pratique des valeurs des pays développés serait un atout pour l'émergence de ceux des contextes sous-développés, pour rejoindre le débat selon lequel, les attitudes et les dispositions mentales précèderaient la réussite économique (Mendras, 1999).

Appliquées dans un contexte social matérialiste ou traditionnel, les normes issues de telles valeurs président au fonctionnement stratégique, fonctionnelle et opérationnelle des organisations et régissent la qualité des rapports qu'entretiennent les membres de celle-ci. Elles définissent : la politique d'ouverture, le confort matériel et moral, la qualité des tâches, les fonctions occupées, la disponibilité et la fluidité de l'information, la souplesse de la supervision, l'encouragement des idées novatrices, l'esprit d'équipe, le sentiment d'équité, la responsabilité et l'autonomie, l'implication, la liberté d'expression, la qualité des relations personnelles. Pendant qu'elles se déploient, les normes propres des acteurs des organisations, celles émanant de leurs valeurs culturelles, qui font partie intégrante de leur identité, se déploient en même temps au sein de l'organisation. Elles ne peuvent être tout de go battues en brèche car, elles sont des éléments de leur identité (Rojot, 2003). Elles se déploient donc dans toutes les dimensions de la vie organisationnelle aussi bien que les normes formelles imposées par le sommet stratégique, découlant des valeurs étrangères.

En effet les deux types de normes coexistent et fonctionnent tantôt parallèlement, tantôt en opposition au sein de l'organisation. Le parallélisme entre celles-ci découle du fait qu'en général, les valeurs humaines de référence à l'instar de la préservation de la santé, de la vie, se retrouvent dans la grande majorité des sociétés. Elles peuvent être transversales dans tous les milieux culturels. Par contre, lorsqu'il s'agit des valeurs triviales liées aux intérêts ou aux rapports interpersonnelles tels que : l'autorité, le gain, le pouvoir, le plaisir, la réussite, la solidarité la prise d'initiatives, la sanction, la liberté d'entreprendre, la question de l'honneur, l'égalité, la sécurité, la paix...les normes divergent plus (Shalom Schwartz, 2006).

### 3 EFFET DE L'INADEQUATION ENTRE VALEURS SOCIALES ET NORMES ORGANISATIONNELLES SUR LE MANQUE DE COHESION SOCIALE

#### 3.1 ABSENCE DE CONSISTANCE COGNITIVE COMME CONSEQUENCE

Les valeurs et normes de fonctionnement des organisations élaborées dans un contexte sociétal post matérialiste, s'imposent aussi à l'acteur de l'organisation du contexte matérialiste. Ceci s'explique par le fait que, ce dernier est tenu de s'y soumettre, quoiqu'il n'existe pas toujours chez lui une harmonie entre ces normes et celles précédemment connues de lui, ni entre celles-ci et ses dispositions mentales et comportementales. Par contre, le besoin d'équilibre psychologique dispose plus les acteurs organisationnels à une réceptivité aux normes érigées sur la base des valeurs de leur propre contexte culturel. Cet antagonisme entre normes usuelles et normes de valeurs étrangères pose donc un problème d'inconsistance cognitive chez les acteurs organisationnels, induisant un comportement atypique au sein des organisations. Comportement non profitable ou non rentable dans le contexte de l'exercice de leurs fonctions. C'est en référence à ce manque de consistance cognitive que (Kamdem, 2002) parle de l'état dichotomique de la personnalité des membres des organisations africaines, entraîné par l'application d'un style managérial étranger. Cet état de tension mentale sera source d'un besoin de consonance ou de consistance cognitive.

Une lecture de ce phénomène au moyen de la théorie de la consistance cognitive permet de constater que, le besoin de consistance cognitive découle de l'inconfort psychologique vécu lorsque les croyances d'un individu, ses opinions, son savoir, ses idées ne coïncident pas entre elles ou encore, lorsque celles-ci ne coïncident pas avec son comportement. Cet état d'inconfort poussera ledit sujet à mettre sur pied des stratégies dans le but de relativiser ou de supprimer les cognitions sources de dissonance. Le but de cette restructuration mentale étant, l'évitement de l'inconfort produit par sa dissonance cognitive (Festinger, 1957). Pour le faire, le sujet en proie à la dissonance cognitive peut : nier les cognitions dissonantes, les éviter, ajouter des cognitions consonantes pour diluer l'intensité des cognitions dissonantes, en vue de retrouver l'équilibre ou la consonance cognitive, fondement de la consistance cognitive et comportementale.

En effet, le maintien de l'équilibre Psychologique, de l'harmonie entre les cognitions, l'établissement d'une coïncidence entre attitudes et comportements passent inéluctablement par une consistance cognitive. (Heider, 1946), l'auteur de la théorie de la consistance cognitive explique la raison de la recherche de cette consistance par les sujets sous trois registres.

Le premier s'inscrit dans les attentes des uns vis-à-vis du comportement des autres. Ainsi, le fait que l'on s'attende à ce qu'une personne produise un comportement cohérent avec ses attitudes et ses traits personnalité à l'égard d'un objet, pousse ce dernier à rechercher la consistance cognitive. A cet effet, (Bouchet et al, 1996) affirment : « *la relation entre attitude et comportement permet à l'individu de stabiliser son environnement et de prédire le comportement d'autrui* » (p.134).

En second lieu, on s'attend à ce que certains comportements soient consistants chez une même personne. Ainsi, si un sujet présente de l'attraction ou de l'aversion pour un objet, les autres comportements connexes à l'attitude adoptée relativement au même objet, devraient être cohérents, avec le comportement précédemment admis vis-à-vis dudit objet.

Au demeurant, il est indispensable qu'il y ait chez un même sujet, une consistance entre ses cognitions (savoirs, croyances, opinions... ). C'est la troisième raison de la nécessité de la consistance cognitive ( Bouchet et al., 1996 ; Fischer, 1996 ; Moscovici, 1984).

Du fait que l'environnement procédural des normes organisationnelles ne correspond pas à celui selon lequel les membres de l'organisation des milieux traditionnels sont disposés à fonctionner, il s'ensuit un déséquilibre cognitif chez les acteurs. La restauration de cet équilibre nécessite qu'il y ait symétrie entre les différents éléments de l'environnement procédural organisationnel et ceux de l'environnement culturel. Dans ce cas, le fait que les membres de l'organisation aient leurs valeurs propres, donc leurs normes propres ne concordant pas avec celles régissant leurs organisations, entraîne un manque de consistance cognitive et comportementale. L'inconfort vécu les emmènera à modifier les rapports entre ces éléments normatifs afin de restaurer l'équilibre psychologique perdu (Lewin, 1951).

Pour rétablir ledit équilibre, les facteurs mis en jeu sont d'une part, les représentations et les valeurs des acteurs organisationnels : valeurs centrales aussi bien pour les psychismes individuels que collectifs, et donc difficilement modifiables et d'autre part, les normes organisationnelles qui, lorsqu'elles sont modifiées ou non suivies, sont passibles de sanctions disciplinaires. Le sujet optera pour la seconde approche. Si celle-ci paraît difficile du fait du risque de sanction, elle présente néanmoins pour lui un risque moindre, dès lors qu'elle n'attaque pas les fondements de son identité. L'individu ajoutera donc une autre variable afin de diluer l'effet de l'élément dissonant. Il introduira à cet effet de nouvelles normes à forte charge et distance consonantes, découlant de ses valeurs propres, afin de mieux évoluer dans son milieu, satisfaire

ainsi son moi et les attentes de ses alter égos. Il s'agira de restructurer les valeurs existantes en organisations, afin d'en concevoir d'autres qui soient nouvelles, qui coïncident avec la vision des acteurs (Moscovici, 1984).

### **3.2 BESOIN DE CONSISTANCE COGNITIVE COMME SOURCE D'ERECTION DE NOUVELLES NORMES ORGANISATIONNELLES**

Le manque d'équilibre psychologique a des effets aussi bien sur le groupe que sur les individus qui le constituent en tant qu'entités isolées. Il conduit : au stress, aux conflits interpersonnels de toutes natures et à bien d'autres maux sociaux organisationnels.

Le besoin de rééquilibre emmènera les acteurs organisationnels à développer des stratégies de stabilisation de la situation en développant de nouvelles normes organisationnelles, leur permettant de mieux appréhender leur condition. Plusieurs cas de figure pourront se présenter. Les acteurs organisationnels peuvent supprimer les normes qui ne leur conviennent pas. Ils ne les suivront donc pas et mettront un accent exclusif sur leurs normes propres. De plus, ils peuvent dans une autre mesure transformer ces normes dissonantes, de sorte qu'elles existent de forme mais, avec un contenu relatif à d'autres normes. En fin, ils peuvent introduire de nouvelles normes qui leur permettront de fonctionner à cheval entre celles qui leur sont imposées et celles qui leur permettent d'interagir naturellement, qui leur permettent de laisser libre cours à l'expression de leur identité.

Seulement, ces principes de fonctionnement non contrôlés, ne sont pas toujours profitables à la communauté organisationnelle toute entière. L'émergence des normes non formelles favorise à son tour, l'émergence des principes de fonctionnement déstabilisateurs du climat social, amenuisant la qualité des relations interpersonnelles ( Hellriegel et Slocum, 2006). Les trois nouvelles formes de normes sus- mentionnées ne peuvent se mettre en œuvre dans un bloc consensuel social. Elles induiront des divergences de pensées en fonction des affinités culturelles ou idéologiques. Les membres de l'organisation se cristalliseront autour des noyaux qui représentent le plus leur vision de la norme parfaite. Il se formera des groupes d'adhésion, d'une approche de pensée à une autre. Le groupe organisationnel ne pourra plus être fédéré autour d'une même vision. L'on assistera à l'émiettement de l'endo-groupe entendu comme groupe de base constitué par les membres de l'organisation dans leur ensemble, ou par les membres des équipes de travail formelles.

### **3.3 L'ÉMIETTEMENT DE L'ENDO-GROUPE**

L'on entend par cohésion sociale organisationnelle « *la force et le désir des membres de rester dans une équipe et leur adhésion à celle-ci. La cohésion est influencée par le degré de compatibilité entre les objectifs du groupe et ceux des membres individuels* » ( Hellriegel et Slocum, 2006, p.301). La cohésion sociale au regard des valeurs propres à l'Afrique (entre autre le collectivisme, qui est l'une des valeurs permettant aux acteurs organisationnels de s'apporter mutuellement du soutien, du réconfort, de s'entraider, d'éviter les conflits, de valoriser la récompense ou la sanction collective, de ne pas prendre d'initiatives dans le but de rester solidaire à la tendance générale, de préserver le statu quo...), perd ses atouts. La pluralité des normes érigées en fonction des différents pôles de réflexion, induit des failles ou des scissions sociales organisationnelles. (Kamdem, 2002).

Reprécisons que, l'ensemble des connaissances, perceptions, croyances, affects et conations des sujets en situation organisationnelle, est le résultat d'un cumul sur le plan psychologique et intellectuel qui permet à un sujet, face aux interactions sociales en organisation, d'élaborer des grilles de lecture qui lui permettront d'évaluer sa position ou celle de son groupe par rapport à un objet, d'attribuer des valences aux objets, d'évaluer la nécessité de se soumettre ou non à la vision globale organisationnelle. Ce cumul est fonction en grande partie de la perception, de l'orientation affective ou de la position que le groupe de référence adopte vis-à-vis d'un objet. C'est en ce sens que Fischer affirme : « *La réalité sociale n'est pas réductible à la réalité objectivée : chacun manipule des symboles pour agir. Les processus sociaux sont des jeux symboliques qui permettent de donner une interprétation aux croyances et aux valeurs produites dans une société.* » ( Fisher, 1996, p.21).

Une étude de (Mbiah, 2016) portant sur *l'effet des facteurs psycho-culturels sur la résistance au changement du comportement organisationnel* montre qu'une culture organisationnelle mal adaptée, offrant la possibilité de multiplier ou d'ériger des valeurs différentes afin que, ses acteurs aient un comportement cohérent avec ceux de leur milieu culturel ou encore, à cause de la nécessité pour ceux-ci de satisfaire les attentes des autres ou les leurs propres, crée des failles et une division de l'endo-groupe. Ce clivage de l'endo-groupe, emmène les acteurs à poursuivre les objectifs organisationnels au travers des groupuscules formés, et des idéologies différentes. La conséquence en est le manque de cohésion sociale qui se décline dans : le manque d'esprit d'équipe et de soutien social, l'adoption d'attitudes de sabotage et de destruction des projets organisationnels lorsque ceux-ci nécessitent l'implication des personnes de groupes opposés.

Laissant par devers eux un état de cohésion sociale dû à l'antagonisme entre normes organisationnelles et valeurs sociales, les nouveaux groupes nés de l'émiettement de l'endo-groupe se positionnent en vis-à-vis, se perçoivent comme des exo-groupes et développent les uns envers les autres un sentiment d'adversité. Dans les rapports qu'entretiennent ces derniers, il existe un souci de protection des consensus arrêtés avec les paires en vue de la régulation des rapports avec ceux-ci et, un souci de construction d'un noyau dur en interne au sein duquel, chaque membre se sente protégé des attaques extérieures, tout en bénéficiant du soutien interne qu'apporte son groupe d'appartenance. Il se crée donc un type de positionnement impliquant une compétition psychologique. En effet, l'existence de nouvelles normes non formelles en organisation, source de divisions internes, crée une perception des paires identique à celle adoptée envers les membres d'un exo-groupe quelconque.

#### 4 DISCUSSION

Cette étude a pu établir une relation entre normes organisationnelles, valeurs sociales et cohésion sociale organisationnelle précisément, en ce qui concerne l'impact de la non superposition entre les normes pratiquées et celles recommandées au sein de l'organisation, sur la dislocation du groupe de base organisationnel. Plusieurs autres études présentent des résultats susceptibles de corroborer cette démonstration.

(Shwartz, 2006) dans son étude sur : *L'impact des valeurs culturelles sur la cohésion sociale organisationnelle* démontre que, le fait de promouvoir la tradition peut améliorer la solidarité au sein du groupe et de ce fait, faciliter le fonctionnement et la survie du groupe. Il s'agit ici comme dans le cadre de notre étude, de la nécessité pour les organisations, de concevoir des normes organisationnelles sur la base des valeurs qui sont celles de leurs membres, dans le but d'assurer la cohésion sociale organisationnelle donc, de maintenir l'union des équipes de travail dans le temps. Le non suivi de ce processus peut inéluctablement conduire à la dislocation des groupes de base existant. C'est d'ailleurs sous la même impulsion qu'une étude de (Hawthorne, 1930) reprise par (Scheid, 1990) démontre qu'au sein d'une organisation, l'existence de sous organisations informelles divergentes de celles formellement établies affectent la construction d'une identité collective. L'identité collective ici étant les valeurs partagées par les membres, le fait de la reconnaissance identitaire dans l'endo-groupe entre les groupes formellement constitués est un facteur de maintien de ces différents groupes dans un agrégat susceptibles d'évoluer selon le même courant idéologique. L'avantage de cette reconnaissance identitaire étant d'empêcher l'émergence des normes et groupes informelles dissemblables de ceux formellement établis.

Cette recherche montre bien que, le désir d'appartenir de l'individu et l'attractivité entre les membres du groupe passent par une uniformisation entre les normes canoniques organisationnelles et celles des acteurs. En effet, le non alignement de ces deux pôles conduit à une scission du groupe qui conduira à une polarisation des sujets en fonction des normes consonantes pour eux. Car, les groupes se formeront en fonction de l'uniformité normative. (Katz et Kahn, 1966) dans le même ordre d'idées démontrent que, la cohésion du groupe est fortement corrélée à la pression, à l'uniformité normative. Si l'on se réfère au fonctionnement des groupes de bases, l'on comprend que le libre cours à l'émergence de nouvelles normes orientera les sujets vers la construction de plusieurs pôles en fonction des normes valorisées par chacun de ces groupuscules. Ainsi, les sujets adhéreront au groupe qui assure le mieux une concordance entre leurs valeurs propres et celles de leur groupe de référence. L'étude de (Tuckman, 1965) le précise davantage. Il démontre que, les décisions élaborées par une équipe avec des membres de types semblables sont prises avec plus de facilité et en moins de temps.

En objection aux premiers auteurs qui soutiennent qu'il est indispensable pour le groupe de fonctionner sur la base de normes non dissonantes pour ses membres afin de maintenir leur cohésion, des auteurs tels Hellriegel et al., affirment que, dans le rapport entre normes organisationnelles non dissonantes et cohésion sociale des membres, autres facteurs pourraient influencer. Il s'agit du niveau de qualification des membres et des conditions de construction du groupe. Ainsi, si la cohésion du groupe est née d'un rapport de confiance et d'une adhésion commune à des objectifs de réalisation, malgré les différences individuelles en terme de normes et d'idéologies, des équipes extrêmement performantes peuvent bénéficier d'un fort engagement et d'une volonté d'union de leurs membres, c'est en ce sens qu' (Hellriegel et al., 2006) affirme : « *Le rapport entre la cohésion et la conformité aux normes ne sont pas simples. L'on associe habituellement une faible cohésion à une faible conformité. Toutes fois, une forte cohésion n'implique pas exclusivement une forte conformité* » (p. 301).

Quoi qu'il soit vrai que la superposition entre normes organisationnelles et valeurs des membres est indispensable pour assurer la cohésion sociale, il existe cependant des situations dans lesquelles la cohésion du groupe peut perdurer en dépit de ces deux facteurs.

## 5 CONCLUSION

La théorie de la conformité sociale sur la question de l'influence normative démontre que, le groupe évalue le comportement et les opinions de ses membres dans le but d'assurer en permanence sa cohésion. Les sujets découverts comme déviants, s'écartant du consensus du groupe, sont évalués négativement et rejetés de celui-ci. Par conséquent pour éviter la punition ou le rejet, les sujets se conforment (Moscovici, 1984). Dans le cadre de cette étude, la lecture de cette théorie devient ambiguë. Les membres de l'organisation ici ont plusieurs repères normatifs. L'on pourrait dire que, lorsque ces sujets sont en organisations leurs repères normatifs sont ceux édictés par l'organisation et qu'une fois hors de celle-ci, les repères sont ceux de leur contexte social. Il émergera donc une dichotomie comportementale qui sera difficile à gérer pour les membres de l'organisation. Ce qui représente d'ailleurs le point archimédien de cette étude. La théorie de la dissonance cognitive de L. Festinger étaye davantage ce point en démontrant que, le souci de vouloir créer une harmonie entre des éléments cognitifs discordants crée un déséquilibre psychologique chez les sujets (Bouchet et al., 1996). Dans le but de conserver leur consistance comportementale et cognitive, les acteurs organisationnels des sociétés traditionnelles subissant des normes liées aux valeurs des sociétés post-matérialistes mettront sur pied des normes transitionnelles qu'ils appliqueront dans des sous groupes reconstitués en fonction de leur tendance normative consonnantes, afin d'échapper à la dissonance cognitive. Ainsi, le choix des normes régissant le fonctionnement organisationnel devrait se faire au regard des valeurs de bases du contexte dans lequel se trouve l'organisation. Un écart considérable entre ces valeurs et les normes organisationnelles ne saurait donc être un atout pour la cohésion sociale organisationnelle. L'on ne saurait par contre dire que cette réalité ne pourrait se vivre que dans les organisations des sociétés traditionnelles. Les organisations des autres contextes sociétaux qu'ils soient post matérialistes ou à mi-parcours, pourraient être sujettes aux mêmes conséquences si la situation inverse se produisait. De ce fait, les managers des organisations des sociétés traditionnelles devraient élaborer des normes organisationnelles propres à leur contexte. En outre, les psychologues des organisations des contextes sociaux traditionnels devraient agir en amont de ces managers en faisant un repérage des valeurs sociales susceptibles d'être des atouts pour le management des organisations locales, tout en précisant comment celles-ci pourraient être déclinées en principes de fonctionnement organisationnels.

Toutefois, au terme de ce travail, n'est-il pas important de considérer ce que postule la théorie de l'engagement et manipulation. Elle développe l'idée selon laquelle, l'engagement des individus dans une action individuelle ou groupale est central pour le passage à l'acte. Ainsi, la norme sociale n'est pas le déterminant du comportement organisationnel mais plutôt, l'engagement des sujets qui établit un lien entre l'acte et ses derniers (Rojot, 2003). De ce postulat, n'est-t-il pas nécessaire d'étudier la place de l'engagement dans l'acceptation des normes organisationnelles ?

## REFERENCES

- [1] Bouchet, J. (1996). Psychologie sociale : approche du sujet sociale des relations interpersonnelles. Paris : Edition Bréal.
- [2] (Brée, J. (1994). Le comportement du consommateur. Paris : Dunod.
- [3] Devèze, J.-C. (2010). Se (re)trouver dans l'anarchie des valeurs.  
En ligne, <http://www.bestairboattours.com/explorer.php?rt=Dev%u00e8ze%2c+J.-C.+%282010%29.+Se+%28re%29trouver+dans+l%27anarchie+des+valeurs> consulté le 9 septembre 2014.
- [4] Festinger, L. (1957). A theory of cognitive dissonance. Evanston III: Row et Peterson.
- [5] Fischer, G.-N. (1996). Les concepts fondamentaux de la psychologie sociale (2<sup>e</sup> éd.), Paris : Dunod.
- [6] Heider, F. (1946). Attitudes et organisation cognitive. In C. Facheux et S. Moscovici (Eds.), Psychologie sociale théorique et expérimentale (pp. 17-20). Paris : Mouton.
- [7] Hellriegel, D. et Slocum, J. (2006). Management des organisations (2<sup>e</sup> éd.), Paris : Edition Nouveaux horizons.
- [8] Inglehart, R. et Wayne et Baker, E. (2000). « Modernization, cultural change and the persistence of traditional values ». American Sociological review, Vol(65), pp. 19-51.
- [9] Kamdem, E. (2002). Management et interculturalité en Afrique : Une expérience camerounaise. Canada : Presse universitaire de Laval.
- [10] Karamoko Kané. (2006). Culture Africaine et participation à la mondialisation : In J.-C. Berthélemie et Abdoullah Coulibaly(Eds.), Culture et développement en Afrique (pp. 35-61). Paris : l'Harmattan.
- [11] Katz, D. et Kahn, R. L. (1966). The social psychology (1<sup>ère</sup> éd.), News York : Edition of organization.
- [12] Lawrence, P. R. et Nitin Nohria. (2002). How human nature shapes our choices. San Francisco: Book Review Driven.
- [13] Levine, J. M. (1980). «Reaction to opinion deviance in small groups» in P. Paulus, Psychologie of group influence. Hillsdale: NJ Erlbaum.
- [14] Lewin, K. (1951). Field Theory in Social Science. New York: Harper et Row.

- [15] Lugan, J-C. (2000). La systématique sociale (3<sup>e</sup> éd.), Collection Que sais-je ? Paris : PUF.
- [16] Maisonneuve, J. (1950). La psychologie sociale (21<sup>ème</sup> éd.), Paris : PUF.
- [17] Maisonneuve, J. (1968). La dynamique des groupes. Paris : PUF.
- [18] Mendras, H. (octobre 1999). Homogénéisation ou diversification des systèmes de valeurs en Europe occidentale. Revue de l'OFCE (n° 71). (pp.300 -311). En ligne,  
[https://www.google.fr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&ved=0CDkQFjAE&url=https%3A%2F%2Fwww.mysciencework.com%2Fpublication%2Ffile%2F1890012%2Fhomogeneisation-ou-diversification-des-systemes-de-valeurs-en-europe-occidentale&ei=T0dLVYv3GcatUeSLgIAJ&usg=AFQjCNG\\_RZJQgyR2jHTYaJ2cSJZFZK69eg](https://www.google.fr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&ved=0CDkQFjAE&url=https%3A%2F%2Fwww.mysciencework.com%2Fpublication%2Ffile%2F1890012%2Fhomogeneisation-ou-diversification-des-systemes-de-valeurs-en-europe-occidentale&ei=T0dLVYv3GcatUeSLgIAJ&usg=AFQjCNG_RZJQgyR2jHTYaJ2cSJZFZK69eg) (9 septembre 2014)
- [19] Mbiah, A. F. (2014). Facteurs psycho-culturels et résistance au changement de comportement organisationnel : le cas de la lutte contre la corruption la Fonction Publique Camerounaise. PHD en Psychologie des Organisations. Non publié : Université de Maroua.
- [20] Moscovici, S. (1984). Psychologie sociale. Paris : PUF.
- [21] Mucchielli, A. (1986). L'identité, 7<sup>ème</sup>ed. Paris : PUF.
- [22] Rojot, J. (2003). Théorie des organisations. Paris : Editions ESKA.
- [23] Shalom Schwartz, (2006). Les valeurs de base de la personne : théorie, mesures et applications, Vol (47), pp. 929-968. Paris : Revue française de sociologie.
- [24] Sheid, J-C. (1990). Les grands auteurs en organisation. Paris : Boardas.
- [25] Voynnet Fourboul, C. (2013). Groupes et équipes : comportement organisationnel. En ligne, [www.google.fr/search?biw=603&bih=965&noj=1&ei=yt0](http://www.google.fr/search?biw=603&bih=965&noj=1&ei=yt0) consulté le 15 Avril 2016.

## Contrôle Pharmaceutique des marques de comprimés d'ibuprofène vendus dans les secteurs formel et informel au Cameroun

### [ Pharmaceutical control of ibuprofen tablets brands sold in the formal and informal sectors in Cameroon ]

**Emmanuel NNANGA NGA<sup>1-2-3</sup>, Stéphanie TAMDEM GUETCHUENG<sup>3</sup>, Marie Rosine MANGA<sup>1</sup>, Lazare SIDJUI SIDJUI<sup>3</sup>, and Emmanuel A. MPONDO MPONDO<sup>1-2</sup>**

<sup>1</sup>Département de Sciences Pharmaceutiques, Faculté de médecine et des sciences pharmaceutiques, Université de Douala, B.P. : 2701 Douala, Cameroun

<sup>2</sup>Département de Pharmacie Galénique et Législation Pharmaceutique, Faculté de médecine et des sciences biomédicales, Université de Yaoundé I, B.P. : 1364 Yaoundé, Cameroun

<sup>3</sup>Laboratoire de Technologie Pharmaceutique, Institut de Recherches Médicales et d'études des plantes Médicinales (IMPM), B.P. : 6163 Yaoundé, Cameroun

---

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 proliferation of illicit drug markets facilitate the flow of doubtful quality products of uncertain origin to the most disadvantaged populations. The consumption of counterfeit medicines that do not meet international standards can explain the repeated treatment failures, the development of tolerance or even addiction to drug observed after taking generic drugs. High consumption of compressed ibuprofen, second most consumed analgesic after paracetamol led us to a comparative study of physicochemical and dosage parameters of the generic pill ibuprofen 400 mg sold in the formal and informal market in Douala according to international pharmacopoeia. The results show that non-normalised medicines are present both in the formal and in the informal circuit. Each of the circuits presented a compliance rate of about 80%. Moreover, the presence of the same batch of tablet, from the same laboratory both in the formal and in the informal circuit would be a proof that the informal market of drugs "gazon" supply is assured by both the smuggling and the formal distribution sector. It is imperative that Governments in countries such as Cameroon through health and safety officers take radical decisions to control the quality, stability and efficiency of drugs introduced in their countries.

**KEYWORDS:** Ibuprofen, "gazon", formal circuit, smuggling, international standard, treatment failure.

**RÉSUMÉ:** La multiplication des marchés illicites de médicaments facilite la circulation de produits de qualité douteuse et d'origine incertaine à destination des populations les plus désavantagées. La consommation de médicaments contrefaits ne répondant pas aux normes internationales expliquerait les échecs thérapeutiques répétitifs, le développement de tolérance ou même de dépendance à un médicament observé suite à la prise de médicaments génériques. La consommation élevée de l'ibuprofène comprimé, deuxième analgésique le plus consommé après le paracétamol nous a menés à une étude comparative des paramètres physico-chimiques et galéniques de l'ibuprofène comprimé générique dosé à 400 mg vendus dans le circuit formel et informel dans la ville de Douala suivant la pharmacopée internationale. Les résultats montrent que les médicaments hors normes sont présents aussi bien dans le circuit formel que dans le circuit informel. Chacun des circuits présentant un taux de conformité de l'ordre de 80%. Par ailleurs la présence du même lot de comprimé aussi bien dans le circuit formel que dans le circuit informel serait une preuve que l'approvisionnement de marché informel de médicaments « gazon » est assuré à la fois par la contrebande et le secteur formel de distribution. Il est impératif que Les gouvernements

des pays tel que le Cameroun par le biais des agents de santé et de sécurité prennent des décisions radicales afin de contrôler la qualité, la stabilité et l'efficacité des médicaments introduits dans leurs pays.

**MOTS-CLEFS:** Ibuprofène, "gazon", circuit formel, contrebande, norme internationale, échec thérapeutique.

## 1 INTRODUCTION

Les pays en voie de développement dont fait partie le Cameroun, sont durement frappés par la prolifération des médicaments contrefaits et la contrebande qui en découle. De plus, la porosité des frontières et la vulnérabilité des institutions de contrôle (douane, police, et laboratoires d'analyse) font de ces pays la cible d'un marché de médicaments contrefaits. Compte tenu de la détérioration de leur situation économique et de leur difficulté à faire respecter les réglementations pharmaceutiques et douanières existantes, le circuit formel (pharmacie et homologue) qui constitue la voie officielle d'approvisionnement est donc en concurrence avec le circuit informel dont la traçabilité est non précise actuellement. D'après une enquête de l'ordre des pharmaciens du Cameroun, 97% des médicaments en circulation au Cameroun sont non homologués, et 40% des médicaments seraient contrefaits [1].

Dans les zones urbaines, la multiplication de ces marchés illicites de médicaments facilite la circulation de produits de qualité douteuse et d'origine incertaine à destination des populations. Ces médicaments contrefaits sont consommés majoritairement par les populations extenuées et appauvries par le poids des programmes d'ajustement structurel imposé par les institutions BRETONWOOD telle que le Fond Monétaire International, Banque Mondiale, etc. [2]. La consommation de ces faux médicaments expose le consommateur à une complication de sa maladie pouvant entraîner des risques graves de santé à plus ou moins long terme, le développement des résistances et même la mort de ce dernier. Dans notre programme d'étude du contrôle qualité des médicaments vendus dans des circuits informel afin de sensibiliser les populations sur les risques et dangers de leur consommation nous avons entrepris le contrôle pharmaceutique de l'ibuprofène.

L'ibuprofène (acide 2-(4-isobutylphényl)propionique) est un médicament appartenant au groupe des dérivés de l'acide propionique. Il est utilisé en médecine humaine pour fluidifier le sang, traiter des maux de tête, des douleurs musculaires et menstruelles douloureuses, la fièvre et l'arthrite avec des effets indésirables gastro-intestinaux et hématologiques nettement moins que les autres médicaments de la même famille [3], [4]. L'ibuprofène est le deuxième analgésique le plus consommé après le paracétamol [5]. Les douleurs d'origine inflammatoire, tout comme les autres douleurs, sont aujourd'hui bien prises en charge, grâce aux antalgiques de référence non stéroïdiens comme l'ibuprofène ou encore la morphine et ses dérivés pour les douleurs les plus rebelles. Ces médicaments sont efficaces mais présentent des effets secondaires non négligeables s'ils sont utilisés de façon prolongée telle que des troubles gastriques et rénaux, tolérance et même dépendance [6]. L'utilisation des antalgiques de nos jours s'étend bien au-delà des seules maladies inflammatoires ou à composante inflammatoire, puisqu'ils viennent au premier rang de la consommation médicamenteuse à visée analgésique quelle que soit l'origine de la douleur [6], [7]. La multiplication de la vente illicite du médicament dans les marchés du Cameroun et la consommation de plus en plus élevée de ces médicaments nous ont amenés à une étude prospective à visée descriptive sur l'évaluation de la qualité des génériques des comprimés d'ibuprofène dosé à 400 mg dans les circuits formels et informels de distribution de médicaments dans la ville de Douala.

L'intérêt de notre sujet est d'attirer l'attention des autorités compétentes sur la qualité des médicaments mis à la disposition des populations dans ladite ville, d'analyser les paramètres physico-chimiques et galéniques de l'ibuprofène comprimé suivant la pharmacopée internationale, et comparer les médicaments vendus dans le circuit formel et informel dans la ville de Douala.

## 2 MATERIALS AND METHODS

### 2.1 MATÉRIELS

L'acquisition des échantillons d'ibuprofène s'est faite à la suite d'un recensement des marques de génériques d'ibuprofène présent dans les hôpitaux, officines, centres de santé, grossistes publics (CAPR) et privés (LABOREX, UBIPHARM) pour ce qui est du Circuit formel de dispensation des médicaments et dans les points de vente illicites de médicament dit 'gazon' des marchés de la ville de Douala notamment les marchés de New- Bell, Bonamoussadi, Logbaba, Ndokoti et Bonaberi pour le circuit informel. Tout autre produit chimique et/ou réactif utilisés est de grade analytique.

## **2.2 EVALUATION DES COMPRIMÉS**

### **2.2.1 INSPECTION VISUELLE**

L'aspect général d'un comprimé est essentiel aux yeux du consommateur. La taille, la forme et la couleur des différentes marques de comprimés collectées ont été évaluées. Le diamètre et l'épaisseur des comprimés sont mesurés à l'aide d'un pied à coulins.

### **2.2.2 VARIATION DE POIDS**

Vingt comprimés de chaque formulation ont été sélectionnés au hasard et pesés individuellement. Le poids des comprimés individuels a été noté. Le poids moyen des vingt comprimés a été calculé et les poids individuels ont été comparés avec le poids moyen.

### **2.2.3 ESSAI DE DURETÉ**

La dureté est une force nécessaire pour briser un comprimé à travers le diamètre. La dureté d'un comprimé est une indication de sa force. La dureté a été mesurée à l'aide de l'appareil de mesure de dureté Schleuniger testeur-2E. Les valeurs sont exprimées en Newton (N).

### **2.2.4 TEST DE FRIABILITÉ**

La friabilité des comprimés a été déterminée à l'aide du Friabiliteur ERWEKA TA. Dix comprimés ont été pesés et placés dans le friabiliteur. Ce dernier a été mis en rotation à 25 tours par minute pendant 4 minutes. Puis les comprimés ont été retirés, dépoussiérés et pesés à nouveau. Le pourcentage de friabilité des comprimés est calculé par la formule suivante : Pourcentage de friabilité = [(poids initial - poids final) / poids initial] x 100. Trois essais par marque ont été effectués.

### **2.2.5 TEMPS DE DÉSAGRÉGATION**

Le test de désintégration a été effectué en utilisant l'appareil de désintégration ERWEKAZT 3. Un comprimé est mis dans chaque tube du panier du désintégrateur et l'ensemble est placé dans un bêcher d'un 1 litre contenant de l'eau distillée à 37°C±2°C. Le dispositif entraîné par un moteur standard est utilisé pour déplacer l'ensemble du panier contenant les comprimés de haut en bas sur une distance de 5 à 6 cm à une fréquence de 32 cycles par minutes. Le temps nécessaire pour qu'un comprimé se désintègre complètement est noté.

### **2.2.6 LA TENEUR EN PRINCIPE ACTIF**

Elle s'est déterminée par un dosage colorimétrique acido-basique en utilisant la phénolphaléine comme indicateur coloré. 400 mg d'ibuprofène en poudre soit un comprimé sont dissous dans 100 ml d'éthanol. La solution obtenue est titrée par une solution d'hydroxyde de sodium 0,1 N. Le point d'équivalence est repéré au virage de la coloration du mélange au rose. D'après l'équation  $\text{RCOOH}_{(aq)} + \text{OH}^{-}_{(aq)} \rightarrow \text{RCOO}^{-}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$ , 1ml de NaOH 0,1 N est indispensable pour réagir avec 20,63 mg d'ibuprofène [8], [9]. Le calcul de la teneur (T) en ibuprofène en % se fait selon la formule  $T = (\text{chute de burette/volume théorique}) \times 100$ .

## **ANALYSE STATISTIQUE**

Les résultats sont présentés en termes de moyennes ± erreur standard. Les données ont été analysées en utilisant le logiciel Microsoft Excel Software.

## **3 RESULTATS ET DISCUSSION**

Notre étude s'est déroulée dans la ville de Douala, durant la période allant d'Octobre 2013 à Juillet 2014. Quinze laboratoires de fabrication (Tableau 1) de comprimés d'ibuprofène génériques dosés à 400 mg ont été recensés dans les points formel et illicite de ventes de médicaments dans la ville de Douala notamment neuf dans le formel et six dans l'informel. Quelques laboratoires présentaient deux à trois lots de comprimés d'ibuprofène 400 mg sur le marché au moment

de l'étude. Dans le présent article, un lot par laboratoire a été analysé. Ces laboratoires répondent tous au besoin de traçabilité, fournissant les numéros de lots, dates de fabrication et d'expiration des comprimés, noms des fabricants, noms commerciaux et dénomination commune internationale du médicament, conditions de conservation et mode d'utilisation du médicament.

Les paramètres visuels et physico-chimiques, forme, couleur, dureté, friabilité, uniformité de masse, temps de désintégration et concentration en principe actif des différentes marques de génériques comprimés d'ibuprofène ont été évalués. Les résultats sont présentés dans les tableaux 2 et 3.

Sur le plan visuel, les comprimés collectés sont conformes à 100%. La couleur rose est la plus représentée dans l'échantillonnage : 60% suivie par le beige 20 % et les couleurs rose foncée, rose orangée et blanche représentant 6,66 % chacun. Il ressort deux types de formes de comprimés dans notre échantillonnage : la forme ovale à 26,67% et la forme ronde à 71,33%. Les comprimés enrobés représentent 93,33% de l'échantillonnage total et seulement 6,67% sont non enrobés (pelliculés). Les comprimés brillants représentent 53,33% de l'échantillonnage contre 46,67% de comprimés mats. 86,67% des comprimés n'ont pas une ligne de sécabilité. Le conditionnement dans des blisters de 10 comprimés et boîte de 100 comprimés est tout aussi conforme ; il a en effet constitué un critère d'inclusion dans la collecte des échantillons.

**Tableau 1 : Marques de générique d'ibuprofène 400 mg recensés**

Code	Nom de la marque	Numéro de lot	Fabrication-Expiration	Laboratoire de Fabrication	Pays du Fabricant	Circuit de vente
IBU1	Advil	3EA002	00/00-12/2015	Pfizer Santé Familiale	France	formel
IBU2	Ibu-Denk	2472	03/2013- 02/2017	Denk-Pharma GMBH CO.KG	Allemagne	formel
IBU3	Ibuprofen	13640	10/2013-09/2016	Strides Arcolab Limited	Inde	formel
IBU4	Ibuprofen	IBFT1327	07/2013-06/2017	Microlabs Limited	Inde	formel
IBU5	Ibufen-400	MTIB-1205	08/2012-07/2015	Maxtar Bio-Genics	Inde	formel
IBU6	Ibuprofen	TJ3108	00/00-08/2016	Relonchem Limited	UK	formel
IBU7	Ibuprofen	11425-01	06/2012-05/2015	Troge Medical GMBH	Allemagne	formel
IBU8	Ibugen	BL130408	04/2013-04/2016	UBITHERA	France	formel
IBU9	Ibuprofene Creafen	52	06/2012-06/2015	Bailly-Creat	France	formel
IBU10	Ebu 400	IBD 491	06/2012-05/2015	ME Cure Industries Ltd	Nigéria	informel
IBU11	Ibuprofene	12713069	00/00-10/2015	CINPHARM	Cameroun	informel
IBU12	Genofen-400	J-2109	11/2012-10/2015	Jay Formulations Ltd	Inde	informel
IBU13	Ibuprofen	AO391	05/2013-04/2016	Fourrts Laboratories Pvt Limited	Inde	informel
IBU14	Ibupzem	121005	10/2012-10/2015	Ningbo Shuangwei Pharmaceutical Co.Ltd	Chine	informel
IBU15	Ibuprofene	12.963	09/2012-09/2015	Guangdong Medicines and Health Products ILE Corp.	Chine	informel

L'analyse des résultats obtenus suivant les normes des Pharmacopées Internationale et Européenne, montre qu'en général les comprimés du circuit formel présentent une conformité à 81.66%, et ceux du circuit informel présentent une conformité à 86.3%. Les comprimés du circuit formel aussi bien que ceux du circuit informel présentent 100% de conformité d'uniformité de masses. Cependant, ce paramètre varie en fonction des fabricants et de leurs formulations et il n'est pas toujours garant de la qualité des comprimés sauf en cas de non correspondance avec le certificat d'analyse du fabricant pendant les contrôles. En ce qui concerne le temps de désintégration, pour qu'un lot de comprimés soit qualifié de conforme, 5 comprimés sur 6 de ce lot doivent se désintégrer dans une période de temps relative à la nature de ce comprimé. Cette période de temps doit être inférieure à 15 minutes pour les comprimés nus et à 60 minutes pour les comprimés enrobés quand le test est réalisé avec de l'eau distillée. Compte tenu de ces limites de contrôle, les comprimés du circuit formel ont présenté une conformité de 100% aussi bien que ceux du circuit informel. IBU5 a présenté le temps de désintégration le plus faible, 5,66 secondes. Un médicament qui se désintègre rapidement permettra à son principe actif d'être bio-disponible dans l'organisme et l'effet escompté sera également prompt.

La teneur en principe actif est très important. En effet, le non-respect de la dose recommandée lors de la consommation d'un médicament peut être une cause d'échec du traitement et aussi peut entraîner le développement des résistances [10]. Par ailleurs, le surdosage des comprimés peut entraîner des effets toxiques dangereux [10]. Compte tenu des normes

d'acceptation, 95- 105% de teneur en ibuprofène selon la pharmacopée Internationale, les comprimés du circuit formel sont conformes à 33,33% et ceux du circuit informel le sont à 83,33%. Ce résultat tout comme celui de Mbadinga [11] dans le cas d'une étude similaire réalisée à Bamako au Mali, remet en question la qualité des comprimés vendus autant dans le circuit formel que dans le circuit informel. Dans la présente étude, les teneurs en principe actif des marques IBU6 et IBU9 sont nettement plus élevées que la limite supérieure de la norme d'acceptation qui est de 105%. La consommation régulière et prolongée de ces lots peut en effet être la cause de conséquences telle que des troubles gastriques et rénaux ; elle peut également conduire le patient à développer des tolérances et même de la dépendance à ce principe actif.

Le mode de stockage, conservation et transport des médicaments peut avoir des conséquences néfastes sur la stabilité et la qualité de ces derniers [12]. Les tests de friabilité et de dureté sont très utiles afin d'évaluer l'action de l'environnement telle que température et humidité sur les médicaments conditionnés sous la forme comprimé [12].

**Tableau 2. Caractéristiques visuels des marques de comprimés d'ibuprofène**

Code	Couleur	Forme	Enrobage	Aspect	Sécabilité
IBU1	beige	ovale	oui	brillant	non
IBU2	blanche	ovale	non	brillant	oui
IBU3	rose	ronde	oui	mat	non
IBU4	rose	ronde	oui	mat	non
IBU5	rose foncée	ronde	oui	brillant	non
IBU6	rose	ronde	oui	mat	non
IBU7	rose	ronde	oui	brillant	non
IBU8	rose	ronde	oui	mat	non
IBU9	rose	ronde	oui	brillant	non
IBU 10	beige	ovale	oui	brillant	non
IBU 11	rose	ronde	oui	mat	oui
IBU 12	beige	ovale	oui	brillant	non
IBU 13	rose	ronde	oui	brillant	non
IBU 14	rose	ronde	oui	mat	non
IBU 15	rose orangé	ronde	oui	mat	non

**Tableau 3. Caractéristiques physico-chimique et teneur en principe actif des marques de comprimés d'ibuprofène**

Code	Diamètre (mm)	Épaisseur (mm)	Variation en masse (g)	Dureté (N)	Friabilité (%)	Temps de désintégration (s)	Concentration en principe actif (%)
IBU1	17,34±0,05	6,32±0,07	908,03±2,61	132±13,11	0,0023±0,001	870±15,59	97,48±4
IBU2	17±0	6±0	681±13,11	166±14	0,0004±0,00	222,66±15,01	112,82±3,61
IBU3	12,86±0,15	5,31±0,07	538,66±10,69	91,33±18,4	0,0009±0,00	130±13	99,40±7,32
IBU4	13±0	5,5±0,05	653,33±7,09	124±13,11	0,0009±0,00	200,66±12,20	112,48±14,34
IBU5	12,5±0	5,3±0,08	550,33±7,09	98,66±7,02	0,0008±0,00	5,66±0,20	100,44±0,59
IBU6	12,63±0,06	6,18±0,08	703,66±1,53	156,66±15,01	0,0004±0,00	120,6±2,43	130,37±5,87
IBU7	12,53±0,06	7,06±0,11	710±15,71	93,33±23,18	0,023±0,005	560,33±43,98	120,39±3,15
IBU8	11,96±0,06	5,93±0,11	637±6,24	175,33±6,43	0,00037±0,00	337±17,35	120,73±6,44
IBU9	12,96±0,06	5,3±0,05	664±9,84	170,66±7,02	0,0007±0,00	1374,33±26,46	126,24±2,15
IBU 10	12,15±0,05	5,9±0,10	635,66±8,73	134±6,92	0,0007±0,00	260±32,26	115,58±1,78
IBU 11	16,81±0,20	5,6±0,17	684,66±16,50	67,33±7,57	0,075±0,001	283,33±42,66	93,90±4,58
IBU 12	12,73±0,05	5,3±0,10	539±23,64	106±7,21	0,035±0,001	478,33±28,20	97,86±2,64
IBU 13	18,96±0,06	5,65±0,05	781,66±2,08	92,66±4,16	0,033±0,002	1230,33±48,21	100,1±2,58
IBU 14	13,96±0,11	7,18±0,03	862,33±16,62	132,66±25,79	0,011±0,001	881,33±23,71	103,19±1,79
IBU 15	12,45±0,05	6,25±0,05	554,66±10,96	89,33±5,03	0,056±0,002	320±18,47	99,92±0,59

Dans le cas de la présente étude, les comprimés du circuit formel présentent une conformité de la friabilité à 93,75% et ceux de l'informel, une conformité à 100%. Quant au test de dureté, les comprimés du circuit formel présentent 81,25% de conformité dans la dureté, contre 48,18% de conformes dans le circuit informel.

Le marché informel du médicament représente 40% du marché pharmaceutique dans certains pays comme le Cameroun [12]. Des études montrent que l'approvisionnement de ces marchés est assuré à la fois par la contrebande et le secteur formel de distribution [12], [13]. Dans notre cas d'étude également, quelques lots de comprimés d'ibuprofène 400 mg du même laboratoire se retrouvaient aussi bien chez les distributeurs agréés que chez les marchands du « gazon ». De manière générale, la non maîtrise du circuit d'approvisionnement et de distribution du médicament dans un pays est la cause de la présence dans ce dernier de médicaments de qualité douteuse pouvant entraîner des échecs thérapeutiques ainsi que de l'automédication responsable de l'abus de médicament, de toxicomanie, d'intoxication médicamenteuse et de résistances aux antibiotiques.

#### 4 CONCLUSION

La porosité des frontières et le manque d'institutions de contrôle de médicaments bien établies ajoutés à la corruption qui sévit dans les pays en voie de développement comme le Cameroun font de ces derniers la cible d'une importante marche de médicaments non conformes aux normes internationales. Ces médicaments se retrouvent aussi bien dans les circuits formels de distribution (pharmacies, hôpital, distributeur grossiste agréé) que dans les circuits informels (pharmacien non agréé « pharmacie du quartier », vente de médicament à l'achalandage « gazon »). Les gouvernements de ces pays par le biais des agents de santé et de sécurité doivent prendre des décisions radicales afin de contrôler la qualité, la stabilité et l'efficacité des médicaments introduits dans leurs pays et ainsi donc empêcher à leur populations d'être la cible d'une intoxication médicamenteuse, du développement d'une tolérance ou même d'une dépendance à un médicament donné.

#### REMERCIEMENT

L'analyse des échantillons a été effectuée dans les laboratoires d'analyse et de contrôle qualité des structures GENEMARK CAMEROUN S.A à Douala, et IMPM à Yaoundé au Cameroun.

#### REFERENCES

- [1] Ordre National des Pharmaciens du Cameroun, *97% des médicaments en circulation au Cameroun non homologués*, 2014. [Online] Available: <http://www.cameroun-online.com/actualite,actu-19491.html> ( 27 mai 2014).
- [2] J. Y. Videau, "La qualité des médicaments dans les pays les plus défavorisés," *Médecine Tropicale*, vol. 66, pp. 533-537, 2006.
- [3] G. Caviglioli, P. Valeria, P. Brunella, C. Sergio, A. Attilia and B. Gaetano, "Identification of degradation products of Ibuprofen arising from oxidative and thermal treatments," *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, vol. 30, no. 3, pp. 499-509, 2002.
- [4] C. De Palma, R. Di Paola, C. Perrotta, E. Mazzon, D. Cattaneo, E. Trabucchi, S. Cuzzocrea and E. Clementi, "Ibuprofen-arginine generates nitric oxide and has enhanced anti-inflammatory effects," *Pharmacological Research*, vol. 60, no.4, pp.221–228, 2009.
- [5] R. N. O'Hayon and M. Escher, "Antalgiques en automédication : quels sont les risques ?" *Revue Médicale Suisse*, no. 255, pp. 1338-1341, 2010.
- [6] S. L. Prescott, "Early-life environmental determinants of allergic diseases and the wider pandemic of inflammatory non communicable diseases," *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, vol. 131, no. 1, pp. 23-30, 2013.
- [7] F. Balkwill and A. Mantovani, "Inflammation and cancer: back to Virchow?" *The Lancet*, vol. 357, no. 9255, pp. 539-545, 2001.
- [8] Organisation Mondiale de la Santé (OMS) : *Pharmacopée internationale vol1 : Méthodes générales d'analyse*, 3ème édition, Genève, 1980.
- [9] Organisation Mondiale de la Santé (OMS) : *Pharmacopée internationale vol4 : épreuve, méthodes et normes générales, normes de qualité pour les substances excipients et préparation pharmaceutique*, Genève 1994.
- [10] K. Sekeleghe, "La Résistance aux Antimicrobiens : L'Expérience du Malawi," *Pharmalink*, Vol. 9, No. 1, pp. 3-5, 2009.
- [11] C.G. M. Mbadinga, "Contrôle de qualité de l'Amodiaquine et de la Quinine au LNS du Mali," *FMPOS/ Université de Bamako*, p. 95, 2004.

- [12] V. Hamel, "La vente illicite de médicaments dans les pays en développement : analyse de l'émergence d'un itinéraire thérapeutique à part entière, situé en parallèle du recours classique aux structures officielles de santé," Th. D. Pharm., Lyon 1, 2006.
- [13] Etude UNICEF/ OMS. *La qualité des médicaments sur le marché africain* - Programme d'action pour les médicaments essentiels – 1993.

## Analyse économétrique de l'offre du riz local en Côte d'Ivoire

### [ Econometric analysis of the supply of local rice in Ivory Coast ]

**ACHY Landry**

Doctorant en 4<sup>ème</sup> année de Sciences Economiques,  
Université Félix Houphouët Boigny d'Abidjan-Cocody,  
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:** External dependence of white rice in Côte d'Ivoire has continued to increase, from 30% in 1960 to 68% in 1983 to stabilize today to about 50% (FAOSTAT, 2007).

To remedy this situation, we propose through this study to analyze the impact of the production environment on the domestic rice supply.

Data analysis was performed primarily using an econometric approach based on the profit function. The main exhibit very mixed results as follows: the response of the household rice supply to the increase in the selling price of rice on the farm is negative (elasticity = -0.005). This result is surprising but it reflects that producers increase their production despite falling prices to ensure a minimum income. Also, note that the extensification discourages rice supply. This is an unexpected result that we can explain by observing that the specialization of farming households in rice production was not accompanied by a greater use of pesticides by area (elasticity = -0.32) and the labor by area (elasticity = -0.43); which lowers performance (an increase in the area of 1% decreases the production level of 0.45%).

Based on these results, recommendations are made for the strengthening of local rice production to reduce imports and achieve rice self-sufficiency target in our country.

**KEYWORDS:** Dependence, strengthening, environment, econometrics, elasticity.

**RÉSUMÉ:** La dépendance extérieure en riz blanc de la Côte d'Ivoire n'a cessé de s'accroître, passant de 30% en 1960 à 68% en 1983 pour se stabiliser aujourd'hui à environ 50% (FAOSTAT, 2007).

Pour remédier à cette situation, nous proposons à travers cette étude, d'analyser l'impact de l'environnement de production sur l'offre de riz domestique.

L'analyse des données a été effectuée principalement à l'aide d'une approche économétrique basée sur la fonction profit. Les principaux résultats très mitigés s'exposent comme suit : la réponse de l'offre de riz des ménages à l'augmentation du prix de vente du riz à la ferme est négative (l'élasticité = -0,005). Ce résultat est surprenant mais il traduit que les producteurs augmentent leurs productions malgré la baisse des prix pour s'assurer un revenu minimum. Par ailleurs, notons que l'extensification décourage l'offre de riz. Il s'agit d'un résultat inattendu que nous pouvons expliquer en observant que la spécialisation des ménages agricoles dans la production de riz ne s'est pas accompagnée d'une utilisation plus accrue des pesticides par superficie (élasticité = -0,32) et de la main d'œuvre par superficie (élasticité = -0,43) ; ce qui fait baisser le rendement (un accroissement de la superficie de 1% diminue le niveau de production de 0,45%).

Partant de ces résultats, des recommandations sont faites pour l'affermissement de la production du riz local afin de faire baisser les importations et de réaliser l'objectif d'autosuffisance en riz dans notre pays.

**MOTS-CLEFS:** Dépendance, affermissement, environnement, économétrie, élasticité.

## 1 PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS DE RECHERCHE

### 1.1 CONTEXTE ET PROBLÈME DE RECHERCHE

Parmi les céréales, le riz occupe le premier rang (devant le maïs) avec plus de 339.000 hectares cultivés et une production de 659.000 tonnes en moyenne par an (MINAGRI, 2007). Mais il ne parvient pas dans l'ensemble à couvrir les besoins alimentaires de la population ivoirienne et le déficit est comblé par des importations massives de produits alimentaires entraînant des déficits de la balance commerciale. Cette situation prévaut depuis la période d'indépendance de la Côte d'Ivoire jusqu'à nos jours. En effet, La dépendance en riz de la Côte d'Ivoire n'a cessé de s'accroître, passant de 30% en 1960 à 68% en 1983 pour se stabiliser aujourd'hui à environ 50% (FAOSTAT, 2007).

Pourtant, l'étude récente d'Ouattara Z.(2011) a montré que la Côte d'Ivoire avait un avantage comparatif dans la production de cette céréale notamment pour le système irrigué. En effet, il trouve que le CRI de ce système est de 0,63 pour la zone forestière et de 0,57 pour celle savanicole. Force est à remarquer que cet indicateur peut être amélioré de même que de façon générale (y compris avec les autres systèmes de production), l'offre de riz local peut augmenter substantiellement parce que des conditions favorables existent pour accroître la productivité et la compétitivité de nos riziculteurs.

La Côte d'Ivoire dispose de plusieurs atouts en matière de riziculture pour lui permettre de produire suffisamment de riz en vue de couvrir sa consommation nationale et exporter le surplus éventuel. Parmi ces atouts on peut relever le potentiel important en terres rizicultivables, un climat très favorable avec une pluviométrie abondante, des producteurs au savoir-faire non négligeable, l'existence de variétés à haut rendement ayant de bonne qualité organoleptiques, l'existence d'un marché potentiel et un environnement économique et institutionnel favorable, l'existence d'une loi foncière, L'existence d'un plan de développement de l'irrigation en cours d'adoption, L'existence d'une forte demande nationale et sous régionale de variétés locales, la contribution non négligeable de la production du riz local pour la croissance économique et la réduction de la pauvreté, ...

Par ailleurs, la culture du riz est capable de contribuer efficacement à assurer la sécurité alimentaire au vue de sa facilité de cuisson et de son enracinement dans les habitudes alimentaires des populations.

Ainsi, nous estimons que cette céréale très déterminante pour la sécurité alimentaire de la population ivoirienne, mérite d'être au centre d'intérêt dans la politique de développement agricole de notre pays. De ce fait, la stratégie de Relance de la Riziculture qui a été adoptée par le Gouvernement en juin 2008, intervient à l'occasion de la crise occasionnée par la forte hausse mondiale des prix des denrées de grande consommation dont le riz. Cette stratégie qui couvre la période de 2008 à 2018, d'un coût global de 2.257,9 milliards de francs CFA, comprend trois étapes dont la première phase est le Programme d'Urgence Riz (PUR) 2008-2009 d'un coût prévisionnel de 17,9 milliards (ONDR, 2009). Nous n'aborderons pas les deux autres étapes de cette stratégie parce qu'elle est remplacée par une autre stratégie : la Stratégie Nationale Révisée de Développement de la filière Riz (SNDR) 2012 – 2020.

La SNDR 2012 – 2020 adoptée par le Gouvernement actuel, a pour objectif d'une part de couvrir les besoins nationaux de consommation à partir de 2016 avec une production locale de 1.900.000 tonnes de riz blanchi et d'autre part de porter cette production à l'horizon 2018 à environ 2,1 millions de tonnes de riz blanchi en vue de constituer un stock de sécurité et d'exporter le surplus de production (ONDR, 2012). Ainsi, pour nous, cette précédente étude se présente comme une analyse macro-économique des instruments de politique agricole en vue d'une réduction des importations du riz et d'une atteinte de l'autosuffisance en riz par la croissance de l'offre locale de riz.

Avant cette étude, Ouattara Z. (2011) s'est intéressé à comment le TEC UEMOA a-t-il impacté la compétitivité de la filière rizicole en Côte d'Ivoire ?

Il trouve que l'instauration du TEC en 2000 a donné les résultats suivants :

- une croissance de 60 % des importations des brisures de riz et une baisse de 30 % de la production locale.
- une baisse de 8 % et de 20 % respectivement du prix des produits phytosanitaires et des engrais.
- une partie du surplus du consommateur qu'aurait dû entraîner la réduction fiscale d'entrée est absorbée dans les marges commerciales.

Ainsi, nous constatons avec cet auteur que la mise en place de ce droit de porte n'est pas favorable à l'offre de riz local.

Ces deux récents travaux ont pour avantage de faire un état des lieux actuels de la production de riz local mais aussi d'analyser des perspectives d'augmentation de la production rizicole en vue d'une réduction des importations du riz et d'une atteinte de l'autosuffisance en riz dans notre pays.

Notre étude s'intéresse aussi à la question de la production de riz local mais se veut être une analyse microéconomique sur l'état de la réponse de l'offre du riz local des ménages agricoles à ses déterminants. Elle veut ainsi aider objectivement la prise de décision des dirigeants politiques du secteur rizicole par l'analyse du comportement des producteurs face à leur environnement de production. En effet, il présente un intérêt pour les décideurs dans la recherche d'une solution au déficit structurel du riz en Côte d'Ivoire.

## 1.2 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

L'objectif général de l'étude est d'analyser l'offre de riz local en Côte d'Ivoire.

De façon spécifique, l'étude vise à :

- Présenter les réactions de l'offre de riz local avec leurs déterminants;
- Présenter les sensibilités des demandes d'intrants avec leurs déterminants

## 1.3 HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

Les hypothèses suivantes sont émises :

- H1** : l'offre de riz local (le paddy) augmente plus que sensiblement à une hausse de son prix de vente ;  
**H2** : les demandes d'intrants augmentent plus que sensiblement à une baisse de leurs prix de vente respectifs ;

## 2 REVUE DE LITTÉRATURE

### 2.1 DÉFINITIONS DE QUELQUES CONCEPTS CLÉS

#### 2.1.1 PRODUCTION ET OFFRE

Goffin (1993) définit la production comme étant une opération qui consiste à créer des besoins. Il identifie alors trois facteurs de production à savoir : le travail, la terre et le capital. Les premiers sont ceux dont la quantité ne peut être modifiée dans un délai très bref pour permettre une variation presque immédiate de la production ; tandis que les derniers sont ceux dont la quantité peut être modifiée instantanément pour permettre une variation presque immédiate de la production.

Silem et Albertin (1995), dans leur lexique économique ont défini, la production comme l'activité économique socialement organisée consistant en l'obtention de biens et de services destinés à la satisfaction directe ou indirecte des besoins par la transformation de biens intermédiaires en combinant le travail et le capital, et donnant lieu à un revenu en contrepartie.

Selon Kintche (2005), dans le secteur agricole, la fonction de production est un concept, biophysique qui établit une relation entre les quantités physiques d'une culture et l'ensemble des intrants utilisés dans le processus de production.

La formulation théorique de la fonction de production est la suivante,  $Y=f(L, K)$  où  $Y$  est la quantité physique du produit,  $L$  le vecteur travail,  $K$  le vecteur capital et  $f$  la fonction de production ou encore le processus de combinaison et de transformation. Trois concepts en découlent, à savoir le produit moyen ( $PM$ ), le produit marginal ( $Pm$ ) et l'élasticité de production  $x$  qui particulièrement, présente le plus grand intérêt pour le besoin de l'étude.

On appelle, production marginale d'un input, l'accroissement de l'output consécutif à l'accroissement de cet input ; on appelle, produit moyen d'un input, le rapport entre la productivité totale et la quantité utilisée de l'input. L'élasticité quant à elle indique le degré de flexibilité de la réponse de la production ou de l'offre aux variations dans l'utilisation des facteurs de production.

Ces trois définitions se recoupent pratiquement et décrivent la production en tant qu'activité. Or dans le cas de cette étude, il s'agit de la production comme résultat de cette activité ; c'est le volume de riz que les agriculteurs sont en mesure de produire.

Le concept d'offre quant à elle, est un peu complexe à définir et varie souvent d'un auteur à un autre. Silem et Albertin (1995) ont défini l'offre comme étant le volume de biens ou de services mis à la disposition du marché afin d'être vendus. Selon ces auteurs, l'offre est une fonction croissante du prix, quant aux produits agricoles, les matières premières, le travail ; l'offre peut être atypique c'est-à-dire qu'une diminution du prix peut entraîner une augmentation des quantités offertes afin que l'offreur puisse obtenir un revenu global minimum.

Pour sa part, l'Encyclopédie économique définit l'offre en ces termes :

« L'offre d'un produit ou d'un service se compose des quantités disponibles ou à venir, qui dépendent des prix possibles et d'autres facteurs. L'offre est ainsi symétrique à la demande. Toutefois, le terme d'offre se rapporte souvent à une quantité plus ou moins bien définie comme la récolte d'une année, d'un mois... Ces quantités résultent des décisions passées du producteur qui se fondaient sur ses anticipations de prix... »

Goffin (1993) définit l'offre individuelle du producteur comme les quantités offertes par ce producteur pour chaque niveau de prix. L'offre individuelle, poursuit l'auteur, constitue la partie de la courbe de coût marginal située au-dessus de la courbe de coût moyen). Derson et Quaudt, cités par Koffi-Tessio (1998), définissent l'offre globale comme étant la quantité de produits offerte par l'ensemble des producteurs en fonction du prix.

Dans le cadre de cette étude, l'offre du riz est la quantité de riz grain que les producteurs sont en mesure de livrer à un certain prix.

### 2.1.2 ELASTICITÉS

Les élasticités sont dérivées directement de la fonction de demande ou de la fonction d'offre. Elles mesurent la sensibilité des acheteurs et des vendeurs à une variation dans les conditions du marché et permettent alors d'analyser l'offre et la demande avec une plus grande précision. « *Étant des nombres sans dimension, les élasticités permettent des comparaisons entre classes et par conséquent l'énoncé de jugement de valeur quant à l'effet des politiques étatiques* » (Savadogo, 1990).

Il existe quatre (4) types d'élasticité, l'élasticité-prix de la demande, l'élasticité-revenu, l'élasticité-prix croisée de la demande et l'élasticité-prix de l'offre.

#### Ø ELASTICITÉ-PRIX DE LA DEMANDE ET L'ÉLASTICITÉ PRIX DE L'OFFRE

L'élasticité-prix exprime la variation relative de la demande ou de l'offre induite par une variation relative du prix, toutes choses égales par ailleurs. L'élasticité-prix directe fournit la variation que subira la demande ou l'offre en réponse à la variation de 1 % du prix.

Dans le cas de la demande, les élasticités-prix directes sont négatives puisque la plupart du temps une augmentation du prix entraîne une diminution de la consommation (exception faite des biens de « Giffen » dont la consommation augmente avec le prix). C'est-à-dire que lorsque son prix monte, la quantité demandée diminue (Bazoche et al, 2005).

Les élasticités-prix directes sont positives dans le cas de l'offre, puisque contrairement à la demande, une augmentation du prix entraîne dans la plupart du temps, une augmentation de l'offre.

#### Ø ÉLASTICITÉ-PRIX CROISÉE DE LA DEMANDE

La consommation d'un bien peut être influencée par le prix d'autres biens et l'on parle alors d'élasticités croisées. Ce type d'élasticité permet de distinguer les biens complémentaires des biens concurrents.

#### Ø ÉLASTICITÉ-REVENU

Elle mesure la variation en %, de la quantité demandée d'un bien suite à une variation de 1 % du revenu des consommateurs.

### 2.2 BILAN DES TRAVAUX DE RECHERCHE ANTÉRIEURS

Les études concernant l'analyse des instruments de politique agricole et particulièrement ceux de réduction des importations du riz et d'atteinte de l'autosuffisance en cette céréale par la croissance de l'offre locale de riz, n'ont été que peu abordées et datent parfois de très longtemps.

PHELINAS P. (1988) montre que les riziculteurs peuvent réagir très vivement à une amélioration ou à une détérioration des incitations économiques. « Or les prix à la production ont été fixés en fonction du prix du riz importé; mais celui-ci reflète l'état du marché mondial et est sans rapport avec l'évolution des coûts de production et de l'indice des prix ivoiriens. En conséquence, le déficit rizicole s'est considérablement creusé notamment depuis le milieu des années soixante-dix, obligeant la Côte d'Ivoire à recourir largement aux marchés extérieurs pour ses approvisionnements en riz ». (Phelinas P., op cit).

En outre, DJATO K. K. (1994) dans son étude sur « Analyse comparative de l'efficacité économique des petites et des grandes exploitations rizicoles en Côte d'Ivoire » identifie les contraintes du secteur rizicole en établissant une relation entre la taille d'une exploitation et son efficacité économique. Sur un échantillon de 410 paysans dans trois régions de la Côte d'Ivoire, l'auteur trouve une différence d'efficacité économique entre les exploitations. Pour relancer le secteur agricole, l'auteur recommande un regroupement des petites exploitations qui les rendraient plus efficaces.

Avec DIOMANDE K. (1997), dans son étude sur : « Dévaluation et autosuffisance alimentaire : le cas de la filière riz en Côte d'Ivoire. », il montre que la libéralisation du secteur du riz importé consécutive à la dévaluation du FCFA s'est fait au détriment du riz local car celui-ci était de moins en moins demandé par les circuits de distribution du riz blanchi.

Concernant KONE N. (1999), dans son travail intitulé : « les réformes de la politique rizicole et la problématique de l'autosuffisance alimentaire en Côte d'Ivoire » affirme que la libéralisation de la filière a pu garantir l'approvisionnement régulier des importations mais n'a pas pu résoudre les problèmes fondamentaux de la riziculture locale. Les objectifs visés par les réformes qui sont l'atteinte de l'autosuffisance alimentaire, et la réduction de la pauvreté en milieu rural n'ont pas été atteints à cause du manque de compétitivité du riz local par rapport au riz importé, et l'abondance et la régularité du riz importé sur les marchés.

Pour lui, les difficultés du riz local à concurrencer le riz importé proviennent de : la faiblesse des rendements du riz pluvial, l'inorganisation des producteurs et des circuits de collecte, l'absence de crédit pour l'acquisition des intrants, l'absence d'un mécanisme de régulation des importations de riz.

Enfin et récemment, Ouattara Z. (2011) trouve que l'instauration du TEC en 2000 a donné les résultats suivants :

- une croissance de 60 % des importations des brisures de riz et une baisse de 30 % de la production locale.
- une baisse de 8 % et de 20 % respectivement du prix des produits phytosanitaires et des engrais.
- une partie du surplus du consommateur qu'aurait dû entraîner la réduction fiscale d'entrée est absorbée dans les marges commerciales.

### 2.3 LES DÉTERMINANTS DE LA PRODUCTION DU RIZ

En référence à la théorie néoclassique, le choix de production opéré par l'agriculteur se porte sur la culture dont le prix espéré est le plus élevé, c'est-à-dire, celle lui procurant un niveau de profit potentiellement supérieur. En d'autres termes, les déterminants de production se réduisent aux seuls prix anticipés. Ainsi, divers travaux se sont attachés à mesurer le rôle des prix anticipés dans la détermination de l'offre agricole.

Les travaux de Yotopoulos et Lau (1979), Barnum et Lyn Squire (1980), Braukle (1982), Gagey et Barthelemy (1984), Boussard (1985), cités par Angeon (1999), ont montré que la réaction positive de la production agricole à l'augmentation des prix n'est pas systématique. L'élasticité de la production par rapport aux prix demeure faiblement positive, voire même dans certains cas négative. Particulièrement pour le riz, cette relation a été confirmée par les travaux de Robilliard (1998) et Diagne (2003), qui ont trouvé surprenant que l'offre de riz soit négativement corrélée avec le prix au producteur. Cette diversité des résultats obtenus ne confirme pas le caractère discriminant du prix dans la décision de production des agriculteurs.

Selon Robilliard (1998), il est nécessaire de rechercher les facteurs qui influencent la production du riz local aux niveaux parcelle et exploitation ou ménage. En effet l'accroissement de la production résulte de l'augmentation des superficies et/ou de l'augmentation des rendements. Il ressort de ces analyses des déterminants de l'offre de riz des ménages malgaches au niveau parcelle que parmi les variables techniques, seule l'irrigation a un impact sur les rendements. La fertilisation n'a d'impact que sur les parcelles situées dans les bas-fonds et dans les plaines. Le mode de culture a un impact positif sur les rendements dans les villages. Le coefficient de la part de la superficie totale cultivée est positif. Cette variable correspond à un indicateur de spécialisation des exploitations. Ce qui suggère que plus la spécialisation des exploitations est forte, plus la productivité moyenne de la terre est élevée. Les facteurs terre et travail familial contribuent plus à la production de riz à hauteur de 64% et 28% respectivement. La scolarité des actifs a un impact positif sur la productivité globale des facteurs. Les coefficients des variables dichotomiques indiquant les villages, montrent qu'il existe des effets spécifiques régionaux sur la productivité globale des facteurs.

D'après Diagne (2003), la production de riz sénégalais réagit essentiellement et positivement à l'irrigation (élasticité de l'ordre de 0,61) et de façon très significative aux aménagements hydro-agricoles. De même, l'utilisation d'engrais influence positivement et de façon significative la production de riz. En revanche, un des résultats surprenants du comportement de la production de riz est sa corrélation négative avec le prix au producteur. Il a également révélé une corrélation positive entre le prix de l'arachide et l'offre de riz. Par contre, la corrélation négative de l'offre de riz avec le rendement et la superficie de la

période précédente semble suggérer une révision à la baisse du plan de production à chaque fois que les producteurs notent une amélioration de leur niveau de productivité.

Rahman (2005) a montré que le prix du riz à la ferme influence positivement la production de riz au Bangladesh. Par contre les prix des engrais, de la main d'œuvre salariée et des pesticides baissent leurs demandes et par conséquent influencent négativement le niveau de la production du riz.

Selon Upton (2004), les effets d'une augmentation du prix d'une culture vivrière produite à la fois pour la consommation du ménage et pour la vente sont la résultante de trois forces qui sont:

- 1- l'augmentation du prix incite à accroître la production de la culture et par conséquent l'offre commerciale, en partie par substitution de cette culture à d'autres et en partie en accroissant l'utilisation d'input (c'est la réponse conventionnelle de la production à une hausse du prix du produit) ;
- 2- elle engendre une baisse probable de l'autoconsommation de ce produit au profit de la vente du fait que le coût d'opportunité de la consommation de cette culture augmente (c'est la réponse conventionnelle de la demande à une hausse du prix d'un bien de consommation normale) ;
- 3- enfin, le profit de la ferme va augmenter. Puisque le profit de la ferme est une composante importante du revenu total du ménage agricole, celui-ci va augmenter également. Par conséquent, le niveau de consommation va augmenter pour tous les produits y compris les cultures vivrières à prix élevé au détriment du surplus commercial.

JACQUES Z.A.. (2008), montre de façon générale dans toutes les zones définies par son étude que l'élasticité de la production de riz est positive par rapport à son prix à la ferme au Bénin.

#### 2.4 APPROCHES THEORIQUES DU MODELE D'ANALYSE

La base théorique de l'analyse économique des effets des instruments de politique agricole est fondamentalement micro-économique (Sadoulet et Janvry, 1995 ; Häfliger et Yérima, 1998). Le paradigme des théories micro-économiques est l'étude des comportements individuels des agents économiques avec la prise en compte de l'environnement technologique, institutionnel et des ressources qui définissent leur choix (Kreps, 1990). Les agents micro-économiques standards sont les producteurs individuels, les consommateurs et le gouvernement. Les consommateurs et les producteurs sont considérés comme des agents économiques rationnels. Ils allouent les ressources dont ils disposent pour maximiser leurs objectifs. Les actions du gouvernement sont définies à travers des instruments de politiques qu'il contrôle.

Le cadre théorique de base de ce travail est adapté d'Upton (2004) et de Rahman (2004) et se présente comme suit :

Tout d'abord, on fait l'hypothèse que l'objectif des ménages est de maximiser l'utilité (U), qui est une fonction des niveaux de consommation du produit de la ferme (C), des biens achetés (M) et du loisir (L). Les utilités marginales sont supposées positives, mais décroissantes pour toutes ces formes de consommation.

$$U = U(C, M, L) \text{ avec } \frac{\delta U}{\delta x} > 0, \quad \frac{\delta^2 U}{\delta x^2} < 0 \quad \text{pour } x = C, M, L \quad (1)$$

De manière plus générale, cette fonction d'utilité est supposée concave.

Deuxièmement, la maximisation de l'utilité est supposée contrainte par la technologie prédominante de production agricole, telle que représentée par la fonction de production au niveau de la ferme:

$$Q = Q(A, H, V) \quad \text{avec } \frac{\delta Q}{\delta x} > 0, \quad \frac{\delta^2 Q}{\delta x^2} < 0 \quad \text{pour } x = A, H, V \quad (2)$$

Où Q = la production de la ferme, A = les facteurs fixes, H = la quantité totale de travail utilisée et V = les quantités des autres intrants variables.

Vu que les imperfections des marchés agricoles en Afrique (coûts de transaction, risque-prix, collusion entre commerçants,...) créent un écart de prix (*entre les ventes et les achats*), alors il n'y a pas séparabilité de décisions et les décisions de production reflètent les besoins de consommation. Aussi, nous faisons l'hypothèse que la décision de consommation sera uniquement captée par la quantité consommée du produit de la ferme (C) qui appartient aux facteurs fixes (A).

Par ailleurs, l'équation découle de l'hypothèse qu'un marché du travail existe, et que tout le travail est homogène. Ainsi, le travail familial et salarié sont interchangeables et peuvent être valorisés au même taux de salaire.

La troisième hypothèse principale est celle d'une contrainte de temps, qui peut être exprimée comme suit :

$$T=L+N+H \quad (3)$$

Dans cette équation, le temps total disponible (T) est alloué au loisir (L) ou à l'emploi salarié en dehors de l'exploitation (N) ou au travail dans l'exploitation (H). N négatif implique que la main d'œuvre salariée est engagée pour travailler dans l'exploitation.

L'hypothèse clé finale est celle d'une contrainte de liquidité qui requiert que les gains nets du ménage soient égaux aux dépenses sur les marchés des biens.

$$p(Q - C) + wN - vV = mM \quad (4)$$

Où p, w, v et m sont respectivement les prix du produit de la ferme, du travail, d'autres intrants variables et des biens à la consommation achetés. Cette équation établit que le revenu des ventes des produits de la ferme, plus le revenu du travail extérieur, moins les coûts des intrants variables achetés est égal à la somme disponible pour l'achat de biens à la consommation.

Ces deux dernières contraintes peuvent être combinées et simplifiées en une seule équation essentiellement en réarrangeant l'équation (3) pour donner :

$$T - L - H = N$$

et en substituant cette équation dans (4) on obtient :

$$pC + mM + wL = wT + \pi = Y \quad (5)$$

Avec  $\pi = pQ - wH - vV =$  profit de la ferme et  $Y =$  revenu total à partir du profit de la ferme avec la valeur totale du temps de travail. La maximisation de l'utilité du ménage  $U = U(C, M, L)$ , sous la contrainte  $pC + mM + wL = wT + \pi$  [à partir de (1) et (5)] peut être représentée par la maximisation de la fonction lagrangienne :

$$Z = U(C, M, L) - \lambda(pC + mM + wL - wT - \pi) \quad (6)$$

Les conditions de premier ordre pour un maximum consistent en l'ensemble suivant d'équations :

$$\frac{\delta Z}{\delta C} = \frac{\delta U}{\delta C} - \lambda p = 0 \quad (6.1)$$

$$\frac{\delta Z}{\delta M} = \frac{\delta U}{\delta M} - \lambda m = 0 \quad (6.2)$$

$$\frac{\delta Z}{\delta L} = \frac{\delta U}{\delta L} - \lambda w = 0 \quad (6.3)$$

$$\frac{\delta Z}{\delta H} = \lambda(p \cdot \frac{\delta Q}{\delta H} - w) = 0 \quad (6.4)$$

$$\frac{\delta Z}{\delta V} = \lambda(p \cdot \frac{\delta Q}{\delta V} - v) = 0 \quad (6.5)$$

$$\frac{\delta Z}{\delta \lambda} = pC + mM + wL - wT - \pi = 0 \quad (6.6)$$

Dans les six équations, les trois premières (6.1 à 6.3) fournissent les règles de base de la théorie du consommateur, à savoir que le rapport des utilités marginales de différents biens doit être égal aux rapports correspondants des prix. Dans ce contexte, on peut noter que le loisir est traité comme un bien de consommation normal avec un prix égal au taux de salaire.

La prise en considération de n'importe quelle de ces équations suggère que  $\lambda$  représente l'utilité marginale par unité de monnaie. La dernière équation (6.6) assure que la contrainte de revenu soit satisfaite, et avec les trois premières équations elle fournit la base pour déterminer les fonctions de demande standard pour les trois formes de consommation.

Les décisions de production optimale sont dérivées des quatrième et cinquième équations (6.4) et (6.5). Celles-ci définissent respectivement les niveaux maximaux de profit, de l'utilisation d'intrants de la ferme achetés et du travail engagé (Lemme de Shephard). Le profit maximal est réalisé en égalisant le produit marginal en valeur avec le coût unitaire de facteur, puisque  $\lambda$  n'est pas nul.

Etant donné que la consommation des produits de la ferme (C) appartient aux facteurs fixes (A) de la fonction de production, le profit maximal est obtenu par une démarche simultanée incluant l'ensemble des équations des conditions de premier ordre pour un maximum. Ainsi, le profit maximal de la ferme peut être déterminé par  $\pi^* = \pi^*(p, w, v, A)$ . (7)

Cependant, avant d'estimer les paramètres de la fonction profit, il est intuitif d'affirmer que dans un premier temps, le modèle économétrique envisagé pour cette étude relève du domaine des variables qualitatives, plus précisément des

modèles de sélection. En effet, la variable principale des démarches économétriques à venir est le profit réalisé suite à la participation du ménage agricole au marché du riz local. Or, il est certain que de nombreux riziculteurs endogénéisant leurs décisions de production et de consommation, sont hors de ce marché. Ainsi, pour notre besoin d'estimation, nous faisons l'hypothèse que lorsque le profit du paysan est négatif, il ne participe pas au marché et lorsque celui-ci est positif, il y participe : ici, nous pourrions trouver les déterminants du bénéfice net de notre paysan. Par ailleurs, c'est dans ce cas que nous pouvons par la suite réaliser l'analyse économétrique de l'offre de riz local.

Mais, quel fondement théorique du modèle de sélection pouvons-nous exposer ?

#### **MODÈLE THÉORIQUE DE SÉLECTION DE L'ÉCHANTILLON**

En utilisant la méthode développée par Heckman (1979), notre modèle peut se formaliser comme suit pour chaque individu  $i$  :

a) Sa capacité à participer au marché du riz domestique : (équation de sélection)

$$\Rightarrow Z_i^* = w_i Y + \mu_i \quad (8)$$

On observe  $Z_i^*$  uniquement si l'individu  $i$  réalise un profit positif

b) Estimation gain net : (équation substantielle)

$$\Rightarrow Y_i = x_i \beta + \epsilon_i \quad (9)$$

observable uniquement si  $Z_i^* = 1$

Non observable uniquement si  $Z_i^* = 0$

Avec  $w_i$  et  $x_i$  des variables socio-économiques observables ;  $\mu_i$  suivant une loi normale  $N(0;1)$  et  $\epsilon_i$  une loi normale  $N(0; \sigma_\epsilon)$  ;  $\rho$  le coefficient de corrélation des termes d'erreur.

Ce genre de modèle est normalement estimé par la Méthode du Maximum de Vraisemblance (MMV). Cependant, comme la convergence s'avère parfois difficile, l'estimateur de Heckman, obtenu en deux étapes, lui est parfois préféré. L'équation de sélection est alors d'abord estimée par un modèle Probit ; ensuite, une régression par les Moindres Carrés Ordinaires (MCO) permet d'obtenir les coefficients de la deuxième équation. La méthode de Heckman permet ainsi une approximation des résultats trouvés par la MMV ; les estimateurs calculés seront légèrement biaisés.

Concernant le coefficient de corrélation  $\rho$ , lorsque celui-ci est égal à 0, l'estimation des coefficients de l'équation substantielle par les MCO n'est pas biaisée. Dans ce cas particulier où les termes d'erreur des deux équations ne sont pas corrélés entre eux, l'équation de sélection n'a plus de raison d'être car les deux décisions sont indépendantes.

### **3 METHODES D'ANALYSES ET MODELES EMPIRIQUES**

#### **3.1 MÉTHODES ET OUTILS D'ANALYSE DES DONNÉES**

L'analyse des effets des déterminants de l'offre de riz local est faite en deux phases.

La première étape a intuitivement demandé d'avoir recours au modèle de sélection d'échantillon afin de poursuivre de façon pertinente notre analyse sur le comportement des riziculteurs qui participent au marché du riz local.

La seconde phase a consisté à déterminer l'élasticité de la production et des demandes d'intrants par rapport aux variables explicatives.

La saisie des données et les analyses descriptives sont effectuées à l'aide du logiciel SPSS version 20. Les paramètres des modèles sont estimés à l'aide du logiciel économétrique Stata12 et le traitement de texte est réalisé avec le logiciel Microsoft Office Word 2007.

#### **3.2 SPÉCIFICATION DES MODÈLES EMPIRIQUES**

Des modèles théoriques développés précédemment, nous exposons ici tous les éléments nécessaires pour aborder l'analyse économétrique proprement dite. Ainsi, il faut choisir les variables entrant dans chacune des équations du modèle (sélection et substantielle). Par ailleurs, nous présentons les modèles empiriques devant nous permettre d'estimer les paramètres de la fonction profit et ensuite déterminer les élasticités de la production du riz local et des demandes des intrants par rapports aux prix.

### 3.2.1 CHOIX DES VARIABLES DES ÉQUATIONS DU MODÈLE (SÉLECTION ET SUBSTANTIELLE)

Pour ce faire, nous nous sommes basés sur notre intuition, mais également sur diverses régressions et estimations Probit exploratoires que nous ne rapporterons pas dans ce document.

#### - L'équation de sélection

Les variables expliquant la capacité du riziculteur à participer au marché du riz local sont les suivantes :

- **AUC\_10\_11** : il désigne la part du riz local produit mais consommé par le paysan. Son objectif principal de production peut être l'autoconsommation : il ne participe pas alors au marché puisqu'il ne vend rien. Dans le cas contraire, il participe au marché si son profit est positif;  $\implies$  SIGNE AMBIGU
- **PRIRECO** : c'est le prix bord-champ que perçoit le riziculteur. Sa valeur est déterminante pour savoir s'il s'agit ou non d'un prix de référence du marché ;  $\implies$  SIGNE POSITIF
- **NBPERSM** : il détermine le nombre d'individus que le paysan a à sa charge. On s'attend à ce qu'une importante taille de son ménage, décourage sa participation au marché;  $\implies$  SIGNE NEGATIF
- **PRIVAST** : avec l'assistance technique des institutions spécialisées privées et publiques, le riziculteur est plus efficace, compétitif et bien informé sur des données du marché du riz local ;  $\implies$  SIGNE POSITIF
- **LOCALPA** : la situation géographique du riziculteur par rapport aux principaux marchés régionaux et sous-régionaux, est déterminante pour sa participation au marché. S'il est loin de ceux-ci, sa participation est compromise. Mais, s'il est proche, sa probabilité de participation s'accroît.  $\implies$  SIGNE POSITIF

Les variables susmentionnées sont ainsi supposées avoir uniquement une influence sur la capacité ou non du riziculteur à participer au marché. Cependant, si l'on estime que certaines d'entre elles ont également un impact sur le bénéfice perçu, celles-ci apparaîtront dans les deux équations du modèle.

#### - L'équation substantielle

Les variables de cette équation sont déjà connues avec la présentation de notre modèle de ménage agricole qui nous a permis de trouver que  $\pi^* = \pi^*(p, w, v, A)$ . Mais, on s'attend à ce que  $p = PRIRECO$  augmente avec le profit et  $w, v$  et  $AUC_{10_11}$  (qui appartient à  $A$ ) diminuent avec celui-ci. Par ailleurs, on s'attend à des effets marginaux positifs entre le bénéfice et les autres facteurs fixes déduits de notre étude.

### 3.2.2 MODELES EMPIRIQUES D'ESTIMATION DE L'OFFRE AGRICOLE

Après la correction effectuée avec le modèle de sélection d'échantillon, nous pouvons à présent analyser le comportement de ceux des riziculteurs participant au marché du riz local du fait de leur profit positif.

La forme translog normalisée de l'approche fonction-profit est utilisée et se présente comme suit :

$$\ln \pi' = \alpha_0 + \sum_{j=1}^3 \alpha_j \ln p'_j + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 \gamma_{jk} \ln p'_j \ln p'_k + \sum_{l=1}^6 \beta_l \ln f_l + \frac{1}{2} \sum_{l=1}^6 \sum_{r=1}^6 \theta_{lr} \ln f_l \ln f_r + \sum_{j=1}^3 \sum_{l=1}^6 \delta_{jl} \ln p'_j \ln f_l + v \quad (10)$$

Où

$\pi'$  = marge brute (la différence entre la recette brute issue de la vente du riz et les coûts investis dans la production du riz) normalisée par le prix de vente du riz paddy à la ferme ( $P_y$ ),

$p'_j$  = prix du jème intrant ( $p_j$ ) normalisé par le prix de vente du riz paddy à la ferme ( $P_y$ ),

j=1, prix des engrais ;

j=2, prix des pesticides ;

j=3, coût unitaire de la main d'œuvre salariée.

- $f_l$  = quantité de facteurs fixes
- $l=1$ , nombre de l'ensemble (daba, daba sénoufo et faucilles) utilisés par l'exploitant. ;
- $l=2$ , nombre de machette(s) utilisée(s) ;
- $l=3$ , nombre de pulvérisateurs utilisés ;
- $l=4$ , nombre de tractions animales utilisés ;
- $l=5$ , superficie emblavée en riz
- $l=6$ , quantité autoconsommée du produit de la ferme

**NB :**

$l = 1$ , ce lot de petits matériels est absolument nécessaire et indispensable au riziculteur pour réussir son activité.

$l = 2$ , ce petit matériel est nécessaire mais pas indispensable à l'exploitant.

$\ln$ =logarithme népérien,  $\alpha_0, \alpha_j, \gamma_{jk}, \delta_{jl}, \beta_l, \theta_{lr}$  et  $\nu$  sont les paramètres à estimer.

Les modèles correspondant aux diverses parts des intrants dans le profit sont :

$$S_j = \frac{P_j X_j}{\pi} = \frac{\partial \ln \pi'}{\partial \ln P_j'} = \alpha_j + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^3 \gamma_{jk} \ln p'_k + \sum_{l=1}^6 \delta_{jl} \ln f_l \quad (11)$$

Le modèle correspondant à la part de la production dans le profit est donné par :

$$S_y = \frac{P_y X_y}{\pi} = 1 + \frac{\partial \ln \pi'}{\partial \ln P_y'} = 1 + \sum_{j=1}^3 \alpha_j + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 \gamma_{jk} \ln p'_k + \sum_{j=1}^3 \sum_{l=1}^6 \delta_{jl} \ln f_l \quad (12)$$

Où  $S_j$  est la part du  $j^{\text{ème}}$  intrant échangeable défini précédemment,  $S_y$  est la part de l'output,  $X_j$  dénote la quantité du  $j^{\text{ème}}$  intrant échangeable  $j$  et  $X_y$  le niveau de production du riz.

Nous avons laissé le modèle déterministe de la part de la production parce que  $S_y - \sum S_j = 1$ .

Ainsi, le modèle de la fonction de profit, les trois modèles de demandes d'inputs et le modèle de la part de la production sont estimés simultanément par la méthode de régression des équations apparemment sans liens (Seemingly Unrelated Regression Equations, SURE) de Zellner (1962). Cette estimation simultanée assure la consistance des paramètres estimés (Sidhu et Baanante, 1981).

Les paramètres de la fonction profit ainsi estimés sont utilisés pour estimer la production optimale  $\bar{X}_y$  à partir de l'équation (12) et les demandes optimales des intrants  $\bar{X}_j$  à partir des équations (11).

Pour déterminer les élasticités, les modèles suivants sont estimés :

Pour ce qui concerne la production, nous avons :

$$\ln(\bar{X}_y) = \gamma + \alpha P_y + \beta_j \ln(P_j) + \lambda_l \ln(f_l) + \epsilon \quad (14)$$

Quant aux demandes d'intrants les modèles empiriques se présentent comme suit :

$$\ln(\bar{X}_j) = \gamma + \alpha P_y + \beta_j \ln(P_j) + \lambda_l \ln(f_l) + \varphi_j \quad (15)$$

$\ln$ =logarithme népérien, et  $\gamma, \alpha, \beta_j$  et  $\lambda_l$  sont les paramètres à estimer.

Les variables  $\bar{X}_y, \bar{X}_j, P_y, P_j$  et  $f_l$  sont celles définies précédemment.

## 4 RÉSULTATS ET DISCUSSION

### 4.1 ESTIMATION DU MODÈLE DE SÉLECTION D'ÉCHANTILLON

Dans Stata, il existe deux commandes pour l'estimation des modèles de sélection : « heckman » et « heckprob ». La première est utilisée lorsque la variable dépendante  $y$  est une variable continue, alors que la seconde ne fonctionne qu'avec

une variable  $y$  dichotomique. Dans notre cas, « heckman » est la commande la plus appropriée. Mais, les estimateurs de Heckman peuvent être obtenus par deux démarches :

- avec la commande « heckman », sans options particulières
- avec la commande « heckman » à laquelle est ajoutée l'option « twostep »

Nous avons choisi la première option qui a permis de réaliser des régressions globalement significatives.

#### 4.1.1 ESTIMATION DE L'ÉQUATION DE PARTICIPATION DES PAYSANS AU MARCHÉ DU RIZ LOCAL EN CÔTE D'IVOIRE

Lorsque la commande « heckman » est utilisée sans option particulière, l'estimation du modèle se fait par la MMV.

Nous précisons que les résultats ci-dessous présentés découlent d'un retrait pas à pas des variables non significatives.

```
. . heckman profit f1 f3 f5 , select( PARTMO_11= PRIVAST PRIRECO f6 )

Iteration 0:  log likelihood = -8319.3959
Iteration 1:  log likelihood = -8295.9117
Iteration 2:  log likelihood = -8293.1642
Iteration 3:  log likelihood = -8293.1446
Iteration 4:  log likelihood = -8293.1446

Heckman selection model                Number of obs    =      880
(regression model with sample selection)  Censored obs     =      351
                                           Uncensored obs   =      529

Log likelihood = -8293.145              Wald chi2(3)     =     148.71
                                           Prob > chi2      =      0.0000
-----+-----
```

	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
-----+-----						
profit						
f1	19218.07	4559.18	4.22	0.000	10282.24 28153.9	
f3	117502.5	22757.87	5.16	0.000	72897.91 162107.1	
f5	55366.56	8264.871	6.70	0.000	39167.71 71565.41	
_cons	-112267.4	62698.42	-1.79	0.073	-235154.1 10619.22	
-----+-----						
PARTMO_11						
PRIVAST	.294986	.0894578	3.30	0.001	.119652 .47032	
PRIRECO	.0090348	.0015157	5.96	0.000	.0060641 .0120056	
f6	-.00009	.0000285	-3.15	0.002	-.0001459 -.000034	
_cons	-1.358099	.2546759	-5.33	0.000	-1.857255 -.8589438	
-----+-----						
/athrho	-.2148226	.101894	-2.11	0.035	-.4145311 -.015114	
/lnsigma	13.20279	.0332604	396.95	0.000	13.1376 13.26798	
-----+-----						
rho	-.2115778	.0973327			-.3923132 -.0151128	
sigma	541875.3	18022.99			507677.7 578376.6	
lambda	-114648.8	54327.67			-221129.1 -8168.538	
-----+-----						
LR test of indep. eqns. (rho = 0):	chi2(1) =	3.43	Prob > chi2 =	0.0639		

Avec une statistique de Wald de 148,71, l'hypothèse  $H_0$  que tous les coefficients sont égaux à zéro est aisément rejetée.

Nous constatons que l'échantillon total est composé de 880 individus, comme prévu.

L'estimation de l'équation de sélection se fait à l'aide de la totalité des observations, que les individus aient participé au marché ou non.

Pour la deuxième étape, Stata utilise les « uncensored observations », c'est-à-dire uniquement les observations des individus présents sur le marché du riz domestique.

Avec l'équation de sélection, les signes des variables sont globalement conformes à nos attentes. Comme on l'espérait, le prix bord-champ de même que l'assistance technique apportée aux riziculteurs croît avec la chance du paysan de participer à ce marché. Avec, la variable «  $f_6$  » dont nous n'avons pas prévu de signe, nous obtenons un signe négatif qui signifie que si l'autoconsommation est l'objectif principal de production de nos paysans, cela compromet leur chance de participer au marché du riz domestique.

Concernant le bénéfice réalisé par le producteur, comme on pouvait l'espérer la hausse de la superficie emblavée et des facteurs fixes «  $f_1$  » et «  $f_3$  », augmentent son profit.

Revenons maintenant à la table des résultats et attardons-nous quelques instants sur les autres estimations fournies par Stata. Relevons tout d'abord l'estimation lambda qui correspond à l'inverse du Mill's ratio. Quant à rho, il s'agit bien sûr du coefficient de corrélation des termes d'erreur des deux équations du modèle.

Lorsque le modèle est estimé par la MMV, le logiciel effectue automatiquement un test du  $\chi^2$  pour vérifier si  $\rho$  est significativement différent de 0 ( $H_0 : \rho=0$ ). Le rejet de l'hypothèse nulle (pvalue <0,1 si seuil critique à 10%) signifie que l'équation substantielle n'est pas indépendante de l'équation de sélection ; les deux décisions ne sont pas prises indépendamment l'une de l'autre. C'est pourquoi nous pouvons affirmer qu'une estimation du modèle par les MCO aurait fourni des estimateurs biaisés. Le modèle expliquant la participation au marché du riz local correspond à cette situation puisque la pvalue est égale à 0,064.

Cette analyse économétrique reposant sur le modèle d'échantillon estimé avec la commande « heckman » a permis de conduire une correction sur les données de sorte que les estimations à venir ne concernent que les producteurs qui ont un profit positif.

#### **4.2 ELASTICITES DE LA PRODUCTION DU RIZ ET DES DEMANDES D'INTRANTS AVEC LEURS DETERMINANTS DANS L'ENSEMBLE DU PAYS**

Le tableau 2 présente les élasticités des déterminants de la production et de la demande des intrants sur l'ensemble du pays.

Toutes les variables du modèle d'offre ont des impacts significativement différents de zéro sur l'offre du riz des ménages au seuil de 1%.

La réponse de l'offre de riz des ménages à l'augmentation du prix de vente du riz à la ferme est négative (l'élasticité = -0,005). Avec ce résultat, nous concluons au rejet de l'hypothèse H1. Ce résultat est surprenant mais il confirme les résultats des travaux de Robilliard (1998) et Diagne (2003), qui ont trouvé aussi que l'offre de riz est négativement corrélée avec le prix au producteur. Par ailleurs, il traduit que les producteurs augmentent leurs productions malgré la baisse des prix pour s'assurer un revenu minimum.

Il n'est pas surprenant d'observer des élasticités positives avec (P3) et (f1), parce que les facteurs de production dont fait usage le producteur améliore sa productivité et partant sa production.

Notons que l'extensification (f5) décourage l'offre de riz. Il s'agit d'un résultat inattendu que nous pouvons expliquer en observant que la spécialisation des ménages agricoles dans la production de riz ne s'est pas accompagnée d'une utilisation plus accrue des pesticides par superficie (élasticité = -0,32) et de la main d'œuvre par superficie (élasticité = -0,43) ; ce qui fait baisser le rendement (un accroissement de la superficie de 1% diminue le niveau de production de 0,45%).

Le tableau 2 indique que les hausses des prix des pesticides et des engrais conduisent à une augmentation de la production avec respectivement leurs élasticités estimées à 1,13 et 1,22. Ce résultat est contraire à la théorie. Mais nous pouvons la justifier par le fait que l'utilisation des intrants chimiques est inévitable dans la mise en œuvre de la technique de production du paysan. Ainsi, malgré leurs coûts élevés, les paysans s'en procurent et espèrent recouvrer leurs dépenses supplémentaires par une importante augmentation de la production (l'offre de riz est élastique à chacun des coûts de ses intrants).

La quantité produite s'améliore avec (f1) comme nous l'avons espéré mais pas avec l'emploi de machettes (f2) dont l'élasticité donne -0,73. Ceux-ci, constituant des outils rudimentaires, ils ne contribuent pas à diminuer la pénibilité des travaux champêtres dans cette zone. Par ailleurs, vu le coût élevé de cet outil, il contribue à amenuiser les dépenses en faveur des intrants variables ; en témoigne les élasticités égales à -0,97 pour les engrais, à -0,4 pour les pesticides et à -0,50 pour la main d'œuvre.

Concernant la réaction de l'offre de riz au facteur (f3), nous constatons qu'elle s'améliore avec l'emploi du pulvérisateur comme nous l'avons espéré. Mais son ampleur est faible puisque l'élasticité est de 0,44.

L'étude montre aussi que les demandes d'intrants chimiques sont élevées avec l'utilisation de pulvérisateurs dans les champs de riz. En effet, les produits utilisés par le pulvérisateur ne sont autres que les engrais et les pesticides qui sont efficacement répandus sur toute la superficie emblavée grâce à ce dernier

Nous observons aussi que la production de paddy baisse avec l'autoconsommation parce qu'une hausse de (f6) peut être justifiée par une croissance de la taille du ménage du producteur ; autrement dit un nombre de personnes de plus en plus croissant à sa charge. Cette situation peut conduire le riziculteur à privilégier d'autres activités plus rentables au détriment de la production de riz. Ce qui a pour conséquence la baisse de la quantité produite.

En outre, si nous considérons que (f6) est synonyme de plus de personnes en charge pour le producteur, nous ne sommes pas surpris des élasticités négatives des demandes d'intrants par rapport à (f6) parce qu'au vu de cette situation, les moyens financiers risquent de faire défaut chez notre paysan pour la mobilisation de tous les facteurs de production nécessaires pour son activité.

Les données du tableau nous permettent de conclure qu'ici les intrants (engrais et pesticides) de même que (la main d'œuvre et les pesticides) sont substituables. Mais, l'élasticité prix de la main d'œuvre croisé avec la demande d'engrais est positive alors que celle vice-versa n'est pas significative. Ainsi, « main d'œuvre » et « engrais » n'ont aucun lien.

Par ailleurs, la demande de la main d'œuvre augmente avec son coût. La raison est que la main d'œuvre étant rare ajouté à cela l'expérience de cette main d'œuvre qui longtemps exerce ce métier ; les paysans voient en ce facteur un moyen d'accroître substantiellement leur productivité. Mais ce résultat, nous permet de rejeter l'hypothèse H2.

Aussi, la demande d'engrais croît avec son prix. C'est un résultat surprenant qui peut s'expliquer par le fait que les coûts d'engrais étant moins chers comparativement à ceux des pesticides et au coût unitaire de la main d'œuvre peut se révéler être l'intrant incontournable pour le caractère décisif de la hausse de productivité du paysan. Ainsi, même en temps d'inflation, on s'attend à ce qu'il fasse l'objet de plus d'acquisitions.

**Tableau 2 : Elasticités des déterminants estimées pour l'ensemble**

Déterminants	Production du riz paddy (Xy)	Demande d'engrais (X1)	demande de pesticides (X2)	Demande de main d'œuvre (X3)
<b>prix du riz à la récolte (Py)</b>	-0,005 (-7,22***)	0,0007 (1,08)	0,0004 (0,86)	0,0006 (1,18)
<b>prix des engrais (P1)</b>	1,22 (7,45***)	1,28 (6,53***)	0,49 (3,07***)	0,21 (1,36)
<b>prix des pesticides (P2)</b>	1,13 (12,38***)	2,24 (18,77***)	0,12 (1,50)	0,54 (6,95***)
<b>Coût de la main d'œuvre (P3)</b>	1,69 (11,28***)	1,74 (10,51***)	1,13 (8,52***)	0,91 (6,32***)
<b>nombre de l'ensemble (daba, daba sénoufo et faucilles) utilisés par l'exploitant. (f1)</b>	1,45 (33,24***)	1,68 (28,22***)	0,87 (24,74***)	1,34 (35,85***)
<b>nombre de machette(s) utilisée(s) (f2)</b>	-0,73 (-10,82***)	-0,97 (-11,16***)	-0,4 (-7,85***)	-0,50 (-9,03***)
<b>nombre de pulvérisateurs utilisés (f3)</b>	0,44 (9,61***)	0,56 (9,65***)	0,51 (13,91***)	0,48 (12,61***)
<b>superficie emblavée en riz (f5)</b>	-0,45 (-4,93***)	-0,08 (-1,09)	-0,32 (-5,94***)	-0,43 (-6,55***)
<b>quantité autoconsommée du produit de la ferme (f6)</b>	-0,31 (-15,87***)	-0,47 (-16,68***)	-0,23 (-14,19***)	-0,28 (-14,81***)

Les valeurs calculées des élasticités

(.) t -student

\*\*\* Significatif à 1% ( $p < 0,01$ )

\*\* Significatif à 5% ( $p < 0,05$ )

\* Significatif à 10% ( $p < 0,1$ )

## 5 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

La dépendance extérieure de la Côte d'Ivoire en matière d'offre de riz blanc est aujourd'hui encore d'actualité. C'est pour remédier à cette situation que nous avons initié cette étude afin de proposer des actions à mettre en œuvre dans le cadre de la politique rizicole du pays. Pour y arriver, l'approche économétrique basée sur la fonction profit a été utilisée.

De l'ensemble des résultats obtenus, ce sont ceux concernant la réaction de l'offre de riz paddy avec ses déterminants qui nous permettront de faire des recommandations. Ainsi, il faut noter que ces résultats sont mitigés et s'exposent comme suit :

La réponse de l'offre de riz des ménages à l'augmentation du prix de vente du riz à la ferme est négative (l'élasticité = -0,005). Ce résultat est surprenant mais il traduit que les producteurs augmentent leurs productions malgré la baisse des prix pour s'assurer un revenu minimum.

Il n'est pas surprenant d'observer des élasticités positives de la production de riz avec (P3) et (f1) parce que les facteurs de production dont fait usage le producteur améliore sa productivité et partant sa production.

Notons que l'extensification (f5) décourage l'offre de riz. Il s'agit d'un résultat inattendu que nous pouvons expliquer en observant que la spécialisation des ménages agricoles dans la production de riz ne s'est pas accompagnée d'une utilisation plus accrue des pesticides par superficie (élasticité = -0,32) et de la main d'œuvre par superficie (élasticité = -0,43) ; ce qui fait baisser le rendement (un accroissement de la superficie de 1% diminue le niveau de production de 0,45%).

Partant de ces résultats, nous faisons les recommandations suivantes :

### a. Sur le plan technique et empirique

Il est opportun de créer une banque de données décentralisées mensuelles fiables et spécifiques à chacune des zones agroécologiques. Cette banque de données, devrait comprendre pour :

- Chaque variété de riz local, les données sur les quantités produites, les superficies utilisées, les prix aux producteurs, les quantités et prix des facteurs de production utilisés ainsi que les prix du marché correspondants.
- Chaque type de riz importé, les sources d'approvisionnement, les prix CAF respectifs, les taxes à l'importation, les prix du marché correspondants.

L'AFRICA RICE pourra appuyer l'ONDR à atteindre cet objectif aux bénéfices de tous les acteurs.

### b. Sur le plan de la démarche méthodologique

Poursuivre l'analyse de l'offre du riz local en Côte d'Ivoire en utilisant d'autres modèles économétriques tout en intégrant d'autres variables non prix qui pourrait permettre d'expliquer l'offre du riz domestique. Cette analyse doit tenir compte des différentes zones écologiques de production.

### c. Sur le plan des politiques agricoles

- La diminution des effets pervers des insuffisances du marché, par une mesure des prix administrés du kilogramme de paddy par le gouvernement afin de garantir des revenus substantiels aux paysans qui en ont besoin pour sortir de la pauvreté.
- Le renforcement de l'offre de services agricoles (conseil agricole et recherche agricole) et la facilitation de leur accès aux paysans;
- Le respect des itinéraires techniques, en vue d'une amélioration substantielle des rendements, l'augmentation des superficies moyennes par exploitant, préfigure une plus grande spécialisation des producteurs.
- L'utilisation d'engrais d'origine locale est une alternative crédible au renchérissement des engrais importés. En ce sens, le renforcement de l'intégration entre l'agriculture avec l'élevage requiert un accent particulier.
- Le contrôle des importations s'impose en ce qu'elles mettent à mal l'efficacité des actions de promotion de la production de riz entreprises aussi bien par l'Etat que par les structures privées.

S'appuyant sur les résultats précédents ainsi que l'évaluation de la rentabilité des activités des producteurs de riz, nous ouvrent la voie à d'autres analyses dans le secteur de la production du riz paddy ; notamment celles relatives à la mesure des incitations productives. En effet, il est largement admis que la production agricole réagit aux politiques macro-économiques (taux de change, politiques budgétaires, politiques commerciales,...), à l'investissement public (infrastructures routières, barrages, etc.) aux prix au producteur (Binswanger, 1989; Pégatienan, 1995). Ces politiques déterminent les prix des facteurs,

leur disponibilité et donc les coûts de production. Ainsi, à travers un 2<sup>nd</sup> sujet d'étude, nous chercherons à savoir si nos producteurs sont compétitifs et s'ils bénéficient d'une amélioration des incitations économiques après la flambée mondiale des prix des produits alimentaires de 2008.

## REFERENCES

- [1] FAOSTAT (2007), *The commercial import/Trade and Food Security (TFS) database*, Rapport Statistique du Fonds Alimentaire des Nations Unies (FAO).
- [2] Ministère de l'Agriculture (2007), "Annuaire des Statistiques Agricoles", Direction des Statistiques, de la Documentation et de l'Informatique (DSDI).
- [3] OUATTARA, Zanga, Fousséni, (2011), "Analyse de la compétitivité du riz local en Côte d'Ivoire", Résumé No3-2011-2012, Programme de Renforcement et de Recherche sur la Sécurité alimentaire en Afrique de l'Ouest (PRESAO).
- [4] ONDR, 2012, STRATÉGIE NATIONALE REVISEE DE DÉVELOPPEMENT DE LA FILIÈRE RIZ EN CÔTE D'IVOIRE (SNDR) 2012 – 2020, Document de travail, 40 Pages.
- [5] OUATTARA, Zanga, Fousséni, (2011), "Impact du TEC de l'UEMOA sur la compétitivité du riz irrigué en Côte d'Ivoire", Rapport final No3-2011-11. Programme de Renforcement et de Recherche sur la Sécurité alimentaire en Afrique de l'Ouest (PRESAO).
- [6] GOFFIN, R. (1993). *Analyse micro-économétrique* - Dalloz, Paris 200p.
- [7] SILEM, A. et J., ALBERTIN, (1995). *Lexique économique*, 5<sup>e</sup> édition France pp 397 - 454.
- [8] KINTCHE, (2005). *Les déterminants de l'offre de coton dans la région des plateaux nord au Togo*, mémoire d'ingénieur agronome, Université de Lomé.
- [9] KOFFI-TESSIO, E., (1998). *Capital humain et production de coton au Togo : une estimation économétrique*, UL-ESA, Lomé, 12p.
- [10] SAVADOGO, K., (1990). *Consommation urbaine et politique alimentaire au Libéria : une approche en termes de systèmes complets de demande*, *Revue Economique et Sociale Burkinabè*, n°XXXI.
- [11] BAZOCHE, P., E., GIRAUD-HERAUD, ET Y., SURRY, (2005). *Consommation de vin dans le monde : Tour d'horizon des études et recherches et Méta-analyse de la demande*, Inra-loria, Cahier n° 2005-02.
- [12] PHELINAS P. (1988), " Le rôle des prix du riz dans la politique d'autosuffisance alimentaire de la Côte d'Ivoire ". *Cah. Sci. Hum.* pp 15.
- [13] DJATO K. K. (1994), "Analyse comparative de l'efficacité économique des petites et des grandes exploitations rizicoles en Côte d'Ivoire." CIRESE/FASEG. Doctorat de 3<sup>ème</sup> cycle. Université Félix Houphouët Boigny.
- [14] DIOMANDE K., 1997, " Dévaluation et autosuffisance alimentaire : cas de la filière riz en Côte d'Ivoire ". *Afrika spectrum* 32. pp 49 – 67.
- [15] KONE N. (1999), "Les réformes de la politique rizicole et la problématique de l'autosuffisance alimentaire en Côte d'Ivoire." BULLETIN DE LA CAPEC. CIRESE.
- [16] ROBILLIARD, A. (1998), " L'offre de riz des ménages agricoles malgaches : Etude économétrique à partir d'enquêtes transversales ". Document de travail DT/98/09. pp. 49.
- [17] DIAGNE A., M. KONE, K. SYLLA, A. TOURE, 2003 « Impact Economique et Environnementale de la Libéralisation du Commerce sur la Filière Riz en Côte d'Ivoire. Impact de la Libéralisation du Commerce sur la filière riz en Côte d'Ivoire » ADRAO, Mali, 21p.
- [18] JACQUES Z.A., (2008). *Etude économétrique de l'offre du riz local au Bénin à partir de données transversales. Mémoire de fin de formation au cycle II.* pp 87.
- [19] SADOULE, E. et A. de JANVRY (1995): « Quantitative Development Policy Analysis », *The Johns Hopkins University Press*, pp. 397.
- [20] HÄFLIGER, H. et B. YERIMA (1998), "Après le cycle d'Uruguay : conséquences pour le Bénin. Identification des opportunités dans le secteur agricole du Bénin", Rapport final. pp. 27.
- [21] KREPS, D. (1990). *A course in microeconomic theory*. Princeton university press.
- [22] Heckman, James (1979), "Sample Selection Bias as a Specification Error", *Econometrica*, 47:153-162.
- [23] ZELLNER, A. (1962). An Efficient Method of Estimating Seemingly Unrelated Regression and Test for Aggregation Bias. *Journal of the American Statistical Association*, 58, 348-368.
- [24] SIDHU, SS and CA BAANANTE. 1981. Estimating farm-level input demand and wheat supply profit function. *American Journal of Agricultural Economics* 237–246.
- [25] BINSWANGER, H. P., (1989), « The Policy Response of Agriculture », dans Fischer, S. & De Tray, D., *Proceedings of the World Bank Annual Conference on Development Economics 1989*, Washington, DC, World Bank.
- [26] PEGATIENAN, H. Jacques, (1995), " Impact de la politique économique sur l'agriculture en Côte d'Ivoire " Séminaire mensuel du CIRESE.

## RELATIONSHIP OF HOPELESSNESS, DEPRESSION AND QUALITY OF LIFE IN MOTHERS OF PERSONS WITH DISABILITIES

*Seema Vinayak<sup>1</sup>, Simplejit Kaur Dhanoa<sup>2</sup>, and Rohin Vinayak<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Professor in Department of Psychology, Panjab University Chandigarh, India

<sup>2</sup>Ph.D Scholar, Department of psychology, Panjab University, Chandigarh, India

<sup>3</sup>MBBS Student, Dayanand Medical College & Hospital, Ludhiana, Punjab, 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 present study was carried out to investigate the relationship among hopelessness and depression with quality of life in mothers of hearing & orthopedic impaired. One hundred fifty disabled children's mothers were included in this study. They belonged to nuclear, urban literate families of Chandigarh. The findings of this study indicated that mothers of hearing and orthopedic impairment have high level of hopelessness and depression which affects their quality of life. The effective rehabilitation programs should provide sufficient opportunities for repeated follow-up interviews which offer not only information on the children's disabilities but also psychological support for the mothers.

**KEYWORDS:** Depression, hopelessness; mothers have disabled children; quality of life; Orthopedic Handicapped; Hearing Impaired; Person with Disabilities.

### 1 INTRODUCTION

Parent experiences difficulties when trying to raise a disabled child which can lead to feelings of incompleteness, inadequacy and frustration (Koester & Meadow, 2011). Review of literature provides evidence that parents of children with disabilities or illnesses experience more psychological distress and anxiety as compare to parents of healthy children. However, parents who accepted their children's differences were more likely to adapt better than parents who experienced emotional struggles in accepting perceived disabilities in their children (Meadow et. al, 1995; Watson et. al, 1990).

When children are diagnosed with developmental delays, their parents may experience psychological trauma similar to that experienced by suicidal individuals (Ellis, & Hirsch, 2000). In such a situation the most affected person in the family is usually the mother. Mothers of children with disabilities or children with prolonged illness often experience more stress and emotional demands than do mothers of normal children (Smith et al., 2008). Mothers have to undertake too much stress because they are alone with their children in daily life. Not all mothers of children with disabilities have difficulties of adaptation and in adjustment with their disabled child even when they have to face highly stressful life situations. However, it has been explained that children and mothers are at risk of stress related problems when mothers are overburdened by demands of care giving, earning for living and other responsibilities (Ganong et al., 2010).

Gupta (2007) examined the relation between parenting stress and type of disabilities in children. It was found that parents of the children with disabilities reported highest amount of stress in distractibility and adaptability domain while acceptability scores were the highest for children with developmental delay and mood scores were highest in the medical domain. Higher scores in parent domain were reported when there are sources of stress related to parent functioning. The level of stress in parents of children with special needs is determined by overall nature of the disorders with the parents of children with ADHD and developmental disabilities reporting higher level of parenting stress than children with HIV infection, asthma and healthy controls.

Children with different disabilities cause different levels of stress in their mothers. Mothers of children with hearing impaired show increased levels of expressed emotion towards their children. Maternal over-involvement being significantly positively correlated with maternal stress suggests that concern and worry about children with disabilities is an extra burden for mothers (Hodes et al., 1999), also orthopedic child had the significant impact on the mothers' depression symptom (Mu & Chang, 2005). The mothers of children with orthopedic impairments are more depressed as compared to mothers of hearing impaired children (Rudolph et al., 2003). Parents of hearing impaired children have described stressful conditions in their families (Sanders J.L., & Morgan S.B., 2009) hopelessness and depression was significantly higher among the mothers of psychotic children (Brandt B., 2010). It was demonstrated that the mothers of children with hearing impairment experienced higher levels of stress than mothers of healthy children (Manuel et al., 2003).

Maternal mental situations affect the quality of life in mothers. Quality of life is an overall sense of well-being with a strong relation to a person's health perceptions and ability to function. On a larger scale, quality of life can be viewed as including all aspects of community life that have a direct and quantifiable on the physical and mental health of its members (Gerberding J.L., 2002).

The aim of our study is to determine the relationship among hopelessness and depression with quality of life in mothers with disabled children.

## 2 HYPOTHESES

1. It is expected that there will be negative relation between hopelessness and quality of life in mothers of children with hearing and orthopedic impairment.
2. It is expected that there will be negative relation between depression and quality of life in mothers of children with hearing and orthopedic impairment.

## 3 DESIGN

The present study was carried out to investigate the relationship among hopelessness and depression with quality of life in mothers of hearing & orthopedic impaired. One hundred fifty disabled children's mothers were included in this study. They belonged to nuclear, urban literate families of Chandigarh. The psychological tools were used to assess BDI, BHS and WHOQOL.

Participation was voluntary and data was handled confidentially. The procedures and purpose of study were described in detail to the mothers and written informed consents were obtained. The mothers were solicited for participation through special education and rehabilitation centers, in the different regions of Chandigarh.

## 4 TESTS AND TOOLS

Standard scales were used each of which have been described briefly.

**Beck Hopelessness Scale (BHS)**, is 20 item self report inventory developed by Dr. Aaron Beck that was designed to measure three major aspects of hopelessness: feelings about the future, loss of motivation and expectations. The test is designed for adults, age 17-80. It measures the extent of the respondent's negative attitudes or pessimism about the future.

**Beck Depression Inventory (BDI)**, created by Dr. Aaron Back, is a 21 question multiple choice self-report inventory, one of the most widely used instruments for measuring the severity of depression. When the test is scored, a value of 0 to 3 is assigned for each answer and then the total score is compared to a key to determine the depression's severity. The standards cut-off ranges show 0-9: indicates minimal depression, 10-18: indicates mild depression, 19-29: indicates moderate depression, 30-63: indicates severe depression. It is used to measure depression. This widely used instrument consists of 21 symptoms or attitudes commonly seen in patients suffering from depression (e.g. sadness, negative self-concept, sleep and appetite disturbances).

**Quality of Life (WHOQOL)**, measurement tool is a generic multi-dimensional QOL instrument. This tool has been developed across 15 international field centers. It is designed for cross-cultural subjective assessment and it can be used in any country where people can read and understand English language. It is possible to derive six domains (areas) scores, 24 specific facets (features) scores and one facet score that measures "overall QOL and general health". Each facet is represented by four items with a 5-point Likert-type response scale. Domains and facets scores range from 0 to 100, with higher scores indicating better QOL.

## 5 DATA ANALYSIS

The data was analyzed using SPSS. Variables were presented with descriptive statistics and analyzed with Pearson Correlation Coefficient.

### INCLUSION CRITERIA

1. The mothers of children with hearing and orthopedic having age range between 22-40 years.
2. The mothers of children with hearing and orthopedic having graduation.
3. The mothers of children with hearing and orthopedic who comes under middle income group.
4. The non-working mothers of children with hearing and orthopedic impairment.
5. The families having one disabled child either orthopedic or hearing impairment.

### EXCLUSION CRITERIA

1. Working mothers.
2. Mothers having education qualification less than graduation.
3. Families who having normal children only.

## 6 RESULTS

Mean age of the children in this study was 10.2 with a 6.5 standard deviation. There were 75% girls and 75% boys in the children. Children having orthopedic impairment & hearing impairment were included.

**Table 1: Sample Scores of BDI, BHS, WHOQOL**

Variables	Mean	SD	Median	IQR*
BDI	14.24	13.01	12.0	6.0-18.0
BHS	48.2	7.84	48.0	42.0-53.0
WHOQOL				
EL	25.91	25.68	20.20	0.0-40.0
PM	18.61	16.37	12.8	0.0-38.0
Sleep	41.57	37.67	32.2	0.0-62.66
SI	25.3	27.72	21.50	0.0-40.00
PAIN	32.56	31.92	34.00	0.0-56.22
ER	23.76	28.06	12.7	0.0-37.5

\*Interquartile Range

The Mean score for the study sample on BDI was 14.24 (SD=13.01). Results represents minimal to mild depression in the mothers of both groups. Results represent especially higher hopelessness in the sample group. The highest mean score was 48.2 in BHS. The highest mean score in WHOQOL was in sleep with 41.57 and pain with 32.56.

**Table 2: Correlation between BDI, BHS, WHOQOL**

	BDI	BHS	SLEEP	PM	EL	SI	PAIN	ER
BDI	1							
BHS	.346**	1						

<b>SLEEP</b>	.413**	.264**	1					
<b>PM</b>	.421**	.145	.233*	1				
<b>EL</b>	.426**	.256*	.156	.588**	1			
<b>SI</b>	.622**	.153	.426**	.355*	.344**	1		
<b>PAIN</b>	.687**	.278**	.456**	.439**	.576**	.657**	1	
<b>ER</b>	.465**	.173	.286**	.687**	.456**	.259**	.367**	1

\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$

Bivariate Pearson Correlation Co-efficient among BDI, BHS and WHOQOL has been shown in above Table. There was a significant correlation between BDI and all WHOQOL sections: sleep ( $r = 0.413$ ), PM ( $r = 0.421$ ), EL ( $r = 0.426$ ), SI ( $r = 0.622$ ), ER ( $r = 0.465$ ) and pain ( $r = 0.687$ ) significant at 0.01 levels. Between TAI and BDI ( $r = 0.346$ ) correlation coefficient was significant at 0.01 level. BHS was positively correlated with sleep ( $r = 0.264$ ) and ER ( $r = 0.456$ ) at 0.01 level. Between WHOQOL sections, almost every section was positively correlated with each other. Sleep was correlated with SI ( $r = 0.426$ ), ER ( $r = 0.286$ ) and pain ( $r = 0.456$ ) at 0.01 level, and with PM at 0.05 level. There were significant correlations between PM and EL ( $r = 0.588$ ), SI ( $r = 0.355$ ), ER ( $r = 0.687$ ) and pain ( $r = 0.439$ ) at 0.01 level. EL was correlated with SI ( $r = 0.344$ ), ER ( $r = 0.456$ ) and pain ( $r = 0.576$ ) at 0.01 level. SI was significantly correlated with ER ( $r = 0.259$ ) and pain ( $r = 0.657$ ) at 0.01 level. There was a relation between ER and pain ( $r = 0.367$ ) significant at 0.01 level.

## 7 DISCUSSION

Disability brings different experience for the child and his/her parents. Sometimes there are feeling of guilt, sorrow, hopelessness and helplessness. When children are diagnosed with developmental delays, their parents may experience psychological stress. On the other hand, obligation in dependent daily living activities is stressful among family members. Different responsibilities cause stress, anxiety and depression. The most affected person in the family is usually mother who take cares of their children. Mostly, mothers have to undertake too much stress because they are alone to take care of their children. Though most of the studies shown that father and mother both have gone through same level of stress and it depends upon the nature of disabilities.

The mothers of children with special needs are compressed with profound sense of grief. This grief would result from their loss of initial hopes, dreams and expectations. These feelings can be similar to any trauma when we encounter any significant loss such as death of loved one. Recent research has indicated that mothers of children with special needs may even experience feelings and symptoms of depression, particularly at the time of their child's diagnosis. Mothers may be worried that expressing their feelings of anger, depression or fear may not be tolerated by those around them. They may feel even pressure from family and friends to be "strong" or to remain positive, leaving those feelings of grief without a place for expression (Krisitin Resinsenberg, 2012).

The findings of this study indicated that the feeling of hopelessness among mothers of person with disability consistent and they have high risk towards depression and low quality of life. Hopelessness and depression affect negatively quality of life of mothers. Giving birth to and bringing up a child with a physical handicap may give shock, denial, guilt, sorrow and helplessness. Spending more time with disabled children increase the anxiety among all family members (Brandt et al., 2010) and often depression accompanied with hopelessness in mothers. In our study, a significant correlation was found between depression scores and hopelessness scores. Constantly, researchers found hopelessness and higher level of depression in mothers of children with disabilities (Baxter et al., 2002).

In this study, significant correlation was found between depression scores and all subscales of quality of life. In case of increased depression scores, we found increased emotional reactions in mothers of both groups. Similarly, Baxter found higher scores both of emotional scores and depression scores in mothers of child with disabilities (Baxter et al., 2002). In our study, we found significant correlation between depression and social isolation in mothers. The multivariate analyses revealed that variables such as distress, hopelessness and financial situation were more important in explaining the reduced quality of life than parental gender and the presence/severity of the children's with disability (Lawoko et al., 2003, Bostlon et al., 2010). Severity of disease, age and gender of the child, social and financial conditions are identified as factors that affect quality of life in most of the studies. Studies showed that neither the child's gender nor the age had affected the quality of life in mothers of children with disability, but severity of disease affected quality of life in mothers (Wagner et al., 1991). In our study, we found a positive correlation between pain and depression. Similarly, recent studies indicated that depression was accompanied with pain (Geerlings et al., 2002). Results revealed that energy level and physical activity level decrease, in case of decrease depression score (Wallander et al., 2010). However, sleep disturbance was seen when depression scores

were higher. The findings of this study indicated that mothers with disabled children have high level of depression. Increased depression and anxiety level affected with badly in mother's quality of life. We thought that effective rehabilitation programs should provide sufficient opportunities for repeated follow-up interviews which offer not only information on the children's disabilities but also psychological support for the mothers.

Several psychological characteristics, in contrast, are known to be associated with the distress reported by a family member caring for a loved one with a disability and many of these have considerable implications for psychological interventions. Researches concluded that cognitive appraisals of stress and growth (Hastings, 2002; Kronenberger & Thompson, 1992; Pakenham, 2001), effective social problem-solving abilities (Dreer, Elliott, Fletcher, & Swanson, 2005; Dreer, Elliott, Shewchuk, Berry, & Rivera, 2007; Noojin & Wallander, 1997; Rivera, Elliott, Berry, Grant, & Oswald, 2007) and satisfaction with familial relationships (Glidden & Floyd, 1997; Lightsey & Sweeney, 2008) are predictors of distress reported by family members who are in caregiver roles to care severely disabled children.

The system is not helping people with a disability, which is the reason that most people with disabilities are not empowered. The basic need for people with disabilities is to provide better infrastructure so that they can go outside and live like any other citizens. A lot more need to be done for implementation and getting basic rights. Researchers have found that disability in India, particularly in rural areas it is often seen as a punishment for a person's misdeed in a past life. We need to provide mental health services more and tackle the stigma and taboo associated with it.

In addition to diagnostic and management skills, persons with disabilities and their parents need social support and also need skilled counseling by psychologist. It may influence the ongoing care of the disabled; implications for health professionals include a need for thorough psychological assessment of affected child and their parents. At individual level an important step in this regard is to follow the guidance offered by people with disabilities in India on interaction with disabled people.

Few Important useful tips which need to be followed include: Listen to the person with the disability. Do not make assumptions about what the person can or cannot do. When speaking with a person with a disability, talk directly to that person, not through his or her companion. Extend common courtesies to people with disabilities as you would to anyone else. Shake hands or hand over business cards. If the person cannot shake hand with you or grasp your card, they will tell you. Do not be ashamed of another attempt. Offer assistance to a person with disability, but wait until your offer is accepted before you help. It is okay to feel nervous or uncomfortable around people with disabilities, and it is okay to admit that. When you encounter these situations, think "person" first instead of disability and you will eventually feel relaxed.

## REFERENCES

- [1] Baxter C., Cummins R.A., & Yiolitis L. (2002). Parental Stress Attributed to Family Members With and Without Disability: A longitudinal Study. *Journal of Intellectual and Developmental Disability*.25:105-118.
- [2] Boslton P.F., & Carvill S. (2010). Sensory impairments, intellectual disability and psychiatry. *Journal of Intellectual Disabilities*,45:467-483.
- [3] Bolton P.F., Pickles A., Murphy M., & Rutter M. (1998). Autism, affective and other psychiatric disorders: patterns of familial aggregation. *Journal of Psychological Medicine*.28:385-95.
- [4] Crnic K.A., Gaze C., & Casey H. (2005). Cumulative parenting stress across the preschool period: Relations to maternal Parenting and Child Behavior at Age 5. *Journal of Infant and Child development*.14:117-132.
- [5] Durak A.B. (2009). Suicide Probability: An Assessment Term of Reasons for Living, Hopelessness and Loneliness. *Turkish Journal of Psychiatry*.16:29-39.
- [6] Ellis J.B., & Hirsch J.K. (2000). Reasons for living in parents of developmentally delayed children. *Journal of Develpomental Disabilities*. 21: 323-7.
- [7] Ganong L., Doty M.E., & Gayer D. (2010). Mothers in postdivorce families caring for a child with cystic fibrosis. *Journal of Pediatric Nursing*.18:332-43.
- [8] Geerlings S.W., Twisk J.W., Beekman A.T., & Tilburg W.V. (2002). Longitudinal relationship between pain and depression in older adults: sex, age and physical disability. *Journal of Psychiatric Epidemiology*.37:23-30.
- [9] Glidden L.M., & Schoolcraft S.A. (2003). Depression: its trajectory and correlates in mothers rearing children with intellectual disability. *Journal of Intellectual Disabilities*. 32:250-63.
- [10] Greenberg M.T. (1999). Stress and coping in hearing mothers of children with hearing loss: Factors affecting mother and child adjustment. *American journals of the Deaf*. 12:7-18.
- [11] Gupta V.B. (2007). Comparison of Parenting Stress in Different Developmental Disabilities. *Journal of Developmental and physical Disability*.19: 417-425.

- [12] Hodes M., Garralda M.E., Rose G., & Schwartz R. (1999). Maternal expressed emotion and adjustment in children with epilepsy. *Journal of Child Psychology Psychiatry*. 40:1083-93.
- [13] Holroyd J., Brown N., Wikler L., & Simmons J.Q. (2006). Stress in families of institutionalized and noninstitutionalized autistic children. *Journal of Community Psychology*.3:26-31.
- [14] Khamseh K. (2002). Study of the Socio-psychological Factors in the Occurrence of Depression in Women, *Kosar Medical Journal*. 7,14-17.
- [15] Koester M., & Meadow O. (2011). Depression among Parents of Physical Disabled Children. *Journal of Families Systems & Health*.10:1037
- [16] Kogel R.L. (1992). Consistent stress Profile in mothers of children with autism. *Journal of autism and developmental disorders*. 22:205-216.
- [17] Laing G.J., Law J., Levin A., & Logan S. (2002). Evaluation of a structured test and a parent led method for screening for speech and language problems: Prospective population based study. *British Medical Journal*. 325:1152–1154.
- [18] Lawoko S., & Soares J.J. (2003). Quality of life among parents of children with congenital heart disease, parents of children with other diseases and parents of healthy children. *Journal of Quality of Life*.12:655-66.
- [19] Lederberg A.R. (2002). Parenting stress and social support in hearing mothers of deaf and hearing children: A longitudinal study. *Journal of Deaf Education and Deaf Studies*. 7:330-345.
- [20] Manuel J., Naughton M.J., Balkrishnan R., Smith B.P., & Koman L.A. (2003). Stress and adaptation in mothers of children with cerebral palsy. *Journal of Pediatrics Psychology*. 28:197-201.
- [21] Marit H., Kevam & Mitchell L. (2008). Mental Health in Deaf Adults: Symptoms of Anxiety and Depression among Hearing and Deaf Individuals. *Journal of Deaf Studies & Deaf Education*.12:1-7.
- [22] Minkoff K., Bergman E., Beck A., & Beck R. (1997). Hopelessness, Depression and Attempted Suicide. *American Journal of Psychiatry*.130:455.
- [23] Mu P.F., Kuo H.C., & Chang K.P. (2005). Boundary ambiguity, coping patterns and depression in mothers caring for children with epilepsy in Taiwan. *International Journal of Nursing Studies*.42:273-82.
- [24] Olsson & Hwang. (2002). Depression in mothers & fathers of children with intellectual disabilities. *Journal of Intellectual Disability Research*. 45:535-545
- [25] Ong L.C., Afifah I., Sofiah A., & Lye M.S. (1998). Parenting stress among mothers of Malaysian children with cerebral palsy: predictors of child-and parent-related stress. *Journal of Pediatrics*.18:301-7.
- [26] Rognerud M. (2008). Measuring the mental health status of the Norwegian population: A comparison of the instruments. SCL-25, SCL-10, SCL-5 and MHI-5 (SF-36) *Nordic Journal of Psychiatry*. 57:113-118.,
- [27] Rudolph M., Rosanowski F., Eysholdt U., & Kummer P. (2003). Anxiety and depression in mothers of speech impaired children. *International Journal of Pediatrics*. 67:1337-41.
- [28] Ryde B.B. (2010). Anxiety and depression in mothers of children with psychotic disorders and mental retardation. *Journal of Psychiatry*. 56:118-21.
- [29] Sanders J.L., & Morgan S.B. (2009). Family stress and adjustment as perceived by parents of children with autism or Down syndrome: Implications for intervention. *Child & Family Behavior Therapy*.19:15-32.
- [30] Smith T.B., Innocenti M.S., Boyce G.C., & Smith C.S. (2008). Depressive symptomatology and interaction behaviors of mothers having a child with disabilities. *Psychological Rep*. 45:1184-6.
- [31] Tambs K. (2006). Moderate effects of hearing loss on mental health and subjective well-being: Results from the Nord-Trondelag Hearing Loss Study. *Psychosomatic Medicine* 66:776–782.
- [32] Turner R.J. (2002). Major depression and depressive symptomatology among the physically disabled. *Journal of Nervous and Mental Disease*.178:343–350.
- [33] Von Essen L., Sjoden P.O., & Mattsson E. (2004). Swedish mothers and fathers of a child diagnosed with cancer- a look at their quality of life. *Journal of Oncology*. 43: 474-9.
- [34] Wagner M., Newman L., D'amico R., & Cox R. (1991). Youth with disabilities: How are they doing? *Journal of Disabilities*.60:717-719.
- [35] Warschburger P., Buchholz H.T., & Petermann F. (2007). Psychological adjustment in parents of young children with atopic dermatitis: which factors predict parental quality of life? *Journal of Dermatology*. 150:304-11.
- [36] Wallander J.L., Pitt L.C., & Mellins C.A. (2010). Child functional independence and maternal psychosocial stress as risk factors threatening adaptation in mothers of physically or sensorially handicapped children. *Journal of Clinical Psychology*.58:818-24.
- [37] Quittner A.L., Glueckauf R.L., & Jackson D.N. (1990). Chronic parenting stress: Moderating versus mediating effects of social support. *Journal of Personality and Social Psychology*. 59:1266-1278.

## Representación del conocimiento mediante mapas cognitivos difusos y conjuntos de términos lingüísticos difusos dudosos en la biomedicina

### [ Knowledge representation using fuzzy cognitive maps and hesitant fuzzy linguistic term sets ]

Salah Hasan Saleh<sup>1</sup>, Sol David Lopezdomínguez Rivas<sup>2</sup>, Andrea Mariel Malave Gomez<sup>2</sup>, Fawaz Saleem Mohsen<sup>3</sup>, and Maikel Leyva Vázquez<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana, Cuba

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Guayas, Ecuador

<sup>3</sup>Servicio de referencia nacional de cardiopatía y embarazo, La Habana, Cuba

<sup>4</sup>Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Guayas, Ecuador

---

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:** Fuzzy cognitive maps have received increasing attention for the representation of causal knowledge, being especially useful in biomedicine. Recently some extension for using fuzzy cognitive maps using the paradigm of computing with words in order to provide causal models that are easily understood have been proposed. Nevertheless, there are situations in which experts hesitate between several values to assess the causal relation. To this end, we propose the use of of hesitant fuzzy linguistic term sets. Finally, the paper presents an illustrative example of the model for biomedical knowledge representation.

**KEYWORDS:** fuzzy cognitive maps, computing with words, hesitant fuzzy linguistic term sets, biomedicine.

**RESUMEN:** Los mapas cognitivos difusos han recibido una creciente atención para la representación del conocimiento causal, siendo de especial utilidad para la representación del conocimiento en el biomedicina. Recientemente se han presentado extensiones para el trabajo con la computación con palabras. Sin embargo existen situaciones en las cuales los expertos dudan entre varios valores lingüísticos. En el presente trabajo se propone un modelo basado en mapas cognitivos difusos utilizando el paradigma de computación con palabras con el objetivo de proporcionar modelos causales que sean fácilmente comprensibles y conjuntos de términos lingüísticos difusos dudosos. Finalmente, el trabajo presenta un ejemplo ilustrativo del modelo presentado aplicado a la representación del conocimiento en la biomedicina.

**PALABRAS CLAVE:** mapas cognitivos difusos, computación con palabras, biomedicina, términos lingüísticos difusos dudosos.

## 1 INTRODUCCIÓN

Los Mapas Cognitivos Difusos (MCD) [1] han recibido una creciente atención para la representación de conocimiento. Los MCD son grafos causales que hacen uso de la lógica difusa brindando la posibilidad de representar retroalimentación y modelar la vaguedad propia de este tipo de relaciones [2].

Los mapas cognitivos fueron propuestos por Axelrod [3]. En estos, los nodos representan conceptos o variables de un dominio. Las conexiones indican la dirección de la causalidad junto al signo asociado que puede ser positivo (incremento causal) o negativo (decremento causal). Sin embargo en el mundo cotidiano los enlaces entre causa y efecto son frecuentemente imprecisos por naturaleza, existiendo distintos grados de causalidad, por lo que se definieron los MCD que hacen uso de la lógica difusa [4], ya que ofrece un marco adecuado para tratar con la causalidad imperfecta en los mapas cognitivos.

La lógica difusa permite expresar el grado de causalidad entre conceptos a través del empleo de valores borrosos en el intervalo  $[-1,1]$  y mediante el uso de expresiones lingüísticas como "negativamente fuerte", "positivamente fuerte", "negativamente débil", "positivamente débil", etc. En estos casos, la información lingüística modela de forma flexible el conocimiento e implica procesos de computación con palabras (CWW) [5].

Aunque se han realizado algunos esfuerzos en el empleo de la computación con palabras (CWW) en MCD como es el caso del análisis estático [6] y el desarrollo de un modelo utilizando 2-tuplas lingüísticas para el análisis del diseño conceptual [7] y como ayuda a la toma de decisiones [8].

En el presente trabajo un modelo de mapas cognitivos difusos que utilizan el paradigma de computación con palabras con el objetivo de proporcionar modelos causales que sean fácilmente comprensibles y conjuntos de términos lingüísticos difusos dudosos. Adecuado para situaciones en las cuales los expertos dudan entre varios valores lingüísticos

Este trabajo se estructura del siguiente modo: En la Sección 2 se abordan las temáticas relacionadas con los MCD y su empleo en la toma de decisiones. En la Sección 3 se presenta el modelo de representación basado en la 2-tuplas lingüística y conjuntos de términos lingüísticos difusos dudosos. En la Sección 4 se presenta el modelo propuesto y a continuación en la Sección 5 se introduce un caso de estudio aplicado a la representación del conocimiento a la biomedicina. El trabajo finaliza con las conclusiones y trabajos futuros.

## 2 MAPAS COGNITIVOS DIFUSOS Y COMPUTACIÓN CON PALABRAS

Los MCD fueron introducidos por Kosko [1] como una extensión de los mapas cognitivos. Los MCD describen la fortaleza de la relación mediante el empleo de valores borrosos en el intervalo  $[-1,1]$ . Para ello, los nodos representan conceptos causales y pueden modelar eventos, acciones, valores, metas o procesos. Así, los nodos constituyen una estructura de grafo difuso con retroalimentación para representar causalidad [9] y ofrecen un marco de trabajo más potente y flexible para representar el conocimiento humano para el razonamiento frente a los sistemas expertos tradicionales [10].

Dada la gran utilidad de los MCD, estos han sido extendidos para modelar diversas situaciones. Así, encontramos extensiones basadas en la teoría de los sistemas grises [11], intervalos [12], lógica difusa intuicionista [13], entre otras extensiones.

Los mapas cognitivos han presentado diversas aplicaciones para la representación del conocimiento en la medicina. Entre ellos se destacan evaluación del riesgo de desarrollar de cáncer de mamas [14], cáncer de próstata [15] y ayuda a la toma de decisiones en la radioterapia [16].

Stylios y otros [17] proponen la aplicación de los MCD a la toma de decisiones en la medicina, y denominan su modelo mapa cognitivo difuso competitivo. En él se introducen dos tipos de nodos fundamentales, los de decisión y los asociados a factores (figura 1) Se encuentran ejemplos de su aplicación en el diagnóstico de la patologías del lenguaje [17] y en la obstetricia [18]. Sin embargo la necesidad de que la relación entre los nodos sea numérica limita la interpretabilidad del moldeo.

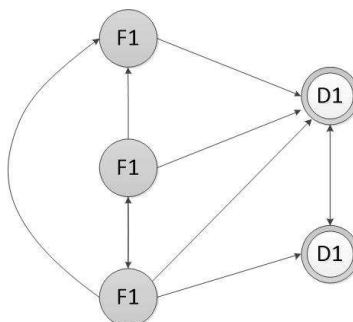


Fig. 1. Mapa cognitivo difuso competitivo constituido por dos alternativas (nodos de decisión) y tres criterios (factores)[19]

Recientemente se ha propuesto una extensión a los mapas cognitivos difusos competitivos utilizando computación con palabras y el modelo de las 2-tuplas lingüísticas denominado mapa cognitivo difuso competitivo lingüístico (LCFCM) [20]. La principal ventaja del modelo propuesto para el diagnóstico médico basado en mapas cognitivos difusos es que permite aumentar la interpretabilidad de los modelos causales, siendo este hecho de utilidad en el diagnóstico médico, sin embargo este modelo no permite el trabajo en situaciones frecuente en que los expertos dudan entre varios valores lingüísticos.

### 3 CONJUNTOS DE TÉRMINOS LINGÜÍSTICOS DIFUSOS DUDOSOS

La CWW es una metodología que permite realizar un proceso de computación y razonamiento utilizando palabras pertenecientes a un lenguaje en lugar de números. Dicha metodología permite crear y enriquecer modelos de decisión en los cuales la información vaga e imprecisa [21] es representada a través de variables lingüísticas.

El modelo de representación lingüística de 2-tuplas permite realizar procesos de computación con palabras sin pérdida de información, basándose en el concepto de traslación simbólica.

Sea  $S = \{s_0, s_1, \dots, s_g\}$  un conjunto de términos lingüísticos y  $\beta \in [0, g]$  un valor en el intervalo de granularidad de  $S$ .

Definición 1: [22] La Traslación Simbólica de un término lingüístico,  $s_i$ , es un número valorado en el intervalo  $[-.5, .5]$  que expresa la diferencia de información entre una cantidad de información expresada por el valor  $\beta \in [0, g]$ , obtenido en una operación simbólica y el valor entero más próximo,  $i \in \{0, \dots, g\}$  que indica el índice de la etiqueta lingüística ( $s_i$ ) más cercana en  $S$ .

A partir de este concepto se desarrolló un nuevo modelo de representación de la información lingüística el cual hace uso de un par de valores o 2-tuplas. Este modelo de representación define un conjunto de funciones que facilitan las operaciones sobre 2-tuplas.

Definición 2: [22] Sea  $S = \{s_0, s_1, \dots, s_g\}$  un conjunto de términos lingüísticos y  $\beta \in [0, g]$  un valor que representa el resultado de una operación simbólica, entonces la 2-tupla lingüística que expresa la información equivalente a  $\beta$ , se obtiene usando la siguiente función:

$$\Delta: [0, g] \rightarrow S \times [-.5, .5]$$

$$\Delta(\beta) = (s_i, \alpha), \text{ con } \begin{cases} s_i, & i = \text{round}(\beta) \\ \alpha = \beta - i, & \alpha \in [-.5, .5] \end{cases} \quad (1)$$

Donde  $\text{round}$  es el operador usual de redondeo,  $s_i$ , es la etiqueta con índice más cercano a  $\beta$  y  $\alpha$  es el valor de la traslación simbólica.

Cabe señalar que  $\Delta^{-1}: \langle S \rangle \rightarrow [0, g]$  es definida como  $\Delta^{-1}(s_i, \alpha) = i + \alpha$ . De este modo, una 2-tupla lingüística  $\langle S \rangle$  queda identificada con su valor numérico en  $[0, g]$ .

Recientemente se han empleado los conjuntos difusos dudosos HFS-del inglés Hesitant Fuzzy Set [23]. Estos conjuntos hesitant han sido aplicados a la definición de conjunto de términos lingüísticos [24] permitiendo el uso de gramáticas libres de contexto permitiendo la creación de expresiones lingüísticas en las evaluaciones de los expertos, haciendo de este modo más flexible el proporcionar información relacionada con el problema de toma de decisiones [25].

Sea  $S^g = \{s_0, \dots, s_g\}$  el conjunto ordenado finito de  $g+1$  términos, o valores posibles de una variable lingüística  $\vartheta$ . Sea  $HS$  un subconjunto ordenado finito de términos de  $S^g$ . Según [9], la gramática libre de contexto  $GH$  que produce expresiones gramaticales  $ll$  resultantes en  $H_s$  mediante la función  $E_{GH}$ , nos permite tener expresiones lingüísticas para evaluar alternativas.

Por ejemplo, para  $N = 4$  y  $S = \{nulo, bajo, medio, alto, completo\}$  las valoraciones del experto se transformarían en conjunto de términos lingüísticos (Hesitant Fuzzy Linguistic Term Set - HFLTTS) de la siguiente manera [24]:

$y_1 =$  inferior a bajo, siendo  $ll_1$ : menor o igual que  $s_1$  y por tanto  $HS = \{s_0, s_1\}$ .

$y_2 =$  superior a la media, siendo  $ll_2$ : mayor o igual que  $s_3$  y por tanto  $HS = \{s_3, s_4\}$ .

$y_3 =$  normal, siendo  $ll_3$ : entre  $s_2$  y  $s_2$  y por tanto  $HS = \{s_2, s_3, s_3\}$ .

$y_4 =$  media, siendo  $ll_4 = s_2$  y por tanto  $HS = \{s_2\}$ .

#### 4 MODELO PROPUESTO

En esta sección se presenta el procedimiento empleado para obtención del modelo de diagnóstico de enfermedades cardiovasculares basado en computación con palabras y mapas cognitivos difusos competitivos. El mismo tiene como propósito fundamental mejorar la interpretabilidad de los modelos de diagnósticos de este tipo de enfermedades. Las fases incluidas en el modelo propuesto se representan gráficamente en la Figura 2 y son detalladas a continuación:



*Fig. 2. Fases del modelo propuesto*

##### 4.1 REALIZAR PREPARACIÓN PREVIA

En primer lugar se identifican las fuentes de información a incluir en el estudio, de ser posible recomendándose la participación de múltiples expertos que representan distintos puntos de vista del sistema a modelar. Adicionalmente se definen conjunto (s) de términos lingüísticos que serán empleados para el modelado de las relaciones. Siendo:

$S = \{s_0, \dots, s_g\}$  el conjunto de términos lingüísticos.

Para que una fuente de información pueda expresar con mayor facilidad el conocimiento es necesario que disponga de un conjunto apropiado de descriptores lingüísticos. Con el propósito de facilitar el trabajo se recomienda el cumplimiento de las siguientes reglas [26]:

- El número de términos a la izquierda y a la derecha del término medio debe ser el mismo.
- La cardinalidad de un conjunto de términos lingüísticos no debe ser demasiado pequeña como para imponer una restricción de precisión a la información que quiere expresar cada fuente de información, y debe ser lo suficientemente grande como para permitir hacer una discriminación de las valoraciones en un número limitado de grados.

##### 4.2 DEFINIR SÍNTOMAS, SIGNOS Y ENFERMEDADES

Se determinan los síntomas, signos y enfermedades, los cuales pasan a ser nodos en el modelo. En el modelo propuesto modelo se clasifican los nodos de dos formas, los síntomas y nodos son factores y las enfermedades son nodos de decisión. Esta clasificación permite modelar el problema siguiendo el concepto de los mapas cognitivos difusos competitivos.

##### 4.3 DETERMINAR RELACIONES EXISTENTES

Cada experto expresa las relaciones haciendo uso de los términos lingüísticos definidos. El peso de la conexión que va del concepto  $C_i$  al concepto  $C_j$ , se representa mediante se emplearan conjunto lingüísticos difusos dudosos. Se hace usos del conjunto de etiquetas lingüísticas se hace uso de expresiones lingüísticas representadas mediante HFLTS.

## 5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, para ilustrar la aplicación práctica del modelo propuesto, se muestra un ejemplo ilustrativo a la medicina en el que se muestra la relación de distintos síntomas ( $N_1, \dots, N_5$ ) con una enfermedad ( $N_6$ ). La descripción de los nodos aparece en la Tabla 1.

Tabla 1. Conceptos utilizados

Síntomas/Signos	Concepto	Descripción
$N_1$	Palpitaciones cardíacas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sensaciones de latidos cardíacos que se perciben como si el corazón estuviera latiendo con violencia o acelerando.</li> </ul>
$N_2$	Presión arterial	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es la fuerza o presión que ejerce la sangre contra las paredes de las arterias, llevando de esa forma la sangre a todas las partes del cuerpo.</li> </ul>
$N_3$	Cefalea	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hace referencia a los dolores y molestias localizadas en cualquier parte de la cabeza.</li> </ul>
$N_4$	Visión borrosa	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incapacidad del sistema de visión para percibir, detectar o identificar objetos especiales con unas condiciones de iluminación buenas.</li> </ul>
$N_5$	Confusión mental	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disminución de la actividad de la conciencia. Existen varios grados que van desde una leve obnubilación hasta el estado de estupor.</li> </ul>
$N_6$	Hipertensión arterial	<ul style="list-style-type: none"> <li>Una enfermedad crónica caracterizada por un incremento continuo agudo o crónico de las cifras de la presión arterial.</li> </ul>

Para este ejemplo ilustrativo se propone el conjunto de términos lingüísticos mostrado en la Figura 2 para representar las relaciones causales.

$s_0$	Cero (C)	(0.0,0.0,0.25)
$s_1$	Positivamente débil (PD)	(0.0,0.25,0.50)
$s_2$	Positivamente media (PM)	(0.25,0.50,0.75)
$s_3$	Positivamente fuerte (PF)	(0.50,0.75,1)
$s_4$	Positivamente muy fuerte (PMF)	(0.75,1,1)

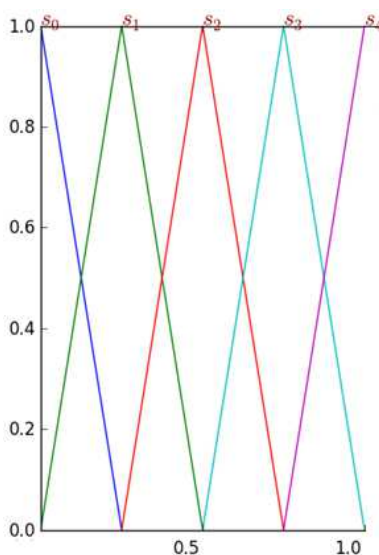


Fig. 3. Conjunto de etiquetas lingüísticas

Se obtuvo la siguiente matriz de adyacencia a partir de las valoraciones.

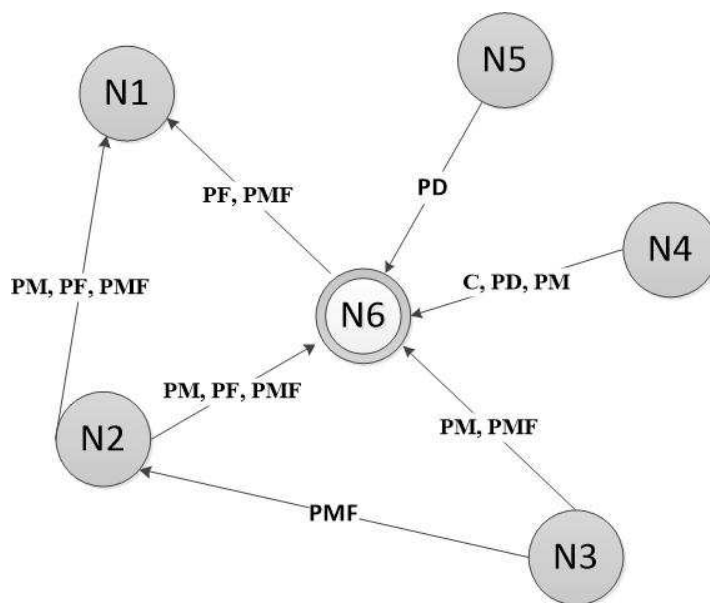
**Tabla 2. Matriz de Adyacencia**

C	C	C	C	C	C
Entre PM y PMF	C	C	C	C	Mayor que PM
C	PMF	C	C	C	Entre PM y PMF
C	C	C	C	C	Menor que PM
C	C	C	C	C	PD
Mayor que PF	C	C	C	C	C

A continuación se muestra la matriz de adyacencia en  $H_s$  mediante la transformación de cada expresión lingüística en HFLTS.

**Tabla 3. Matriz de adyacencia en  $H_s$**

C	C	C	C	C	C
{PM,PF,PMF}	C	C	C	C	{PM,PF,PMF}
C	PMF	C	C	C	{PM,PMF}
C	C	C	C	C	{C,PD,PM}
C	C	C	C	C	PD
{PF,PMF}	C	C	C	C	C



**Fig. 4. MCDLD obtenido**

La propuesta presentada muestra múltiples ventajas con respecto a la formulación original de los MCD y su aplicación al análisis de escenarios [27], logrando una mayor flexibilidad para que los expertos expresen sus valoraciones y una mayor interpretabilidad en el modelo al emplear términos lingüísticos. Al emplear el modelo de representación lingüístico basado en 2-tuplas se mejora los problemas de pérdida de información en los procesos CWW con respecto a otros modelos [22].

## 6 CONCLUSIONES

Los mapas cognitivos difusos se han demostrado como una herramienta útil de apoyo a la toma de decisiones. En este trabajo se ha presentado un nuevo modelo de mapas cognitivos basados lo conjunto lingüísticos dudosos. Además, se ha mostrado un ejemplo ilustrativo aplicado a la medicina.

La propuesta de esta contribución está centrada en aumentar la interpretación de los mapas cognitivos difusos y su facilidad de uso por los expertos, proporcionando resultados lingüísticos que sean fácilmente interpretables. Para ello, se propone que se represente la información a través de valores lingüísticos y se opere sobre ellos a través del modelo lingüístico basado en 2-tuplas. De este modo, los modelos mentales obtenidos son más cercanos al modo de pensar de los decisores.

Como trabajos futuros se plantea el desarrollo de un modelo de inferencia basado en los Mapas Cognitivos difusos intervalares [28]. El desarrollo de nuevos algoritmos de aprendizaje es otra área de trabajo.

## REFERENCIAS

- [1] B. Kosko, "Fuzzy cognitive maps," *International Journal of Man-Machine Studies*, vol. 24, pp. 65-75, 1986.
- [2] M. Leyva-Vázquez, Karina Pérez-Teruel, A. Febles-Estrada, and J. Gulín-González, "Técnicas para la representación del conocimiento causal. Un estudio de caso en Informática Médica.," *ACIMED*, vol. 24, 2013.
- [3] R. M. Axelrod, *Structure of decision: The cognitive maps of political elites*: Princeton University Press Princeton, NJ, 1976.
- [4] L. A. Zadeh, "Fuzzy sets," *Information and Control*, vol. 8, pp. 338-353, 1965.
- [5] L. Marti and F. Herrera, "An overview on the 2-tuple linguistic model for computing with words in decision making: extensions, applications and challenges," *Information Sciences*, vol. 207, pp. 1-18, 2012.
- [6] S. Samarasinghea and G. Strickert, "A New Method for Identifying the Central Nodes in Fuzzy Cognitive Maps using Consensus Centrality Measure," presented at the 19th International Congress on Modelling and Simulation, Perth, Australia, 2011.
- [7] A. Singh, "Architecture value mapping: using fuzzy cognitive maps as a reasoning mechanism for multi-criteria conceptual design evaluation," PhD Thesis, Missouri University of Science and Technology, Missouri, 2011.
- [8] K. Pérez-Teruel, M. Leyva-Vázquez, M. Espinilla, and V. Estrada-Sentí, "Computación con palabras en la toma de decisiones mediante mapas cognitivos difusos," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, vol. 8, pp. 19-34, 2014.
- [9] C. W. Ping, "A Methodology for Constructing Causal Knowledge Model from Fuzzy Cognitive Map to Bayesian Belief Network," PhD Thesis, Department of Computer Science, Chonnam National University, 2009.
- [10] E. I. Papageorgiou, "Learning Algorithms for Fuzzy Cognitive Maps---A Review Study," *Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on*, vol. PP, pp. 1-14, 2011.
- [11] J. L. Salmeron, "Modelling grey uncertainty with Fuzzy Grey Cognitive Maps," *Expert Systems with Applications*, vol. 37, pp. 7581-7588, 2010.
- [12] E. Papageorgiou, C. Stylios, and P. Groumpos, "Introducing Interval Analysis in Fuzzy Cognitive Map Framework Advances in Artificial Intelligence." vol. 3955, G. Antoniou, G. Potamias, C. Spyropoulos, and D. Plexousakis, Eds., ed: Springer Berlin / Heidelberg, 2006, pp. 571-575.
- [13] D. K. Iakovidis and E. Papageorgiou, "Intuitionistic Fuzzy Cognitive Maps for Medical Decision Making," *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on*, vol. 15, pp. 100-107, 2011.
- [14] J. Subramanian, A. Karmegam, E. Papageorgiou, N. Papandrianos, and A. Vasukie, "An integrated breast cancer risk assessment and management model based on fuzzy cognitive maps," *Computer methods and programs in biomedicine*, vol. 118, pp. 280-297, 2015.
- [15] W. Froelich, E. I. Papageorgiou, M. Samarinas, and K. Skriapas, "Application of evolutionary fuzzy cognitive maps to the long-term prediction of prostate cancer," *Applied Soft Computing*, vol. 12, pp. 3810-3817, 2012.
- [16] E. Papageorgiou, C. Stylios, and P. Groumpos, "The soft computing technique of fuzzy cognitive maps for decision making in radiotherapy," *Intelligent and Adaptive Systems in Medicine*, pp. 106-127, 2008.
- [17] Stylios, V. C. Georgopoulos, G. A. Malandraki, and S. Chouliara, "Fuzzy cognitive map architectures for medical decision support systems," *Applied Soft Computing*, vol. 8, pp. 1243-1251, 2008.
- [18] C. S. Stylios and V. C. Georgopoulos, "Fuzzy Cognitive Maps for Medical Decision Support; A paradigm from obstetrics," in *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2010 Annual International Conference of the IEEE*, 2010, pp. 1174-1177.

- [19] M. Leyva-Vázquez, "Modelo de Ayuda a la Toma de Decisiones Basado en Mapas Cognitivos Difusos," Doctor en Ciencias Técnicas, UCI. Doctor en Ciencias Técnicas, La Habana, 2013.
- [20] S. H. Saleh, M. Leyva-Vázquez, J. P. F. Rodríguez, and F. S. Mohsen, "Modelo para la representación de las interrelaciones entre síntomas, signos y enfermedades cardiovasculares basadas en computación con palabras y mapas cognitivos difusos competitivos," *Investigación Tecnología e Innovación*, vol. 6, 2015.
- [21] F. Herrera, S. Alonso, F. Chiclana, and E. Herrera-Viedma, "Computing with words in decision making: foundations, trends and prospects," *Fuzzy Optimization and Decision Making*, vol. 8, pp. 337-364, 2009.
- [22] F. Herrera and L. Martínez, "A 2-tuple fuzzy linguistic representation model for computing with words," *Fuzzy Systems, IEEE Transactions on*, vol. 8, pp. 746-752, 2000.
- [23] V. Torra and Y. Narukawa, "On hesitant fuzzy sets and decision," in *Fuzzy Systems, 2009. FUZZ-IEEE 2009. IEEE International Conference on*, 2009, pp. 1378-1382.
- [24] R. M. Rodriguez, L. Martinez, and F. Herrera, "Hesitant fuzzy linguistic term sets for decision making," *Fuzzy Systems, IEEE Transactions on*, vol. 20, pp. 109-119, 2012.
- [25] R. Montes, A. M. Sanchez, P. Villar, and F. Herrera, "Aplicación del uso de valoraciones hesitant lingüísticas para una consultora de inmuebles."
- [26] M. Espinilla, "Nuevos Modelos de Evaluación Sensorial con Información Lingüística," *SCHOOL= Universidad de Jaén, YEAR= 2009*, 2009.
- [27] M. Y. Leyva Vázquez, K. Y. Pérez Teurel, A. Febles Estrada, and J. Gulín González, "Modelo para el análisis de escenarios basados en mapas cognitivos difusos: estudio de caso en software biomédico," *Ingeniería y Universidad*, vol. 17, pp. 375-390, 2013.
- [28] E. Papageorgiou, C. Stylios, and P. Groumos, "Introducing interval analysis in fuzzy cognitive map framework," in *Advances in Artificial Intelligence*, ed: Springer, 2006, pp. 571-575.

## Répartition écologique des Ptéridophytes dans le Sud-Est de la Côte d'Ivoire

### [ Ecological Distribution of Pteridophytes in south-eastern of Côte d'Ivoire ]

*Lydie Marie Dominique ADOU<sup>1</sup>, Joseph IPOU IPOU<sup>1-2</sup>, and Constant Yves ADOU YAO<sup>1-3</sup>*

<sup>1</sup>Laboratoire de Botanique, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Centre National de Floristique, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

<sup>3</sup>Centre Suisse de Recherches Scientifiques (CSRS), 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:** Pteridophytes or vascular cryptogams are an essential component of the plant kingdom. Their ecological distribution in the south-eastern of Côte d'Ivoire was analyzed through a botanical inventory. The plot method and walk-censuses were applied during the inventories. At the end of this research, Seventy-five (75) species of Pteridophytes were recorded. They belonged to 37 genera and 21 botanical families. Among those species, four (4) were found in aquatic environment, twenty (20) in swamp area. Thirty-four (34) other species were encountered in the understorey of forest and seventeen (17) were found on trees. Some of those were shade or light demanding species. However, some of these species are sometimes encountered outside of their preferential habitats.

**KEYWORDS:** Pteridophytes, inventory, distribution, ecological habitat, Côte d'Ivoire.

**RESUME:** Les Ptéridophytes ou cryptogames vasculaires constituent une des composantes essentielles du monde végétal. Leur distribution écologique dans le Sud-Est de la Côte d'Ivoire, a été étudiée à travers un inventaire botanique. Les méthodes de relevé de surface et itinérant ont été mises en œuvre. Au terme de ces investigations, soixante quinze (75) espèces de Ptéridophytes ont été signalées. Elles se répartissent en 37 genres appartenant à 21 familles botaniques. Parmi ces soixante quinze espèces, quatre (4) sont inféodées au milieu aquatique, vingt (20) au milieu marécageux ou périodiquement inondé, trente quatre (34) au milieu terrestre ou milieu de sous bois et dix-sept (17) sont arboricoles. Certaines des 75 espèces sont sciaphiles, d'autres héliophiles. Cependant, certaines espèces peuvent être communes à plusieurs milieux écologiques et sont rencontrées hors de leurs habitats préférentiels.

**MOTS-CLEFS:** Ptéridophytes, inventaire, répartition, milieu écologique, Côte d'Ivoire.

#### 1 INTRODUCTION

Les végétaux sont d'une grande importance pour les populations et les scientifiques qui les utilisent à diverses fins. L'exploitation abusive de ceux-ci entraîne souvent des disparitions d'espèces avec une incidence négative sur le maintien de la diversité biologique. Les Ptéridophytes ou cryptogames vasculaires constituent une des composantes essentielles du monde végétal. L'importance de ces « taxons », n'est pas dans le nombre de leurs représentants ; elle réside dans le fait que ce sont les premières plantes vasculaires apparues à la surface de la terre [1]. En effet, les fougères fossiles du Carbonifère ont formé les réserves houillères qui furent à la base de l'essor industriel du 20<sup>ème</sup> siècle [2]. Particulièrement bien adaptées à

la vie terrestre, les Ptéridophytes ont constitué, grâce au développement de formes arborescentes, d'immenses forêts dont la fossilisation est à l'origine des gisements de charbon.

De plus, ces végétaux font l'objet de multiples utilisations en médecine africaine (*Nephrolepis biserrata*), en horticulture (*Lycopodium cernuum*), pour la caractérisation de certaines formations végétales (*Pteridium aquilinum*) et de certains types de sol (*Gleichenia linearis*). D'autres (*Asplenium trichomanes* et *Phyllitis scolopendrium*) entrent dans la composition de produits pharmaceutiques [3], [4], [5], [6]. Les Ptéridophytes tel que *Pteridium aquilinum* procurent à l'homme de la nourriture dans des pays comme le Gabon [7]. Certaines espèces appartenant au Genre *Ceratopteris* sont également consommés [8]. Les naturalistes et les collectionneurs souffriraient également de l'extinction de ces espèces végétales.

Les forêts tropicales qui abritent la grande majorité des Ptéridophytes sont en constante dégradation. Estimée à 16 millions d'hectares à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle [9], le couvert forestier est passé à 2,7 millions d'hectares à la fin du 20<sup>ème</sup> siècle [10]. Avec ces forêts les Ptéridophytes sont aussi menacés de disparition. Une meilleure connaissance de l'habitat naturel ou d'adaptation de ces plantes contribuerait à leur protection.

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 SITE D'ETUDE

Les présents travaux se sont déroulés dans les régions administratives des Lagunes, de l'Agnéby et du Sud-Comoé (Figure 1). Cette zone d'étude, est limitée à l'Est par le Ghana, à l'Ouest par le fleuve Bandama, au Nord par le 6<sup>e</sup> degré de latitude Nord et au Sud par l'Océan Atlantique. Dans cette zone le climat est caractérisé par 4 saisons : deux pluvieuses et deux sèches. Les sols sont essentiellement ferrallitiques et fortement désaturés sous forte pluviosité. Le réseau hydrographique comprend deux principaux bassins : le bassin du Bandama et le bassin de la Comoé. Le relief est constitué de collines, de plateaux et de plaines [5].

La zone d'étude, située dans le domaine guinéen, est à cheval sur deux types de végétations que sont la forêt dense semi-décidue et la forêt dense humide sempervirente pour laquelle il n'existe plus que quelques fragments dus à leurs exploitations abusives. On y trouve également de vastes étendues de cultures annuelles et pérennes.

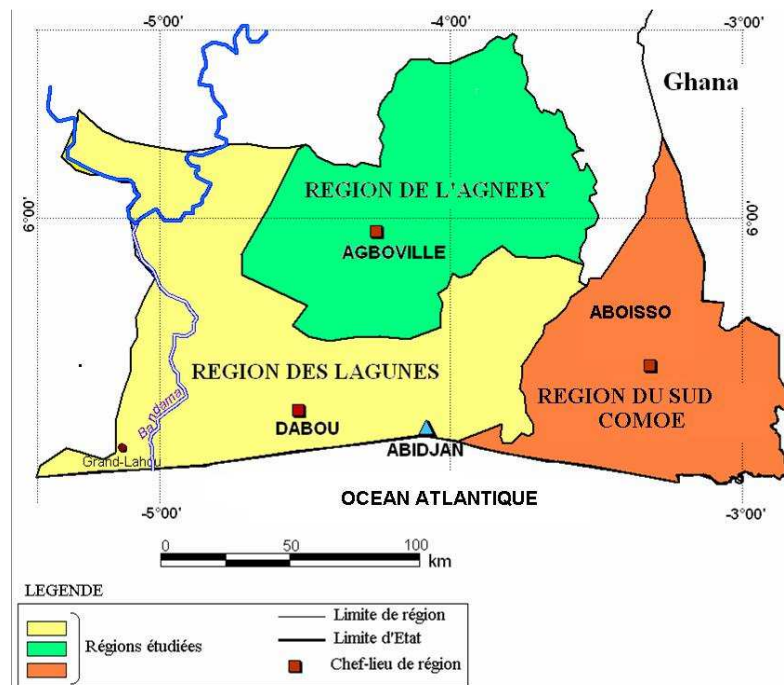


Fig.1. Localisation de la zone d'étude

## 2.2 MATERIEL VEGETAL ET TECHNIQUE

L'étude a porté sur toutes les espèces de Ptéridophytes inventoriées. Le matériel technique, est constitué entre autre d'un appareil photographique pour les prises de vue des Ptéridophytes et des logiciels Microsoft Word et Excel qui ont respectivement servi pour le traitement de texte et les différentes analyses.

## 2.3 METHODES

### 2.3.1 INVENTAIRE

La zone d'étude a été subdivisée en trois entités constituées par les milieux de forêt primaires représentés par les parcs et réserves ; les jachères et forêts secondaires et les milieux cultivés. Cinq parcs et réserves ont été échantillonnés (Le massif forestier de Yapo-Abbé, la Forêt classées de l'Anguédedou, la forêt classée N'Ganda N'Ganda, le Parc National du Banco et le Parc National d'Azagny). Quelques jachères, forêts secondaires et milieux cultivés ont été parcourues à Agboville, Dabou, Aboisso, Anyama, Bingerville et autour de la ville d'Abidjan.

Dans les milieux forestiers (Parcs et réserves, jachères et forêts secondaires) les différentes entités écologiques (zones drainées, milieux humides ou périodiquement inondés) ont été identifiés et échantillonnés. La méthode de relevés de parcours a été utilisée pour l'inventaire [11], [12]. Elle a consisté à parcourir ces forêts, en notant les noms et en récoltant toutes les espèces de Ptéridophytes rencontrées. Nous avons inventorié le long des layons, des pistes d'exploitation, des lignes de plantations et des pistes de braconnage, le long des cours d'eaux. Toutefois, pour être plus exhaustif et pour tenir compte de certains paramètres écologiques, ce relevé de parcours a été associé à un relevé de surface.

Sur chaque trajectoire, l'on a disposé de part et d'autre de la piste deux placettes de 250 m x 10 m distantes les unes des autres de 1 km. (Figure 2). Un total de 840 placettes a été disposé et inventoriées. Dans chaque placette, les Ptéridophytes ont été recensées. Leur identification a été faite à partir des flores disponibles [13], [14], [15], [16] et par comparaison avec les échantillons de l'herbier du Centre National de Floristique de l'Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody. Pour chaque Ptéridophyte inventoriée, le milieu environnemental a été décrit (Support, éclaircissement, etc.).

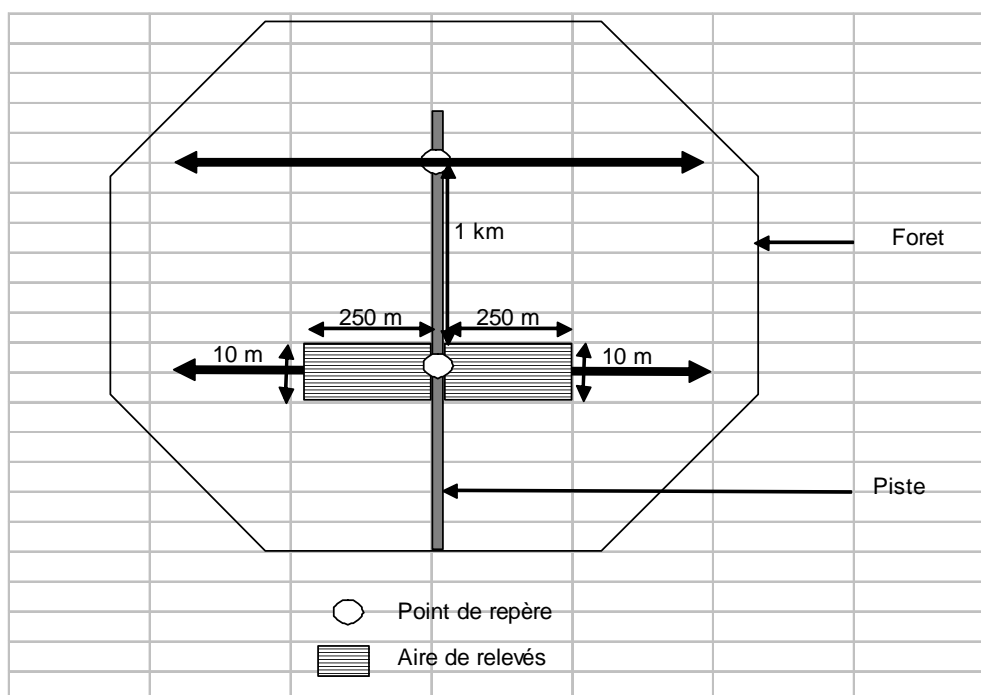


Fig. 2. Schéma du dispositif de relevés sur une piste sélectionnée

## 2.3.2 ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS

### 2.3.2.1 ANALYSE FLORISTIQUE QUALITATIVE

La liste floristique des Ptéridophytes du Sud-est de la Côte d'Ivoire a été établie. À chaque espèce relevée, la famille, le type biologique et l'affinité Chorologique [11] correspondante ont été affectées. Les types biologiques (TB) permettront de définir le spectre biologique. Les affinités Chorologiques aideront dans les prises de décision relative à la conservation. Le modèle de classification du type biologique adopté est celui de [11], [17], [18] lui même adapté du modèle de [19].

### 2.3.2.2 REPARTITION DES ESPECES SUIVANT LEUR MILIEU DE VIE

Les espèces ont été ensuite regroupées selon leur milieu de vie. Les paramètres pris en compte sont le support physique (terre, eau et bois) et l'éclairement (selon que la plante vive en milieux ouverts ou fermés). Ce regroupement est fait sur la base des informations recueillies à partir des observations.

## 3 RESULTATS

### 3.1 ANALYSE FLORISTIQUE QUALITATIVE ET RICHESSE SPECIFIQUES

La flore Ptéridophytique du Sud-Est de la Côte d'Ivoire est riche de 75 espèces (Tableau 1) réparties en 37 genres appartenant à 21 familles botaniques. Les 5 familles botaniques les mieux représentées en nombre d'espèces sont celles des Aspidiaceae (11 espèces) les Adiantaceae (10 espèces), les Lomariopsidaceae (7 espèces), les Aspleniaceae, les Polypodiaceae et les Selaginellaceae, 5 espèces chacune. Les trente deux (32) autres espèces se répartissent dans les autres familles (Figure 3).

Les plus importants genres relativement au nombre d'espèces sont les *Ctenitis* avec 6 espèces, les *Selaginella*, les *Bolbitis* et les *Asplenium* avec 5 espèces chacun. Viennent ensuite les *Trichomanes* et les *Lastreopsis* avec 4 espèces chacune. Vingt et un genres parmi lesquels on peut citer les *Vittaria*, les *Acrostichum*, les *Azolla* et les *Ceratopteris* etc. sont représentés chacun par une seule espèce.

**Tableau 1. Liste Générale des Ptéridophytes récoltées et signalées dans le Sud-Est de la Côte d'Ivoire, entre le fleuve Bandama et la frontière du Ghana**

N°	Nom des espèces	Famille	TB	ACM	ACA
1	<i>Achrostichum aureum</i> L.	Adiantaceae	np	pt	GC
2	<i>Adiantum vogelii</i> Mett. ex Keys	Adiantaceae	H	A	GC
3	<i>Arthropteris palisoti</i> (Desv.) Alston	Davalliaceae	Lmp (Se Ep)	A	GC
4	<i>Arthropteris orientalis</i> (Gmel.) Posthumus	Davalliaceae	Ep	A	GC
5	<i>Asplenium africanum</i> Desv	Aspleniaceae	Ep	A	GC
6	<i>Asplenium cuneatum</i> Lamarck	Aspleniaceae	Ep	ACo	GC
7	<i>Asplenium emarginatum</i> Palisot de Beauvois	Aspleniaceae	H	A	GC
8	<i>Asplenium hemitomum</i> Hieronymus	Aspleniaceae	Ep	A	GC
9	<i>Asplenium variable</i> Hook. var. variable	Aspleniaceae	H	A	GC
10	<i>Azolla africana</i> Desv.	Azollaceae	Hyd	A	GC-SZ
11	<i>Bolbitis acrostichoides</i> (Afz. ex Sw.) Ching	Lomariopsidaceae	H	AM	GC
12	<i>Bolbitis auriculata</i> (Lam.) Alston	Lomariopsidaceae	H	A	GC
13	<i>Bolbitis fluviatilis</i> (Hook.) Ching	Lomariopsidaceae	Rhé	A	GC
14	<i>Bolbitis gemmifera</i> (Hier.) C. Christensen	Lomariopsidaceae	H	A	GC
15	<i>Bolbitis salicina</i> (Hook.) Ching	Lomariopsidaceae	H	A	GC
16	<i>Ceratopteris cornuta</i> (P.Beauv.) Lepr.	Adiantaceae	Hyd	A	GC-SZ
17	<i>Ctenitis jenseniae</i> (C. Chr.) Tard.	Aspidiaceae	H	A	GC
18	<i>Ctenitis lanigera</i> (Kühn) Tard.	Aspidiaceae	H	A	GC
19	<i>Ctenitis pilosissima</i> (J. Sm.) Alston	Aspidiaceae	H	A	GC
20	<i>Ctenitis protensa</i> (Afz. ex. Sw) Ching	Aspidiaceae	H	A	GC

21	<i>Ctenitis securidiformis</i> (Hook.) Copel var <i>securidiformis</i>	Aspidiaceae	H	A	GC
22	<i>Cyathea camerooniana</i> Hook.	Cyatheaceae	np	A	GC
23	<i>Cyclosorus afer</i> (Christ) Ching	Thelypteridaceae	H	A	GC
24	<i>Cyclosorus dentatus</i> (Forsk.) Ching	Thelypteridaceae	H	PT	GC
25	<i>Cyclosorus striatus</i> (Schum) Ching	Thelypteridaceae	Gr	A	GC
26	<i>Diplazium proliferum</i> (Lam.) Kaulf.	Athyriaceae	H	Mc	GC
27	<i>Diplazium sammatii</i> (Kühn) C. Christensen	Athyriaceae	H	A	GC
28	<i>Diplazium welwitschii</i> (Hook.) Diels	Athyriaceae	H	A	GC
29	<i>Gleichenia linearis</i> (Burm.) C.B. Clarke	Gleicheniaceae	Lmp	PT	GC
30	<i>Huperzia brachystachys</i> (Baker)	Lycopodiaceae	Ep	A	GC
31	<i>Lastreopsis efulensis</i> (Bak.) Tard.	Aspidiaceae	H	A	GC
32	<i>Lastreopsis nigritiana</i> (Bak.) Tindale	Aspidiaceae	H	A	GC
33	<i>Lastreopsis subsimilis</i> (Hook.) Tindale	Aspidiaceae	H	A	GC
34	<i>Lastreopsis vogelii</i> (Hook.) Tindale	Aspidiaceae	H	A	GC
35	<i>Lomariopsis guineensis</i> (Underw.) Alston	Lomariopsidaceae	Lnp(Se Ep)	A	GC
36	<i>Lomariopsis palustris</i> (Hook.) Mett. ex Kühn	Lomariopsidaceae	Rhé	A	GC
37	<i>Lonchitis currori</i> (Hook.) Mett. ex Kühn	Dennstaedtiaceae	H	A	GC
38	<i>Lonchitis reducta</i> C. Chr.	Dennstaedtiaceae	H	A	GC
39	<i>Lycopodium affinis</i> Bory	Lycopodiaceae	Ch	Mc	GC-SZ
40	<i>Lycopodium cernuum</i> (L.) Pic.Ser.	Lycopodiaceae	np	PT	GC-SZ
41	<i>Lygodium microphyllum</i> (Cav.) R. Br.	Schizaeaceae	Lmp	PT	GC-SZ
42	<i>Lygodium smithianum</i> Presl. ex Kühn	Schizaeaceae	Lmp	A	GC
43	<i>Marattia fraxinea</i> Sm.	Marattiaceae	np	Mc	GC
44	<i>Marsilea crenata</i> Presl.	Marsileaceae	rh	AM	GC-SZ
45	<i>Microgramma owariensis</i> (Desv.) Alston	Polypodiaceae	Ep	A	GC
46	<i>Microlepia speluncae</i> (L.) Moore	Dennstaedtiaceae	H	PT	GC
47	<i>Microsorium punctatum</i> (L.) Copel.	Polypodiaceae	Ep	PT	GC
48	<i>Nephrolepis biserrata</i> (Sw.) Schott	Davalliaceae	H + Ep	Pt	GC
49	<i>Oleandra distenta</i> Kunze	Davalliaceae	Ep	Mc	GC
50	<i>Pellaea doniana</i> Hook.	Polypodiaceae	H	A	GC
51	<i>Phymatodes scolopendria</i> (Burm.) Ching	Polypodiaceae	Ep	PT	GC
52	<i>Pityrogramma calomelanos</i> (L.) Link	Adiantaceae	H	PT	GC
53	<i>Platynerium stemaria</i> (P.Beauv.) Desv.	Polypodiaceae	Ep	A	GC
54	<i>Psilotum nudum</i> (L.) P. Beauv.	Psilotaceae	Ep (Ch)	pt	GC
55	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kühn	Dennstaedtiaceae	Gr	Cos	GC
56	<i>Pteris acanthoneura</i> Alston	Adiantaceae	H	A	GC
57	<i>Pteris atrovirens</i> Willd.	Adiantaceae	H	A	GC
58	<i>Pteris burtoni</i> Bak.	Adiantaceae	H	A	GC
59	<i>Pteris linearis</i> Poir	Adiantaceae	H	Mc	GC
60	<i>Pteris marginata</i> Bory	Adiantaceae	H	Mc	GC
61	<i>Pteris mildbraedii</i> Hieron.	Adiantaceae	H	A	GC
62	<i>Salvinia molesta</i> Mitchell	Salviniaceae	Hyd	A	GC-SZ
63	<i>Salvinia nymphellula</i> Desv.	Salviniaceae	Hyd	A	GC-SZ
64	<i>Selaginella cathedriformis</i> Spring.	Selaginellaceae	Th	A	GC
65	<i>Selaginella molliceps</i> Spring.	Selaginellaceae	Th	A	GC
66	<i>Selaginella myosorus</i> (Sw.) Alston	Selaginellaceae	Lnp	A	GC
67	<i>Selaginella vogelii</i> Spring	Selaginellaceae	Ch	A	GC
68	<i>Selaginella Willdenovii</i> (Desv. ex Poir)	Selaginellaceae	Lnp		
69	<i>Tectaria fernandensis</i> (Bak.) C. Chr.	Aspidiaceae	H	A	GC
70	<i>Tectaria angelicifolia</i> (Schumacher) Copel.	Aspidiaceae	H	A	GC

71	<i>Trichomanes africanum</i> Christ.	Hymenophyllaceae	Ep	A	GC
72	<i>Trichomanes erosum</i> Willd.	Hymenophyllaceae	Ep	A	GC
73	<i>Trichomanes liberiense</i> Copel.	Hymenophyllaceae	Ep	A	GC
74	<i>Trichomanes guineensis</i> Afz. Wx. Sw. Schrad.	Hymenophyllaceae	H	A	GC
75	<i>Vittaria guineensis</i> Desv.	Vittariaceae	Ep	A	GC

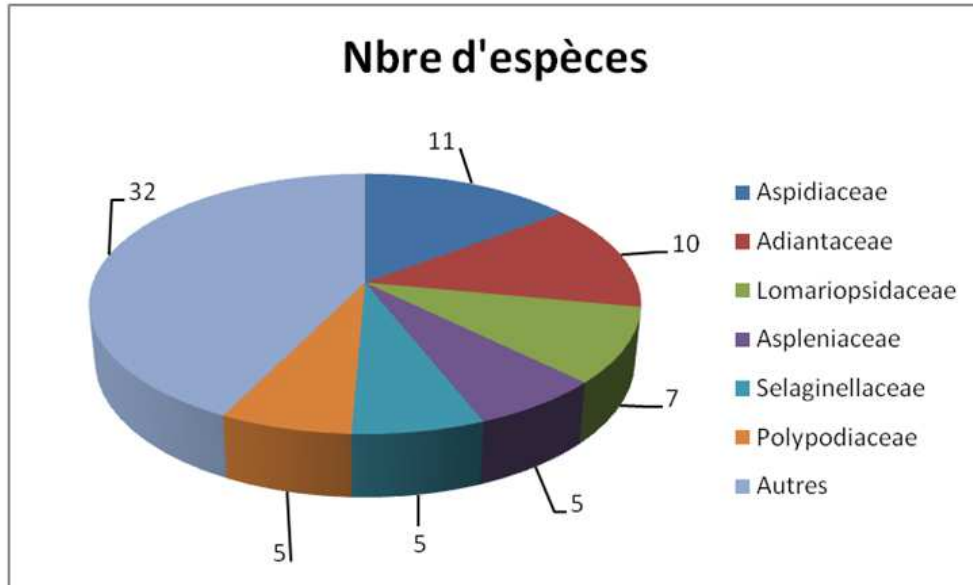


Fig. 3. Spectre spécifique des familles

**TYPES ET SPECTRES BIOLOGIQUES**

Toutes ces espèces de Ptéridophytes signalées sont regroupées entre 13 types biologiques (Figure 4). La flore ptéridophytique du Sud-Est de la Côte d'Ivoire est dominée par les Hémicriptophytes (44%) et les Epiphytes (18,67%) totalisant 62,67% des espèces. Quant aux lianes phanérophtes et aux hémicryptophytes semi-épiphytes, ils sont faiblement représentés avec (1%) chacun.

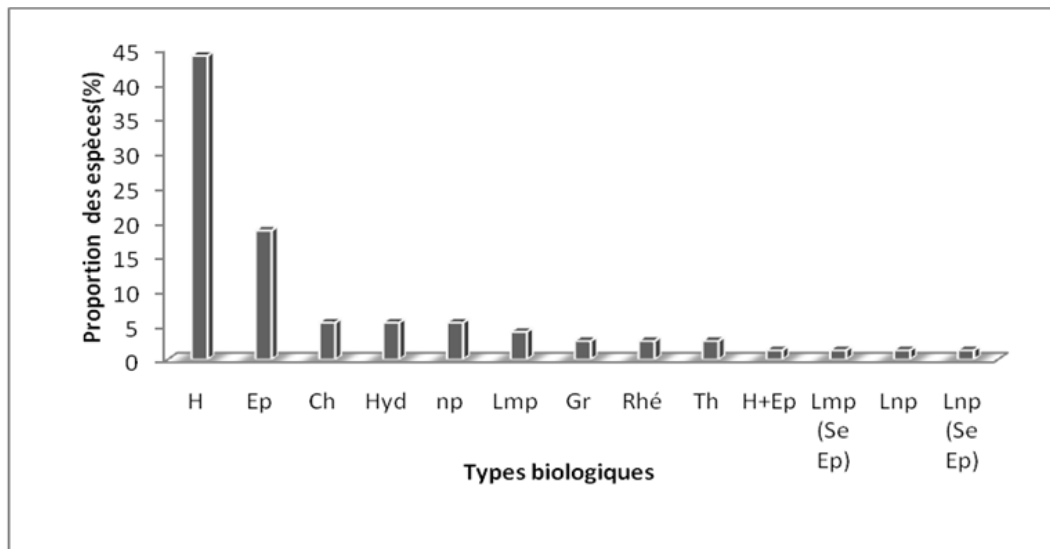


Fig. 4. Spectre des types biologiques

## AFFINITÉS CHOROLOGIQUES

La flore ptéridophytique du sud-est de la Côte d'Ivoire est marquée par sa forte affinité avec l'Afrique ; en effet, soixante onze pourcent (71%) des espèces recensées sont communes à l'Afrique ; les espèces Paléo et pantropicales représentent (16%) avec une prédominance des paléotropicales (12%) sur les pantropicales (4%). Quant aux espèces communes à l'Afrique et à d'autres pays (Madagascar et l'Archipel des Comores) ou îles (îles Mascareignes), elles sont faiblement représentées ; il s'agit respectivement de 3%, de 1% et de 8%. Seule *Pteridium aquilinum* est cosmopolite. En considérant les affinités chorologiques dans le monde, cette même flore est dominée par les espèces guinéo- congolaises (89,33%) suivies par l'ensemble des guinéo-congolaises et soudano-zambéziennes (10,67%) (Figure 5).

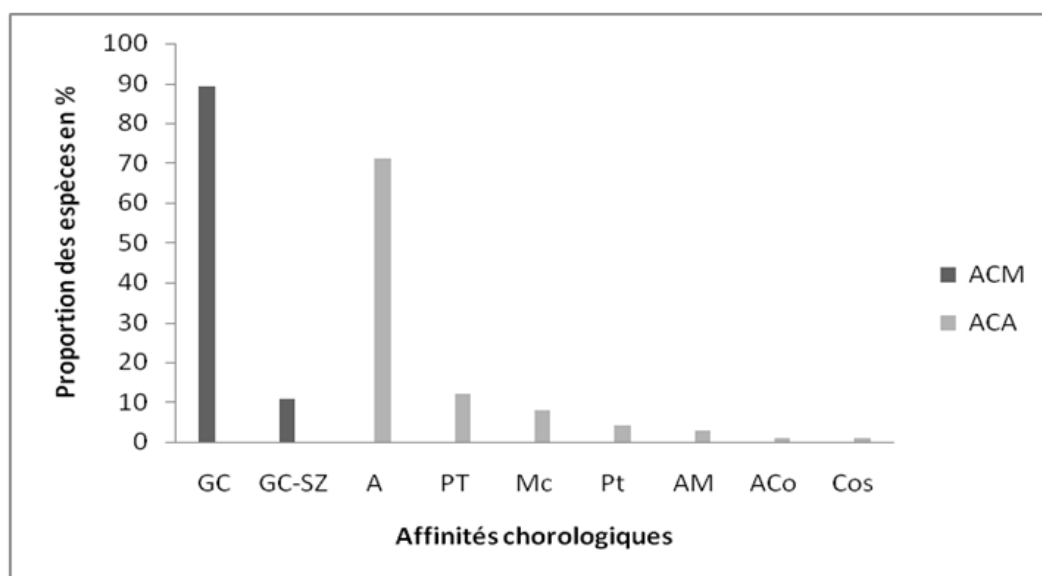


Fig. 5. Spectre des Affinités chorologiques

Légende : A : Africaine ; ACA : Affinité chorologique en Afrique ; ACM : Affinité chorologique dans le monde ; ACo : Archipel des Comores ; AM : afro-malgaches ; GC : guinéo-congolaises ; SZ : Soudano-zambézien, PT: Paléotropicales ; Pt : Pantropicales ; Cos : Cosmopolites,

### 3.2 REPARTITION DES ESPECES

#### 3.2.1 EN FONCTION DU BIOTOPE

Ce paragraphe donne la répartition des 75 espèces en fonction du biotope (terre, eau, bois). Les milieux écologiques déterminés sont : les Milieu aquatique, Milieu humide ou périodiquement inondé, Milieu drainé, et les Arboricoles

##### 3.2.1.1 ESPECES DES MILIEUX AQUATIQUES

Quatre espèces (4) soit 5,33 % des 75 espèces recensées sont aquatiques. La vie de ces espèces de Ptéridophytes est strictement liée à la présence de l'eau. Il s'agit entre autre d'*Azolla africana*, de *Salvinia molesta*, *Salvinia nymphellula* et de *Ceratopteris cornuta*. Ces espèces flottent librement à la surface de l'eau. Pour que ces dernières vivent, certaine telle que *Azolla africana* a besoin d'un taux d'humidité  $\geq 60$  %.

##### 3.2.1.2 ESPECES DES MILIEUX HUMIDES OU PERIODIQUEMENT INONDES

Vingt (20) espèces soit 26,67% des espèces sont rencontrées soit le long des cours d'eau (*Lygodium microphyllum*, *Cyclosorus striatus*), soit dans les bas-fonds, soit dans les zones marécageuses (*Adiantum vogelii*, *Cyclosorus afer*, *Cyclosorus striatus*, etc.). D'autres s'enracinent dans la vase des marécages et des bas-fonds ; c'est le cas de *Lygodium microphyllum*, *Cyclosorus striatus*, *Cyclosorus dentatus*, *Pteris mildbraedii*, *Ceratopteris cornuta* et *Marsilea crenata*. Une espèce caractéristique des mangroves est également observée. Il s'agit d'*Acrostichum aureum*.

### 3.2.1.3 ESPECES DES MILIEUX DRAINES OU MILIEUX DE SOUS-BOIS

45,33% soit 34 espèces des 75 recensées, constituent les taxons des sols drainés des sous-bois et des forêts de notre zone d'étude. Ce sont des forêts denses sempervirentes, particulièrement riches en Ptéridophytes. On peut citer *Cyathea camerooniana*, *Marattia fraxinea*, *Pteris burtoni*, *Pteris atrovirens*, *Lastreopsis vogelii*, etc. et les espèces des genres *Ctenitis*, *Lonchitis*, *Bolbitis*, *Lomariopsis* etc. Dans le sous-bois, ces espèces ont été rencontrées aussi bien sur les pentes comme sur les plateaux.

*Pteridium aquilinum* qui est une espèce cosmopolite n'a été rencontrée que dans les champs et les jachères.

### 3.2.1.4 ESPECES ARBORICOLES

17 espèces soit 22,67% des 75 espèces sont des épiphytes à des hauteurs variables sur des branches, des troncs d'arbres, des palmiers morts ou vivants, qui ne leur servent que de support. Ces Ptéridophytes, ne sont pas des parasites pour leur support. Elles se fixent à leurs hôtes soit par les racines, soit par les rhizomes. Elles ne vivent pas aux dépens des tissus de leur hôte. Le ravitaillement de ces espèces en eau et en substances nutritives dissoutes est assuré par la pluie qui mouille les quantités de terres ou d'humus retenues par leurs racines, rhizomes ou frondes. Parmi ces dernières, nous avons *Nephrolepis biserrata*, *Microgramma owariensis*, *Microsorium punctatum*, *Trichomanes erosum*, *Platyserium stemaria*, *Oleandra distenta*, *Microsorium punctatum*, *Microgramma owariensis*, *Phymatodes scolopendria*, *Asplenium africanum*, *Vittaria guineensis*.

Certaines de ces 75 espèces recensées sont tantôt en situation d'épiphyte, tantôt terrestres. Il s'agit de *Nephrolepis biserrata*, *Phymatodes scolopendria* et de *Psilotum nudum*.

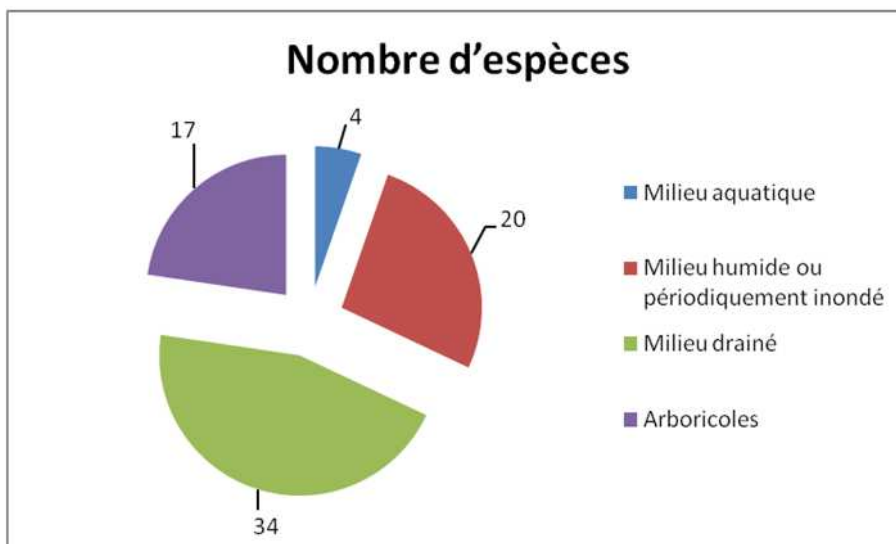


Fig. 6. Spectre des biotopes recensés

### 3.2.2 EN FONCTION DU DEGRE D'ÉCLAIREMENT

Certaines espèces affectionnent les endroits ombragés, d'autres préfèrent les milieux éclairés. Comme exemple, nous pouvons citer entre autres :

- les espèces sciaphiles c'est-à-dire celles qui recherchent les endroits ombragés, les endroits où l'éclairage est atténué. Ce sont : *Cyathea camerooniana*, *Lonchitis currori*, *Lonchitis reducta*, *Marattia fraxinea*, *Trichomanes guineensis*, *Asplenium variable*, *Adiantum vogelii*, *Pteris burtoni*, *Pteris atrovirens*, *Lastreopsis vogelii*, *Pteris mildbraedii* et les espèces du genre *Ctenitis*, *Bolbitis*, *Lomariopsis* ;
- celles qui sont caractéristiques des endroits éclairés, ouverts, des clairières sont les espèces héliophiles. Ce sont : *Cyclosorus striatus*, *Cyclosorus dentatus*, *Pityrogramma calomelanos*, *Lygodium smithianum*, *Lygodium microphyllum*, *Acrostichum aureum*, *Gleichenia linearis*, *Lycopodium cernuum*, *Pteridium aquilinum*, *Selaginella myosorus*, *Selaginella vogelii*, *Azolla africana*.

#### 4 DISCUSSION

Cette étude nous a permis d'établir une liste de la biodiversité ptéridologique du sud-est de la Côte d'Ivoire. La répartition des espèces varie en fonction du biotope. De l'analyse des groupes constitués avec les 75 espèces recensées, nous avons noté que des familles comme Azollaceae et Salviniaceae sont strictement aquatiques. Les Lycopodiaceae et les Aspleniaceae sont les seules qu'on rencontre dans les 3 autres milieux écologiques. Elles peuvent être qualifiées de familles communes. Neuf familles sont propres à un seul milieu. Ce sont : les Davalliaceae, les Vittariaceae, les Psilotaceae et les Polypodiaceae qui sont uniquement arboricoles ; les Marattiaceae, les Gleicheniaceae et les Aspidiaceae, qui sont présentes en milieu drainé ou de sous-bois. Les Cyatheaceae et les Marsileaceae sont rencontrées en milieu marécageux ou périodiquement inondé. Quant aux 8 autres familles, elles se rencontrent dans deux milieux écologiques à la fois. Ce sont les Adiantaceae, les Thelypteridaceae, les Athyriaceae, les Schizaeaceae, les Lomariopsidaceae, les Selaginellaceae, les Hymenophyllaceae et les Dennstaedtiaceae. Certaines sont communes au milieu terrestre ou de sous-bois et au milieu arboricole. D'autres encore sont présentes dans le milieu humide ou périodiquement inondé et dans le milieu terrestre ou de sous-bois. D'autres genres sont rencontrés uniquement dans un seul milieu écologique. C'est le cas d'*Adiantum*, de *Ctenitis*, de *Cyathea*, de *Lastreopsis*...

Bien que certaines espèces comme *Ceratopteris cornuta* aient été rencontrée en milieu aquatique, nous ne disons pas qu'elle est inféodée uniquement à ce milieu ; en effet, elle est également rencontrée dans les milieux marécageux ou périodiquement inondé. En revanche, pour ce qui est des espèces arboricoles, il est possible d'affirmer qu'elles sont propres au milieu arboricole excepté *Nephrolepis biserrata*, *Phymatodes scolopendria* et *Psilotum nudum* qui vivent par moment sur la terre ferme. Les Ptéridophytes sont donc des espèces qui vivent dans divers milieux écologiques. Certaines sont rencontrées dans plusieurs milieux à la fois alors que d'autres sont inféodées à un seul.

Sur les soixante quinze (75) espèces de Ptéridophytes signalées dans la zone d'étude, trente quatre (34) espèces sont rencontrées dans le milieu drainé ou milieu de sous-bois. Ce milieu est celui qui abrite le plus de Ptéridophytes. Ce résultat est conforme à ceux des travaux de [20]; dans la région d'Abidjan et de ceux de [4] dans le massif forestier Yapo-Abbé). Ces résultats pourraient s'expliquer par le fait que la décomposition des débris végétaux et animaux entraîne une augmentation de la richesse du sol en matière organique ou humus, constituant fondamental pour le développement des Ptéridophytes.

Avec les espèces épiphytes, dans leur majorité, elles n'ont pas de préférence en ce qui concerne la nature du support. Cependant, très souvent, ce support présente une surface rugueuse. Un cas d'affinité a été noté entre *Nephrolepis biserrata*, *Phymatodes scolopendria* et leur support. Ces espèces affectionnent le tronc d'*Elaeis guineensis*. En effet, ce tronc étant constitué d'un emboîtement de gaines foliaires coriaces, sûrement que ces deux végétaux trouvent les conditions optimales (présence humus, décomposition de débris végétaux, etc....) à leur développement dans ces emboîtements. Concernent toujours les épiphytes, la collecte de l'humus se fait suivant deux cas : le cas où l'humus est collecté par les racines ou les rhizomes comme chez *Nephrolepis biserrata*, *Microgramma owariensis*, *Microsorium punctatum*, ...et le cas où l'humus est collecté par des frondes comme chez *Platyserium stemaria* (espèces à larges feuilles arrondies à la base qui s'appliquent les unes sur les autres de façon à constituer contre le tronc de l'arbre une sorte de corbeille dans laquelle la terre s'accumule par décomposition de débris végétaux et dépôts de poussière ; Quant à *Asplenium africanum* (l'humus s'accumule dans la masse des frondes mortes). La majorité de ces espèces a été rencontrée sur des troncs d'arbres.

La répartition de Ptéridophytes, dans le présent travail, montre que ce sont des espèces qui vivent dans une variété d'habitats comme l'ont déjà montré plusieurs auteurs [20]; [17].

#### IMPLICATION POUR LA CONSERVATION

La forêt dense constitue le biotope favorable pour le développement de la majorité des fougères. Lorsque certaines Ptéridophytes telles que *Cyathea camerooniana*, *Marattia fraxinea*, *Lastreopsis vogelii* ... sont rencontrées dans une forêt, cela suppose que cette dernière est dense, humide et bien conservée car ces espèces ne se rencontrent pas dans des forêts dégradées. Elles jouent donc un rôle d'indicateur écologique des forêts. Certaines mousses se développent sur des Ptéridophytes ; la destruction de ces dernières entraînerait la disparition de ces mousses.

Parmi les 37 genres de Ptéridophytes recensées, 21 sont mono-spécifiques. Le fait d'être représenté par une seule espèce rend ces genres vulnérables. Elles sont ainsi plus exposées aux activités humaines qui menacent toutes les Ptéridophytes du site d'étude et même de toute la Côte d'Ivoire. L'effort de conservation devra porter prioritairement sur ces genres mono-spécifiques.

Les Ptéridophytes constituent aussi un biotope pour des formes de vies plus petites. En effet, ces taxons abritent des animaux plus petits tels que les fourmis, les insectes qui, sans elles, se trouveraient exposés à leurs prédateurs, ce qui

entraînerait une diminution de leurs populations voir même une disparition totale de ces derniers. La conservation des Ptéridophytes est donc importante pour celle des forêts dans lesquelles elles vivent.

## 5 CONCLUSION

Soixante quinze espèces de Ptéridophytes appartenant à 37 genres et 21 familles ont été signalées dans le Sud-Est de la Côte d'Ivoire. Ces espèces se rencontrent dans les endroits éclairés, le long des cours d'eau, dans les endroits plus ou moins marécageux, ainsi qu'en terrains humides ou sur sols drainés de sous-bois. La majorité de ces espèces se rencontre dans le milieu terrestre ou milieu de sous bois. Le Sud-Est de la Côte d'Ivoire est riche de 75 espèces de Ptéridophytes. Quatre sont aquatiques libres, 54 sont fixées donc terrestres et 17 sont arboricoles c'est-à-dire utilisant des arbres ou des palmiers comme supports.

La lumière est indispensable pour toutes ces fougères mais leur exigence est assez variable. Avec la destruction massive des formations végétales par l'homme, si l'on n'y prend garde, ce groupe de végétaux ne sera pas connu par les générations futures. Cette situation serait dommageable pour la diversité biologique et pour les populations qui utilisent ces plantes à des fins diverses. Ces Ptéridophytes jouent également le rôle d'indicateur écologique des forêts. La disparition de ces taxons entraînerait également celle d'autres végétaux plus petits qu'ils abritent.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions le Centre National de Floristique de Côte d'Ivoire pour avoir servi de cadre à la détermination des spécimens d'herbier.

## REFERENCES

- [1] Bach D., M. Mascré & G. Deysson, 1951. *Cours de Botanique Générale*, T.II Classification des plantes vasculaires. SEDES, Paris, p 439.
- [2] Guignard J. L., 1973. *Abrégé de Botanique à l'usage des étudiants de Pharmacie* Édition Masson et C<sup>ie</sup>, pp.31-42.
- [3] Vallardi F., C. Conci, B. Peyronel, C. Stucchi, U. Tosco, S. Viola & Zangheri P., 1964. *Encyclopédie du monde végétal*. T. III ; Editions Vallardi, Milan et Lidis, Paris, 1674 p.
- [4] Adou L. M. D., 2000. *Contribution à la connaissance de la flore de la Côte d'Ivoire: Étude taxonomique et écologique des Ptéridophytes du massif forestier Yapo-Abbé (Côte d'Ivoire)*. Mémoire de D.E.A., Université de Cocody-Abidjan, 101 p.
- [5] Adou L. M. D., 2007. *Ptéridophytes du Sud-est de la Côte d'Ivoire : Systématique, Écologie, Biologie et Ethnobotanique*. Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire), UFR Biosciences, Laboratoire de Botanique, 254 pp.
- [6] Adou L. M. D., Touré A., Komoé K.et Ipou I. J., 2014. *Nephrolepis biserrata*, une Ptéridophyte utilisée comme plante médicinale en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* **81**:7298-7306
- [7] Bouquet A. & M. Debray, 1974. *Les plantes médicinales de la Côte d'Ivoire*. Travaux et Documents de l'O.R.S.T.O.M. n° 32, Éditions O.R.S.T.O.M. Paris, 230 p.
- [8] Camefort H. & Boué H., 1980. *Reproduction et biologie des végétaux supérieurs. Bryophytes, Spermaphytes*. Éditions Doin, Paris, 436p.
- [9] Aké Assi L. et Boni D., 1988. Développement agricole et protection de la forêt. Quel avenir pour la forêt ? *Mitt. Inst. Allg. Bot.*, **23(a)** : 169176.
- [10] Päivinen R, Pitkanen J. and Witt R. 1992. Mapping closed forest cover in West Africa, using NOAA/AVHRR LAC data. *Silva Carelica*, **21**: 27-51.
- [11] Aké-Assi L., 1984. *Flore de la Côte d'Ivoire. Etude descriptive et biogéographique avec quelques notes ethnobotaniques*. Thèse de Doctorat d'Etat, Université d'Abidjan, TII p.1067 et TIII p.1206.
- [12] Adou Yao C. Y., 2005. *Pratiques paysannes et dynamique de la biodiversité dans la Forêt Classée de Monogaga, Côte d'Ivoire*. Thèse de doctorat du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France, 238p
- [13] Tardieu-Blot M. L., 1953. *Les Ptéridophytes de l'Afrique intertropicale humide*. Mém. I.F.A.N. n° 28, Dakar, 242p.
- [14] Tardieu-Blot M. L., 1964 a. *Flore du Cameroun*. T. III, Ptéridophytes. Mus. Nat. Hist. Nat., Paris, 374 p.
- [15] Alston A.H.G.,1959. *The ferns and fern-allies of West Tropical Africa*. Supplement to the second edition of the flora of West tropical Africa. Crown Agents for oversea governments and administrations, London, p.89.
- [16] Berhaut J., 1967. *Flore du Sénégal*. Editions Clairafrique, Dakar, p. 485.
- [17] Aké-Assi L., 2001. *Flore de la Côte d'Ivoire : catalogue systématique, biogéographique et écologie. Volume 1 Mémoire de Botanique systématique*. Conservatoire et Jardin Botanique de Genève. Boisseria **57**, p.396.

- [18] Aké-Assi L., 2002. *Flore de la Côte d'Ivoire: catalogue systématique, biogéographique et écologie. Volume 2* Mémoire de Botanique systématique. Conservatoire et Jardin Botanique de Genève. Boisseria **58**, p.441.
- [19] Raunkiaer S., 1905. On biologiske typer, med. Hensyn til planternes tilpasning til overleve Ugunstige Aarstider, *Botanisk tidsskrift*, **26**: 1-540.
- [20] Tra-bi F. H., 1993. *Les Ptéridophytes de la région d'Abidjan : Systématique, Anatomie et Écologie*, Mém. D.E.A, Univ. de Cocody, Abidjan, p.102.

## Commercialisation périodique des poulets de chairs dans la ville de Lubumbashi : Acteurs, Provenances, Rentabilité et Contraintes

### [ Periodic marketing of broilers in the city of Lubumbashi : Actors, Origins, Profitability and Constraints ]

**Maurice KESONGA NSELE<sup>1</sup>, KIRONGOZI SWEDI<sup>1</sup>, Benjamin KILEMBA MUKANGALA<sup>2</sup>, Luciens NKULU MASENGO<sup>1</sup>, MWAMBA  
KALENDA FRANCO<sup>3</sup>, Gaillard MAYAMBA MAKANDA<sup>3</sup>, NSENGA NKULU<sup>4</sup>, and Jules NKULU MWINE FYAMA<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Unité de recherche en économie et développement, Faculté des sciences Agronomiques, Université de Lubumbashi, B.P  
1825, Haut-Katanga, RD Congo

<sup>2</sup>Unité de recherche en Nutrition Animale, Amélioration et Agropastoralisme, Faculté des sciences Agronomiques, Université  
de Lubumbashi, B.P 1825, Haut-Katanga, RD Congo

<sup>3</sup>Unité de recherche en évaluation des terres et agro-météorologie, Faculté des sciences Agronomiques, Université de  
Lubumbashi, B.P 1825, Haut-Katanga, RD Congo

<sup>4</sup>Unité de recherche en écologie et restauration écologique, Faculté des sciences Agronomiques, Université de Lubumbashi,  
B.P 1825, Haut-Katanga, 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:** It is currently noticed for the period of festivity of Christmas and New Year, an addition of table fowl in the diet of the Lushoise, even more stripped; its marketing is widespread in the large arteries and everywhere where there is an intense circulation. This study has like general objective, that to analyze the periodic marketing of table fowls in the town of Lubumbashi. To arrive there, the following specific goals were pursued: to identify the salesmen, the sold races, the places of sources, the constraints, to release the profit and the profitability of this activity. 40 % of these salesmen except markets whose 77 actors were surveyed. The data were seized in Excel and the statistical analysis was made on the basis of language R version 2.15.0. (The descriptive analysis, the test of student with the threshold of 5% and the simple regression). The results obtained show that this activity is practiced by the women (79,0 %), detailing (92, 2 %), which practice the trade of the agricultural produce like principal activity (95,0 %) and which directs their capital in the sale of table fowls for the period of festivity of Christmas and new year. The results obtained show that this activity is practiced by the women (79,0 %), detailing (92, 2 %), which practice the trade of the agricultural produce like principal activity (95,0 %) and which directs their capital in the sale of table fowls for the period of festivity of Christmas and new year. This activity generates in 2 to 3 days an average profit of 172 789 ±126 261, 2 CDF and a rate of profitability of 48, 16 %. The high rate of mortality, the lack of the places of shelters for unsold goods, the lack of adapted transport and the loss of table fowl weight is the major constraints. This study made it possible to perceive the dynamics of the salesmen through the role which the woman in the poor households of Lubumbashi plays.

**KEYWORDS:** Trade, Periodic, Broiler, Woman, Lubumbashi.

**RESUME:** Il est remarqué actuellement pendant la période de festivité de Noël et de nouvel an, un ajout du poulet de chair dans le régime alimentaire du lushois, même le plus démuné : sa commercialisation est répandue dans les grandes artères et partout où il y a une circulation intense. Cette étude a comme objectif général, celui d'analyser la commercialisation

périodique des poulets de chairs dans la ville de Lubumbashi. Pour y arriver, les objectifs spécifiques suivants ont été poursuivis : identifier les vendeurs, les races vendues, les lieux de provenances, les contraintes, de dégager le profit et la rentabilité de cette activité. 40 % de ces vendeurs hors marchés dont 77 acteurs ont été enquêtés. Les données ont été saisies à l'Excel et l'analyse statistique était faite sur base du langage R version 2.15.0. (L'analyse descriptive, le test de student au seuil de 5% et la régression simple). Les résultats obtenus montrent que cette activité est pratiquée par les femmes (79,0 %), détaillantes (92, 2%), qui pratiquent le commerce des produits agricoles comme activité principale (95,0%) et qui orientent leurs capitaux dans la vente des poulets de chairs pendant la période de festivité de Noël et de nouvel an. Cette activité génère dans 2 à 3 jours un profit moyen de 172 789 ±126261,2 CDF et un taux de rentabilité de 48,16%. Le taux élevé de mortalité, le manque des lieux d'abris pour les invendus, le manque de transport adapté et la perte de poids de poulets de chairs sont les contraintes majeures. Cette étude a permis de percevoir la dynamique des vendeurs à travers le rôle que joue la femme dans les ménages pauvres de Lubumbashi.

**MOT-CLEFS:** Commerce, Périodique, Poulet de chair, Femme, Lubumbashi.

## **1 INTRODUCTION**

La croissance démographique très rapide observée dans la plupart des villes africaines [1], a poussé les décideurs à vite penser de la problématique de sécurité alimentaire urbaine [2]. Cependant, en République Démocratique du Congo le péril alimentaire se vit tous les jours et guette prêt d'un tiers de sa population de manière aigue sur l'ensemble du territoire national. La guerre civile non seulement continue d'entraver la production vivrière et sa commercialisation, mais elle est, aussi, l'une des causes directes de la pauvreté généralisée et la raison profonde de l'insécurité alimentaire chronique [2]. Face à cette situation, plus de 71,3 % des congolais demeurent pauvres et 87,7 % vivent en dessous de 1,25 USD par jour et par personne [3]. Selon [4] en RD Congo le taux d'insécurité alimentaire est deux fois plus élevé en milieu rural (39 %) qu'en milieu urbain (19 %). Cela pourrait être expliqué par le simple fait que plus de 70 % des Congolais vivent de l'agriculture avec un revenu agricole faible et sont pauvres. Ces agriculteurs se situent généralement dans le milieu rural, ce qui traduit la cause majeure de l'exode rural, dû aux opportunités qu'offrent les grands centres urbains. Ce déplacement massif de la population conduit à l'explosion démographique des zones périurbaines des villes [5] ; le cas de la ville de Lubumbashi [6], où il est signalé que l'explosion démographique présente un double effet, d'une part elle impacte la demande alimentaire et d'autre part, elle augmente le taux de chômage [5]. Dans cet état des choses, la population lushoïse développe la culture dite de la débrouille, de « *chacun pour soi, Dieu pour tous* » ce qui déstabilise les familles ouvrières urbaines et qui fait perdre leurs identités d'espace de sécurité sociale ; aujourd'hui un ménage moyen de Lubumbashi ne peut plus s'assurer grâce à son salaire qui ne prend que 20 % de ses revenus, mais bien grâce à toutes sortes d'activités informelles qui lui rapporte le principal et vit de deux à trois activités informelles [7]. Ces petits commerces informels jouent un grand rôle dans la survie des ménages, ils sont considérés à 80 % comme activité principale des acteurs, et permettent de percevoir la dynamique des acteurs à travers le rôle que joue la femme dans les ménages pauvres de Lubumbashi [8]. Cet état de précarité a influencé le régime alimentaire de la population de Lubumbashi qui est tourné vers la consommation des légumes et ces ménages achètent plus des légumes que d'autres denrées alimentaires [7]. A cet égard, pour survivre, les ménages pauvres développent plus la commercialisation des produits agricoles, qui participe à 42 % comme source principale des revenus [9]. Par rapport aux protéines d'origines animales, le poisson est le plus consommé et est considéré comme condiment animal principal dans l'alimentation des ménages, dont la plupart mange son repas 7 fois par semaine et ne comporte pas de tabou [10]. Actuellement, il se pose un problème alimentaire relatif à la malnutrition protéique à Lubumbashi, la viande est considérée comme une denrée alimentaire de luxe [11]. Sur les marchés des certaines villes africaines, la vente des poulets de chairs est régulière, mais les variations des périodes de vente sont observées au cours de l'année entraînant de fortes fluctuations de prix sur les marchés [12]. Ainsi selon [13] et [14], la vente et le prix de poulet de chair augmentent sensiblement avec les saisons, les festivités de fin d'année et les fêtes religieuses. Cette situation converge à celle de Lubumbashi où il est établi que sa population est caractérisée par un régime alimentaire tourné vers la consommation des légumes [7] ; les ménages moyens ou démunis de Lubumbashi recourent à la consommation au minimum d'un poulet de chair pendant la période de festivité de Noël et de nouvel an. C'est ainsi que pendant cette période, il se développe la commercialisation des poulets de chairs sur les grandes artères, et partout où il y a une circulation intense dans la ville. Plusieurs auteurs ont abordés la question de la commercialisation des produits agricoles à Lubumbashi, mais aucun jusqu'à présent n'a parlé de la commercialisation périodique des poulets de chairs, étant une denrée rare dans le panier ménager des Lushois, par contre, présent pendant les périodes des festivités. D'où cette étude poursuit comme objectif général, celui d'analyser la commercialisation périodique des poulets de chairs dans la ville de Lubumbashi. Pour y arriver les objectifs

spécifiques suivants sont assignés : Identifier les acteurs impliquer dans la vente périodique, les races vendues et leurs sources de provenances, les contraintes et en fin dégager les profits et la rentabilité de l'activité.

## 1. 2. Milieu, Matériel et Méthode

**Milieu :** Cette étude a été effectuée dans la ville de Lubumbashi, capitale de cuivre avec une population estimée à peu près à 2 million d'habitants et considérée comme deuxième ville la plus peuplée après Kinshasa en RD Congo. Elle est située au sud-est de la RD Congo à moins de 20 Kilomètre de la frontière avec la Zambie où elle joue le rôle du chef-lieu de la province du haut- Katanga dans la nouvelle configuration [15]. Elle est située à 27° 29' de latitude sud et 11° 41' de longitude [16]. Selon la classification de Koppen, elle est caractérisée par un climat du type CW<sub>6</sub> et dont la saison de pluie va de (novembre à mars), une saison sèche (mai à septembre) et deux mois de transition (Avril à octobre). La précipitation s'élève 1270 mm avec les valeurs extrêmes de 717 et 1770 mm et la température moyenne annuelle est de 20°C [17] et durant l'année la température minima est de 8°C avec le maxima est de 32°C [16]. Actuellement la ville est subdivisée en 42 quartiers répartis sur 7 communes : Lubumbashi, Kenya, Katuba, Kampemba, Ruashi, Kamalondo et la commune annexe et 70 % de sa population vit en dessous du seuil de la pauvreté [18]. L'économie locale est nourrie majoritairement par l'exploitation minière [19]. Les sources majeures de revenus des ménages Lushois sont le salaire, l'agriculture urbaine, et le petit commerce. La plupart des ménages qui reçoivent un salaire ne le touchent qu'irrégulièrement [18]. L'agriculture a subi des pleins fouets des effets de la politique de zaïrianisation en 1973 ne s'est jamais remise de la mauvaise gestion qui s'ensuivit. Cette situation de précarité a eu un impact négatif sur le régime alimentaire de Lushois qui est actuellement tourné essentiellement vers la consommation de légumes et par rapport aux protéines d'origine animale, le poisson reste la denrée la plus consommée et la viande est une denrée de luxe qui est consommée rarement dans les ménages [20]. Il convient de signaler qu'à Lubumbashi, la fonction économique est considérable et repartie dans ces différentes communes, elle est beaucoup plus remarquée dans la commune qui porte le même nom « commune de Lubumbashi », le miroir de la ville, car elle est la plus urbanisée. A présent la ville compte 30 marchés [10].

Dans le cadre de cette étude, les vendeurs enquêtés sont ceux qui ont vendus les poulets de chairs durant la période allant du 30/11/2015 au 10/01/2016 dans les grands artères, avenues et partout où il y a une circulation intense dans la ville de Lubumbashi.

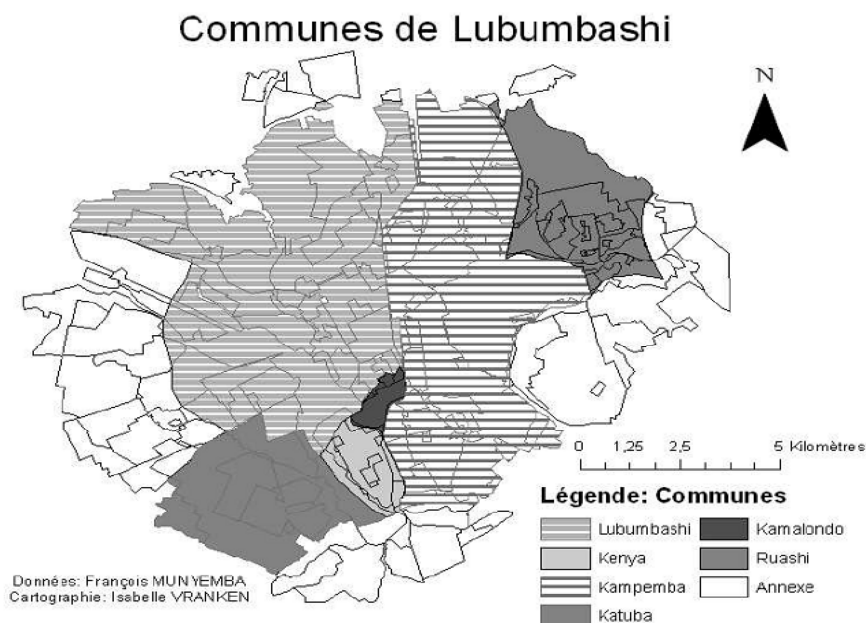


Figure 1 : Subdivision administrative de la ville de Lubumbashi (Vranken, 2010)

**Matériel :** Un questionnaire d'enquête à question ouverte et fermée a été élaboré pour une bonne collecte de données sur terrain. Les paramètres considérés ont concernés : d'une part le profil sociodémographique des vendeurs de poulets de chairs (Sexe, âge, état civil, statut, taille de ménage, niveau d'étude, activité principale, ancienneté et leurs positions dans la filière du poulets de chairs) et d'autre part les paramètres liés à la commercialisation et d'ordre économique et financières

(race, provenances, fournisseurs, fréquence d’approvisionnement, capital d’investissement, revenu obtenu, profit réaliser, rentabilité dégager et contraintes, etc.).



*Photo 1 : race améliorée vendue*



*photo 2 : race locale ou traditionnelle vendue*

**Méthode :** Les données utilisées dans cette étude sont issues d’une enquête réalisée du 30/ 11/2015 au 10/01/2016 portant sur 77 vendeurs, c’est-à-dire 40 % de l’ensemble des vendeurs tirés de manière aléatoire dans les grandes artères et partout où il y a une circulation intense dans la ville. Le choix de cette période est justifié par une observation de plusieurs années, où le poulet de chair est ajouté dans le panier de la ménagère du lusoïse des constats d’autres chercheurs dans les autres villes africaines [14], [15]. En outre, une observation participative a permis de percevoir les activités réalisées sur terrain avec une équipe d’enquêteurs. Après le dépouillement, les données ont été saisies à l’Excel et les analyses statistiques ont portées sur base du langage R version 2.15.0. L’analyse descriptive a permis de décrire le profil sociodémographique des acteurs, le test de student au seuil de 5 % à servi de comparer les moyennes deux à deux par rapport aux deux types de races vendues et par ailleurs une régression simple a permis de déterminer de quoi dépendent le profit et le revenu généré par cette activité. Le cout total (CT) ou cout total d’investissement dans cette étude correspond à toutes les charges engagées par le vendeur périodique des poulets de chairs à l’achat et la revente pour une fréquence d’approvisionnement (prix d’achat des poulets, cout de transport, emballage, etc.), le profit et la rentabilité considérés dans cette étude, sont ceux réalisés par un vendeur pour une fréquence d’approvisionnement.

Le profit étant une motivation d’ordre économique a été calculé par la formule : « Profit = Revenu obtenu par fréquence d’approvisionnement - cout total d’investissement par fréquence d’approvisionnement », et la rentabilité étant le rapport entre le profit réalisé par les vendeurs et le cout total d’investissement a été obtenue par la formule :

$$\text{Taux de Rentabilité} = \frac{\text{Profit réalisé par fréquence d'approvisionnement}}{\text{cout total investit par fréquence d'approvisionnement}} \times 100 [21]$$

## 2 RÉSULTATS

Tableau 1 : Description sociodémographique des vendeurs périodique de poulet de chair

Sexe en %		Age			Etat civil en %			
Masculin	Féminin	Min	Moy	max	Célibataires	Mariés	Divorcés	Veufs
21,0	79,0	22,0	40.7±9.0	67.0	14.0	70.0	4.0	12.0
Statut en %		Taille de ménage			Niveau d'étude en %			
Chef de ménage	Pas chef de ménage	min	moy	max	Sans niveau	Primaire	Secondaire	Supérieur
44.0	56.0	4.0	7.0± 1.7	11.0	3,0	26,0	56,0	16,0
Ancienneté			Position dans la filière en %		Activité principale en %			
Min	Moy	max	Détaillant	grossiste	Commerce	Eleveurs	fonctionnaire	Privé
1.0	3.9±3.3	17	92.2	7.8	95	3.5	0.5	1.0

Min : minimum, Moy : moyenne et écartype max : maximum

Tenant compte de la description sociodémographique des acteurs, les résultats obtenus ont montré que la commercialisation périodique des poulets de chairs à Lubumbashi est une activité majoritairement exercée par les femmes (79,0 % de cas), détaillants (92.2 % de cas), ayant un niveau d'étude secondaire (56,0 % de cas), dont l'âge moyen est de 40.7±9.0 ans, qui sont généralement mariées (70,0 %), évoluant dans les ménages dont la taille moyenne est de 7.0± 1.7 personnes, où plus de 56,0 % ne sont pas chef de leurs ménages respectifs. Ces femmes font les petits commerces des produits agricoles comme activité principale (95,0 % de cas) et la commercialisation de poulets de chairs est une activité liée à la période de festivité de Noël et de nouvel an pour elles, dont l'expérience moyenne dans cette commercialisation des poulets de chairs est de 3,9 ± 3,3 ans. (Tableau 1)

Les graphiques ci-dessous révèlent que la part importante des poulets de chairs vendus dans la ville de Lubumbashi provient de la République Zambienne via la frontière de Kasumbalesa (62, 2 % de cas), contre (37,8 % de cas) produits localement par les petits éleveurs urbains répandus dans la ville de Lubumbashi pendant juste la période de festivité de Noël et de nouvel an (Figure : 2). Quant aux fournisseurs, les vendeurs périodiques des poulets de chairs s'approvisionnent auprès des grossistes (85,0 % de cas) qui proviennent de la Zambie et une minorité s'approvisionne auprès des petits producteurs urbains qui produisent les poulets de chairs dans la ville pendant cette période de festivité (15,0 % de cas). (Figure : 3) et 65 % des vendeurs ont eu une fréquence d'approvisionnement de 2 à 3 jours, contre 4 à 7 jours pour 35 % des vendeurs (Figure : 4).

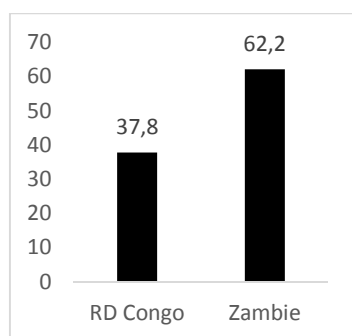


Figure 2 : Provenances des poulets vendus

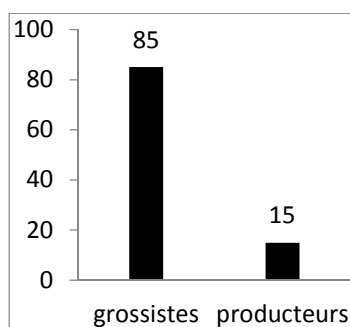


Figure 3 : Fournisseurs des poulets vendus

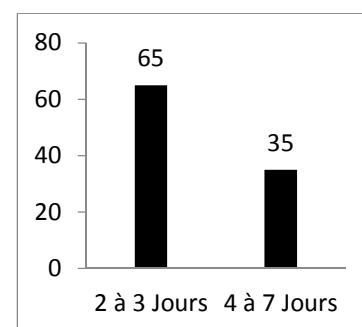
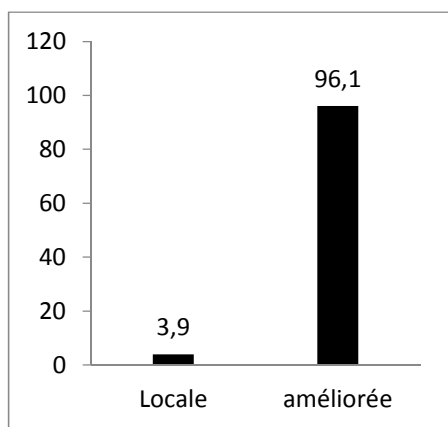


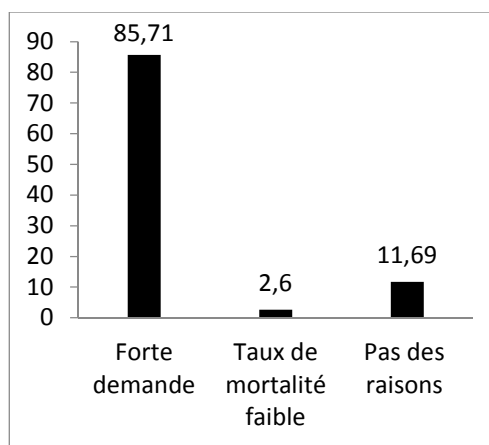
Figure 4 : Fréquence d'approvisionnement

Les figures ci-dessous démontrent que la commercialisation périodique des poulets de chairs à Lubumbashi est dominée par la vente des poulets de chairs des races améliorées (96,1 % de cas), contre (3, 9 % de cas) de la race locale (traditionnelle), (figure 5). En ce qui concerne les critères de choix de vente de la race, la demande des consommateurs reste la raison de choix principale qui permet aux détaillantes de faire le choix de la race vendue (85,71 % de cas), suivi de ceux qui n'ont

pas présenté des raisons de choix(11, 69 % de cas) et ceux qui présente le faible taux de mortalité de la race comme critère de choix de la race vendue(2,6 % de cas), (**figure 6**)

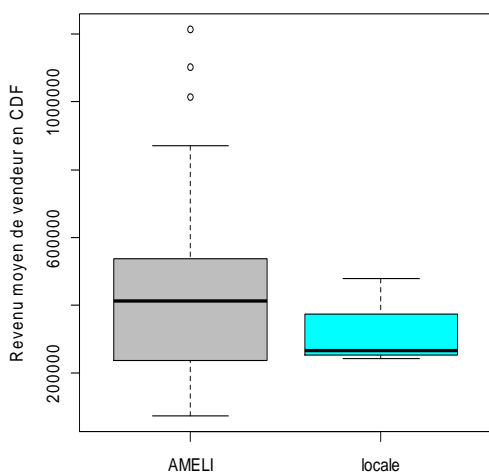


**Figure 5 : Type de race vendue par les acteurs**

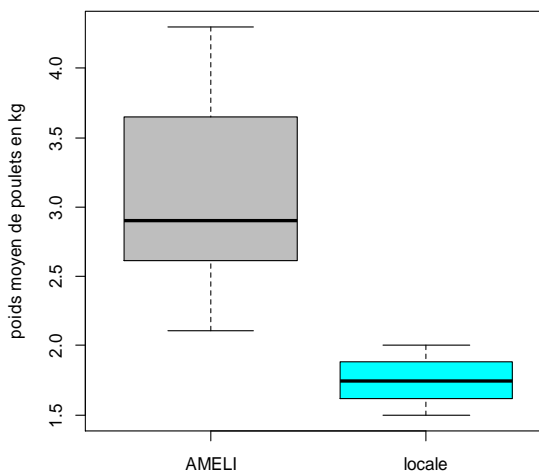


**Figure 6 : Critères des choix des vendeurs pour la race vendue**

Les résultats de l'influence de la race des poulets de chairs vendus sur le niveau du revenu des vendeurs présenté ci-dessous montrent une différence non significative d'après le test de Student entre les moyennes issues des observations ( $t = 1.7278$ ,  $df = 4.525$ ,  $p = 0.1507$ ). Ceci implique que quel que soit la race du poulet vendue le revenu des vendeurs n'est pas influencer (**Figure : 7**). Par contre, par rapport au poids des poulets de chairs, la race de poulet de chair vendus a eu un effet significatif sur la variation du poids moyen ; d'après le même test de Student ( $t = 10.6752$ ,  $df = 6.541$ ,  $p = 0.022$ ). Ainsi la race améliorée a pesé plus que la race locale avec respectivement 2,8 Kg et 1.7 kg de poids moyen. (**Figure : 8**).



**Figure 7 : Revenu réalisé en fonction des races vendues**



**Figure 8 : Poids de poulet en Kg en fonction des races vendues**

**Tableau 2 : Coût total moyen d'investissement, le Revenu moyen, le profit réaliser par fréquence d'approvisionnement et le taux de rentabilité**

Capital moyen investit en CDF			Revenu moyen en CDF			Profit moyen en CDF			Taux de Rentabilité moyen en %
Min	Moy	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max	48, 16
21700	358 792 ± 223 935	1 212 450	75000	415 099 ± 223 279	1212450	3400	172789±126261	647950	

CDF : Franc congolais

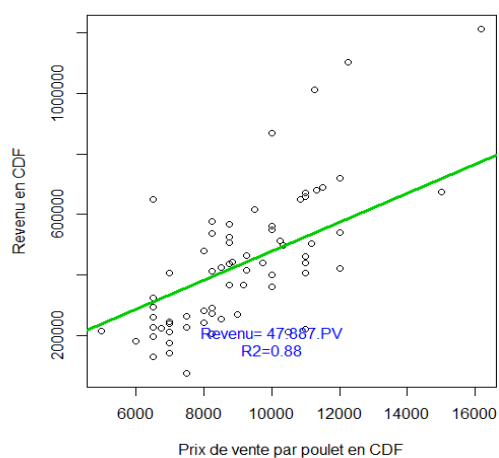
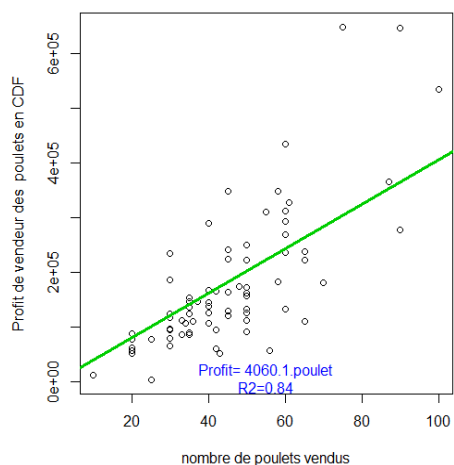
Le résultat de ce tableau ci-dessus indique que les vendeurs périodiques des poulets de chairs à Lubumbashi investissent en moyen 358 792±223 935 franc congolais (CDF), cette activité génère un revenu moyen de 415 099±223 279 franc congolais, un profit moyen de 172 789±126 261franc congolais et un taux de rentabilité de 48,16 %. (**Tableau : 2**)

**Tableau 3 : Prix de vente moyen en CDF et leurs poids moyen en Kg**

Prix d'achat moyen en CDF			Prix de vente moyen en CDF			Poids moyen de poulet de chair		
Min	Moy	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max
1000	5296, 58±1110	9000	5000	8971,82±2081	16166	1.5	2.8± 0.6	4.3

Tenant compte des coûts d'achats du poulet de chair, le test de Student indique la différence non significative au seuil de 5 % dont ( $p > 0,05$ ) par rapport aux lieux de provenances. Le prix d'achat moyen dans les deux sites d'approvisionnement est 5 296, 58±1 110Franc congolais, le prix de vente moyen d'un poulet est de 8 971,82 ± 2 081franc congolais (CDF) et le poids moyen des poulets de chairs vendues pendant la période de festivité de Noël et de nouvel an à Lubumbashi est de 2.8± 0.6 Kilogramme, avec respectivement 2.9±1.7 kilogramme pour la race améliorée et 1.7±0.2 kilogramme pour la race locale ou traditionnelle, comme poids moyen. (**Tableau : 3**)

Les résultats de la régression montrent que le nombre des poulets de chairs vendus par les acteurs pour une fréquence d'approvisionnement et le prix de vente des poulets de chairs affichent respectivement les coefficients de déterminations très élevés,  $R^2 = 0.84, p\text{-value}=0,000$ , pour le profit en fonction de nombre de poulets de chairs vendus (**figure : 9**);  $R^2 = 0.88, p\text{-value}=0,000$ , pour le revenu en fonction du prix de vente du poulet de chair (**figure : 10**). Cela laisse présager une forte corrélation positive et donc une relation de cause à effet de 84 % pour le profit en fonction de nombre des poulets vendus pour une fréquence d'approvisionnement d'une part et de 88 % pour le revenu en fonction du prix de vente de poulets de chairs. (**Figure 10**)



**Figure 9 : profit moyen en fonction de nombre de poulet vendus**

**Figure 10: revenu moyen en fonction de prix de vente**

La figure ci-dessous indique que, le taux de mortalité élevé reste la contrainte majeure pour (37 % de cas), suivi du lieu d'abris pour les invendus (24 % de cas), le moyen de transport inadapté (22 % de cas) et les pertes de poids pour les invendus pour (17% de cas). (Figure : 12)

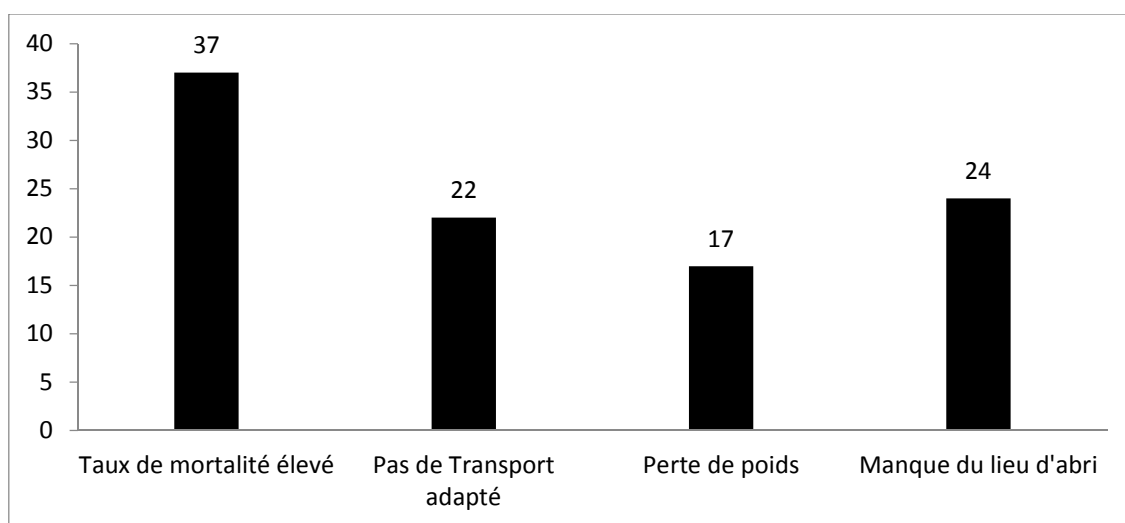


Figure 12 : Les contraintes de la commercialisation périodique des poulets de chairs

### 3 DISCUSSION

Cette étude a analysé la commercialisation périodique des poulets de chairs dans la ville de Lubumbashi pendant la période de festivité de Noël et de Nouvel An 2015-2016. Le tableau 1 de ces résultats révèle que la commercialisation périodique des poulets de chairs à Lubumbashi est une activité tenue par les femmes. Ces résultats permettent de percevoir la dynamique des acteurs à travers le rôle que joue la femme dans les ménages pauvres dans le contexte urbain de la ville de Lubumbashi. Ces résultats s'apparentent à ceux obtenus dans la même ville, notamment par [7] sur la commercialisation nocturne des produits agricoles et [22] sur la commercialisation des poulets de chairs au sud et au centre du Bénin, où il est démontré que les détaillants dans la commercialisation des poulets de chairs sont pour la plupart situés en milieux urbains et ils sont dominés par les femmes (88 % de cas), mariées (79 % des cas). Par contre, les résultats de [23] au sud du Sénégal indiquent que la vente de poulet de chair est à la compétence du chef de ménage généralement hommes (79, 1 % des cas), les femmes sont responsables dans cette activité qu'à 5,8 % des cas, les hommes et les enfants (garçon) sont plus impliqués dans cette commercialisation. Cette incohérence trouve son explication dans le fait que, le Sénégal est un pays musulman où la femme n'exerce pas des activités nécessitant trop de contacts avec les tiers, donc l'islam limite l'apparition de la femme dans un milieu public. L'étude de [24] dans la région de Saint-Louis a montré que dans cette activité, 82 % des femmes sont des productrices, et les activités de commercialisation des poulets de chairs n'intéressent que les hommes. Cette situation pourrait être expliquée par le simple fait que généralement dans les milieux urbains des pays en développement les petits commerces informels des produits agricoles sont dominés par les femmes dont leurs maris sont chômeurs [7], par contre, la femme rurale est beaucoup plus utilisée dans la production et elle est sous la domination de son mari qui est chef de ménage et qui prend toutes les décisions sur la production et la vente [24].

Pour ce qui est de l'approvisionnement de poulets de chair vendus dans la ville de Lubumbashi, la figure 2 indique que la part importante des poulets de chairs vendus pendant la période de festivité de Noël et de Nouvel An provient de la République zambienne. Et cette réalité a été également constatée par plusieurs auteurs, en occurrence [25], qui fustige que malgré les statistiques de la production des denrées alimentaires, le bilan alimentaire dans la ville de Lubumbashi reste déficitaire et insuffisant pour satisfaire la demande en croissance et par conséquent, la ville est approvisionnée par les importations. Ces mêmes résultats sont soutenus par [26], qui précise que la production agricole d'une manière large à Lubumbashi n'est restée qu'une activité de subsistance depuis la chute de la Gécamines, sa production insuffisante ne peut pas nourrir l'ensemble de la population en croissance, pour satisfaire la demande locale, la ville fait recourir aux pays voisins. Les résultats non similaires ont été trouvés en Afrique de l'ouest par [27], il a montré que la majeure partie de la consommation urbaine repose sur l'approvisionnement des villages en produits agricoles provenant de l'intérieur des pays. Par contre, les résultats similaires ont été trouvés par [28],[29], qui démontre que dans certaines villes d'Afrique la

production industrielle de poulets de chairs est en pleine essor, cela n'est pas le cas pour d'autres où l'approvisionnement reste dépendant.

Tenant compte des races des poulets de chairs vendues pendant la période de festivité de Noël et de nouvel an à Lubumbashi, les résultats de cette étude montrent que, cette période est caractérisée par deux types de races des poulets de chairs qui sont commercialisées, dont la race locale (traditionnelle) et la race améliorée. La figure 5 montre que c'est la race améliorée qui est majoritairement vendue. Cette situation se justifierait par le simple fait que l'offre des poulets de chairs à Lubumbashi par rapport à la race est influencée par le choix des vendeurs, par contre, le choix des vendeurs est fonction de la demande des consommateurs (figure 6). Ces résultats sont soutenus par [30], [31] qui confirment que le poids et la taille du poulet de chair sont les seuls critères lors de l'achat du poulet, cependant la figure 8 de ces résultats montre une différence significative du poids par rapport aux types des races vendues. La race du type amélioré a pesé plus que la race traditionnelle. Cette situation explique la présence plus de la race du type amélioré dans la commercialisation des poulets de chairs à Lubumbashi.

#### **4 CONCLUSION**

Les résultats de cette étude ont montré que la commercialisation périodique des poulets de chairs dans la ville de Lubumbashi est une activité de survie des ménages démunis et lutte contre la pauvreté et l'insécurité alimentaire des ménages impliqués par les revenus qu'elle génère. Elle est majoritairement pratiquée par des femmes détaillantes, mariées, ayant un niveau d'étude secondaire, dont la plupart ne sont pas chef de leurs ménages respectifs et évoluent dans les ménages pauvres. Ces femmes ont le maraichage et les petits commerces informels des produits agricoles comme activités principales, mais pendant la période de festivité de Noël et de nouvel an, elles orientent leurs capitaux dans la commercialisation des poulets de chairs vue la forte demande observée dans la ville pendant cette période. Cette étude a permis de comprendre d'une part que, le poulet de chair est une denrée alimentaire qui s'ajoute dans les régimes alimentaires des ménages pauvres de Lubumbashi afin d'exprimer un événement de joie dans les foyers, d'autre part elle permet de percevoir la dynamique des acteurs à travers le rôle que joue la femme dans les ménages pauvres de Lubumbashi. Ainsi les races du type améliorées provenant de la Zambie restent majoritairement vendues par rapport à la race traditionnelle, car c'est le poids du poulet qui détermine la décision d'achat des consommateurs. Cependant le taux de mortalité élevé reste la contrainte principale de cette activité.

#### **REFERENCES**

- [1] J. Antony, L. Denis, B. Eugène, D. Jean, B. Joseph, J. Kurt, Harrison, "Médecine Interne". Lego print, trento », Italie, Tome 1, pp 439-441. Tome 2, (2010), 1566-1567
- [2] E. Tollens, "l'état actuel de la sécurité alimentaire en R.D. Congo : Diagnostic et perspectives", Working Paper, n° 77, Département d'Economie Agricole et de l'Environnement, Katholieke Universiteit Leuven, (2003)
- [3] M. F. Nkulu Jules, "Dynamique agraire des exploitations agricoles familiales dans l'hinterland minier du Katanga et perspectives pour une politique d'appui", Thèse de Doctorat en Sciences agronomiques, Université de Lubumbashi, RDC, (2010), p 207
- [4] INS, UNICEF, "enquête par grappes à indicateurs multiples, MICS- RD Congo, rapport final", (2011)
- [5] Tshomba Kalumbu John, Nyembo Mugalu Léopold, Ntumba Ndaye François, Mushagalusa Balasha Arsène, Muyambo Musaya Emmanuel, and Nkulu Mwine Fyama Jules, "le maraichage et ses fonctions dans le contexte socioéconomique de en RD Congo", International journal of Innovation and Applied Studies, Vol. No 11, (2015), pp 291-302
- [6] Munyemba K. F, "Quantification et modélisation de la dynamique paysagère dans la région de Lubumbashi: évaluation de l'impact écologique des dépositions issues de la pyrométallurgie". Thèse de doctorat, Université de Lubumbashi, (2010), 284p
- [7] Petit P. (éd), Lubumbashi, "La situation des ménages dans une économie de précarité, Rapport de recherche effectuées durant la première session des travaux de l'observation de changement urbain en juin-octobre 2000", université de Lubumbashi, (2001), pp195.
- [8] Kesonga Nsele Maurice, Kirongozi Swedi, Tshomba Kalumbu John, Kilemba Mukangala Benjamin, Nkulu Masengo Luciens, and Nkulu Fyama Jules, "commercialisation nocturne des produits agricoles au centre-ville de Lubumbashi: Acteurs, Rentabilité, Perspectives", International journal of Innovation and Applied Studies, Vol. No 14, (2016), 1066-1074
- [9] H. Kalenga, N. Mouna, J-C. Kashala, S. Vandenput, "activité agricole familiale dans la Ville de Lubumbashi (R.D Congo)", 2<sup>nd</sup> Scientific Meeting of the Faculty of Veterinary Medicine, University of Liege, Belgium, (2012), p 19

- [10] Mujinga, W., Lwamba, J., Mutala, S. et Hüsken, S.M.C., "Inventaire des espèces de poisson disponibles sur les marchés urbains de Lubumbashi, République Démocratique de Congo", Programme Régional les pêches et le VIH/SIDA en Afrique : Investir dans les solutions durables. The World Fish Center, Project Rapport 1982, (2009).
- [11] SENASEM, "catalogue variétal des cultures vivrières : céréales (maïs, riz), Légumineuses (haricot, soja, niébé), plantes à tubercules (manioc, patate douce, pomme de terre), bananier". Appuis du projet CTB/MINAGRI, Kinshasa, RD Congo, (2008), p 153
- [12] Y. Issa, L. Y. Mopate, A. Missohou, "commercialisation et consommation de la volaille traditionnelle en Afrique subsaharienne", journal of animal et plant sciences, vol. 14, (2012), 3 : 1985-1995
- [13] H. A. Aklilu, C. J. M. Almekinders, M. H. J. Udo, A. J. Vander Zijpp, "village poultry consumption and marketing in relation to gender, religious festivals and market access", Tropical animal health and production. (2007) 39 : 165-177
- [14] N. Emuron, H. Magala, F. B. Kyazze, D. R. Kugonza, C. C. Kyarisiima, "factors influencing the trade of local chickens in Kampala city markets", Livestock research for rural, (2010), p 22
- [15] Kasongo Lenge Mukonzo Emery, Mwamba Mulembo Théodore, Tshipoya Musumbuko Patient, Mukalay muamba Joseph, Useni Sikuzani Yannick, Mazinga Kwey Michel, Nyembo Kimuni Luciens, "Réponse de la culture de Soja (Glicine max L. Merrill) à l'apport de biomasses vertes de Tithonia Diversifolia (Hesmley) A". Gray comme fumure organique sur un Ferralsol à Lubumbashi, RD Congo, Journal of Applied Biosciences, (2013) 63 : 4727-4735
- [16] I. Vranken, "pollution et contamination des sols aux métaux dues à l'industrie métallurgique à Lubumbashi" : Emprunte écologique, impact paysager, piste de gestion", mémoire de fin d'étude, Université Libre de Bruxelles, (2010), p 90
- [17] F. Malaise, "la couverture végétale de Lubumbashi. In Bruneau J.C, Pain M., (Ed), Atlas de Lubumbashi", Edition publidix, Université de Paris X-Nanterre, (1990), 30-31
- [18] C. Nkuku et M. Rémon, "stratégie de survie à Lubumbashi (RD Congo), enquête sur 14000 ménages urbains", harmattan, (2006), p 130
- [19] Ministre de plan (2005), "Monographie de la province du Katanga", draft 4, Kinshasa, p 14
- [20] E. Frauman, "Evolution de l'agriculture périurbaine à Lubumbashi (République Démocratique du Congo) en période de crise", Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade de Bio-ingénieur à l'Université libre de Bruxelles, (2003).
- [21] ACF, "Rapport d'étude sur l'agriculture périurbaine (maraichage) de Kinshasa", action contre la faim", (2009), pp 77
- [22] E. Sodjinou, O. D. Koudande, F. Vidogbena et C. Bankole, Rapport : "Etude du marché et de la consommation de poulet et de caprin au sud et au centre de Bénin", institut national de recherches agricoles du Bénin (INRAB), International Livestock Research Institute, (2007), p 67
- [23] C. LY, M. Savane, M. T. Seck et A. Faya, "l'aviiculture rurale au sud du Sénégal", Cahiers Agriculture, (1999), 8 : 123-125
- [24] F. Ndayisenga, "Socio-économique de l'aviiculture traditionnelle dans la région de Saint Louis (Sénégal)" Mémoire master, II No 31, (2010), pp 30
- [25] Ntumba Ndaye François, Tshomba Kalume John, Emmanuel Muyambo Muyasa, Kirika Ansey Bibiche and Nkulu Mwine Fiana, "le maraichage et l'accès aux facteurs de production dans le contexte socioéconomique de Lubumbashi", international journal of innovation and Applied Studies, ISSN 2018- 9324, vol. 13 No, (2015), 527- 537.
- [26] T. Kalamba, M. Khonde, N. Ilunga et M. Mansinsa, "Monographie de la province du Katanga". PNUD/UNOPS. Programme national du secteur agricole et rural (PNSAR), (1998), p 137
- [27] D. Zallé, "agriculture urbaine en Afrique de l'ouest : une contribution à la sécurité alimentaire et l'assainissement des villes". Centre de recherche pour le développement international, centre technique de coopération et rurale, (1999).
- [28] S. J. Zoundi, "interaction agriculture élevage et développement agricole en zone semi-aride d'Afrique subsaharienne", communication présentée lors du comité technique national sur le thème élevage-population-environnement, 8-10 décembre à Ouagadougou, (1997), p 14
- [29] P. Moustier, "spécificité des systèmes périurbains dans l'approvisionnement des villes africaines" In : marchés urbains et développement laitiers en Afrique subsaharienne : actes de l'atelier international 9-10 septembre 1998, Montpellier, France, CIRAD, (2001), 37-41
- [30] G. Teno, "étude de déterminant de la consommation du poulet du pays" : cas de la région de Dakar (Sénégal). Thèse : méd. Vét : Dakar, (2009), p 36
- [31] E. F. Guève, "Promoting cultural and gender equality in rural Africa through family poultry. Word's poultry, science journal, (2001), 54 : 73-86

