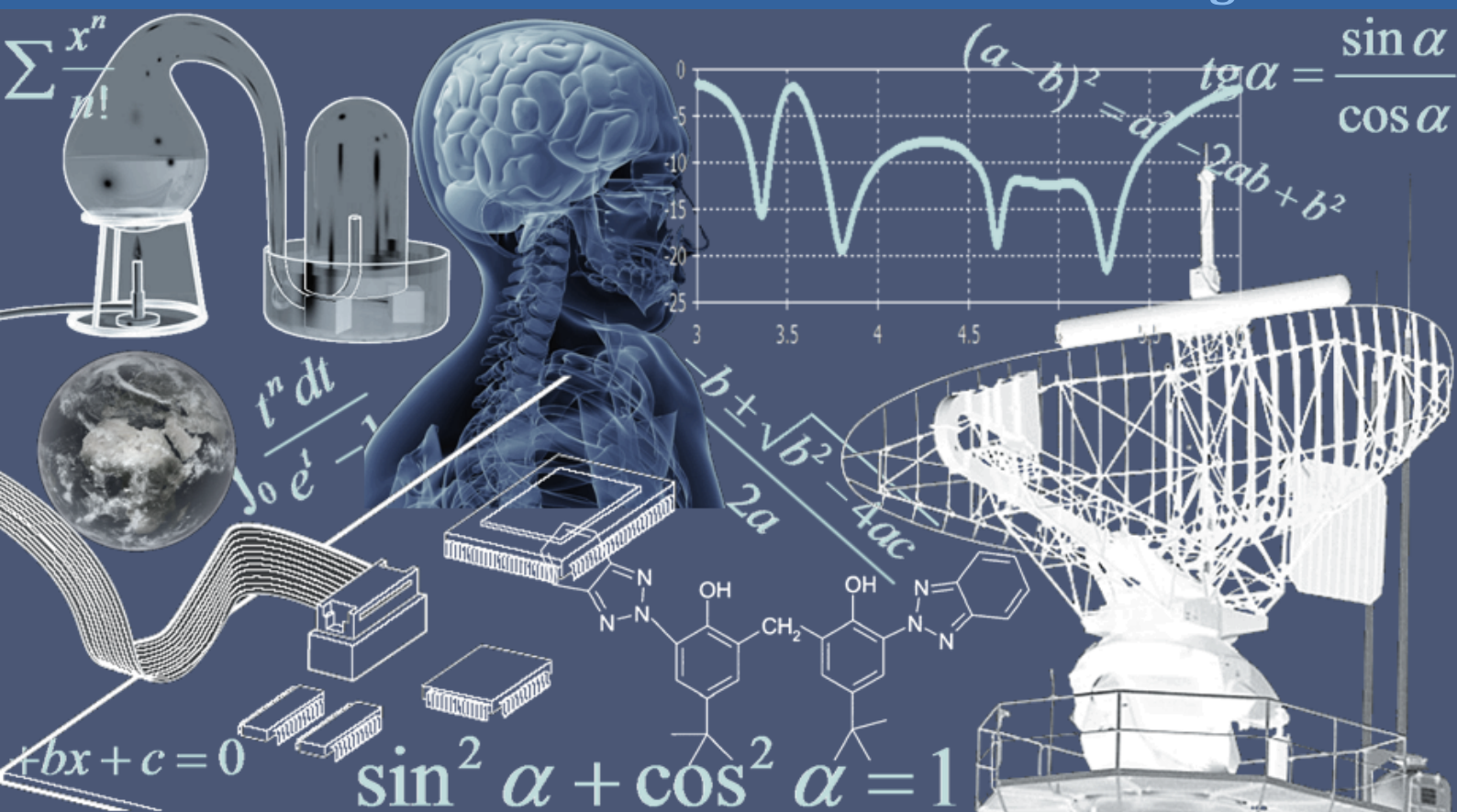


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 17 N. 3 August 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
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 Kavrouidakis, 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 Bumerdes, 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

La veille stratégique dans les entreprises au Cameroun: état des lieux d'une pratique embryonnaire, informelle et discontinue	726-737
<i><u>Hourenatou</u></i>	
Etude comparative des performances de croissance et de taux de survie des larves des deux espèces du genre <i>Clarias</i> (<i>C. gariepinus</i> et <i>C. ngamensis</i>) au jardin zoologique de Lubumbashi, RD Congo	738-744
<i><u>David Mfwana Inabanza, Germain Kasongo Tengwa, Benjamin Ntende Mwenze, Bauchet Katemo Manda, and Auguste Chocha Manda</u></i>	
A positivity-preserving nonstandard finite difference scheme for a system of reaction-diffusion equations with nonlocal initial conditions	745-748
<i><u>Marc E. SONGOLO</u></i>	
EVOLUTION REGIONALE DES INCIDENCES DES INTOXICATIONS AU MONOXYDE DE CARBONE AU MAROC	749-756
<i><u>Mohammed Chahboune, Abdelmajid Soulaymani, Mouhcine Batchi, Rachida Aghandous, Rachida Soulaymani-Bencheikh, and Abdelrhani Mokhtari</u></i>	
Effet du déficit hydrique sur certains osmolytes chez cinq variétés de blé dur (<i>Triticum durum</i>)	757-767
<i><u>Safia CHAHBAR and Moulay Belkhodja</u></i>	
Importance relative des mauvaises herbes de la culture du maïs dans le département de M'Bahiakro	768-778
<i><u>Joseph Nanan KOUAKOU, Frédéric Kra KOUAME, Joseph Ipou IPOU, and Arsene GUE</u></i>	
Modélisation du comportement statique et dynamique des joints labyrinthes dans les turbomachines	779-790
<i><u>Mohamed Hmamou, Mohammed Touzani, Lahcen Boukrim, and Mohammed Sriti</u></i>	
Caractéristiques physicochimiques des eaux usées de la ville de M'rirt, (Maroc)	791-803
<i><u>Touria Hachi, Maryama Hachi, Hassan ECH-CHAFAY, Mouhcine ELGHABASSI, Hicham ETTAYEA, Khadija Elkharrim, Abderrazzak Khadmaoui, and Driss Belghyti</u></i>	
Activité antifongique d'extraits aqueux de <i>Cymbopogon citratus</i> (D.C.) Stapf., <i>Eclipta alba</i> (L.) Hassk. et <i>Portulaca oleracea</i> (L.) contre les principaux champignons transmis par les semences d'oignon (<i>Allium cepa</i> L.) au Burkina Faso	804-812
<i><u>Tobdem Gaston DABIRE, Schémaeza BONZI, Irénée Somda, and Anne LEGREVE</u></i>	
Yield Components and Oil Content of Safflower in Eastern Algeria	813-818
<i><u>Mouloud Bouhouhou and Samy Mostafa Mohamed</u></i>	
Hypertension artérielle et hypokaliémie: Association significative	819-823
<i><u>Aziza LAARJE, Miriem BORYAL, Amina ASADI, Nadia EZZOUBIR, Anass ASSAIDI, and Rachida Habbal</u></i>	
Communication haut débit sur le réseau électrique automobile: Amélioration de la forme d'onde OFDM	824-834
<i><u>Mohammed Fattah, Said Mazer, Mohammed El Ghazi, Tarik Tahri, Rabah Ouremchi, and Moulhime El Bekkali</u></i>	
JUVENIL GIANT FIBROADENOMA: Case Report and Literature Review	835-837
<i><u>Mohammed Bhihi, Clementine UWIZEYEMARIYA, Najia ZERAIDI, Abdelaziz BAIDADA, and Aicha KHARBACH</u></i>	
La RSE comme dimension de la qualité perçue: Proposition d'un modèle des déterminants sociétaux de la qualité perçue prédictifs de la satisfaction dans le contexte des Services Publics à caractère Industriel et Commercial	838-851
<i><u>Charaf SAIDI and Bouchra EL ABBADI</u></i>	
FACTEURS DE RISQUE ASSOCIES AUX STATUTS HEMATOLOGIQUE ET MARTIAL CHEZ LES ADOLESCENTS EN COTE D'IVOIRE	852-858
<i><u>Virginie Atto, Anthelme Semi Nene Bi, Stanislas Ouga Zahui, Yaya Tianga Soro, F. Jacques Datté Yao, and Paul Angoué Yapo</u></i>	
Résistance phénotypique et enzymatique au sein des populations de <i>Culex quinquefasciatus</i> dans la commune de Natitingou, Bénin	859-871
<i><u>Anges Yadouleton, Akadiri YESSOUFOU, Ramziyath Agbanrin, Azim BISSIROU, Falilath SANOUSSI, Olaïtan Moustapha, Carole SANNI, Mensah Albane, Achaz Agolinou, Fabrice Ursins, Jacques Zola, and Martin AKOGBETO</u></i>	
ANÁLISIS, INCIDENCIA Y MITIGACIÓN DE UN ATAQUE BASADO EN DICCIONARIO	872-883
<i><u>Alfonso Aníbal Guijarro Rodríguez, Lorenzo Jeovanny Cevallos Torres, and David Xavier Cardenas Giler</u></i>	
Facteurs socio-démographiques et risque de la malnutrition protéino-énergétique chez les enfants, de 0 à 59 mois, fréquentant l'Hôpital Général de Bingerville (Côte d'Ivoire)	884-892

<i>Amaïkon Kouakou Ernest, Essé Sonia-Estelle, Kouamé Koffi Gustave, Zoho Bi Foua Guy-Alexandre, and Kati-Coulibaly Séraphin</i>	
Caractérisation de la flore et de la végétation et potentiel de conservation de la biodiversité végétale en zone d'activités anthropiques dans le Nord-est de la Côte d'Ivoire	893-900
<i>TIÉBRÉ Marie-Solange, OUATTARA Diakalia, Constant Yves ADOU YAO, Anthelme GNAGBO, and Kouakou Edouard N'GUESSAN</i>	
ETUDE COMPARATIVE DE LA CROISSANCE D'OREOCHROMIS MACROCHIR ET OREOCROMIS NILOTICUS EN ELEVAGE A LA FERME NAVIUNDU	901-914
<i>Simon Isaac KABEYA MWEPU</i>	
Etude sédimentologique et palynologique des aquifères du tertiaire des régions des lagunes (Abidjan) et du sud Comoé (Nouamou): Implication paleoenvironnementale	915-926
<i>Zoh Derrick Aurélien Behi, N'Goran Jean-Paul Yao, Yao Mathieu N'guessan, Goha René Bie, and Zéli Bruno DIGBEHI</i>	
Aplicación del método DRASTIC para la cartografía de la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero de R'mel (Larache, Marruecos)	927-946
<i>Nisserine Ben Driss and Fermín Villarroja</i>	
Qualité microbiologique, caractéristiques Biochimiques et Physico-Chimiques d'un vinaigre artisanal à base des mangues jetées	947-953
<i>Cardi MBUNGU, Karl TSHIMENGA, Pascal NSAMBU, Christina MPUTU TSHIBADI, Joseph Muwawa, and Jean-Noël MPUTU KANYINDA</i>	
Analyse de la dynamique des massifs forestiers de l'Est algérien par la télédétection satellitaire	954-964
<i>Ahmed LAALA and Djamel ALATOU</i>	
EFFECT OF BIO URINE AND COMPOST APPLICATION ON RICE INPARI-13 PRODUCTION AT MANDAILING NATAL DISTRICT	965-971
<i>Muhammad Yusuf, Syahbudin, and Diky Setya Diningrat</i>	
SPENDING IN SOCIAL SECTORS: PUBLIC FINANCE AND CORPORATE SOCIAL RESPONSIBILITY IN INDIA	972-979
<i>Debabrata Das and Bibekananda Das</i>	
Botanical study, comparison of antifungal activity leaves of <i>Aspilia africana</i> (Pers.) CD Adams var. <i>africana</i> and <i>Acanthospermum hispidum</i> DC. on the in vitro growth of <i>Cryptococcus neoformans</i> and study of their toxicity on human cells HFF	980-989
<i>YAPI Adon Basile, YAYE Yapi Guillaumme, Djeneb CAMARA, and ZIRIHI Guédé Noel</i>	
Caractérisation des pluies journalières intenses et récurrences des inondations: apport des totaux glissants trois (3) jours à la détermination d'une quantité seuil d'inondation (District d'Abidjan au Sud-Est de la Côte d'Ivoire)	990-1003
<i>Lassina KONATE, Boyossoro Hélène KOUADIO, Bernard Kouakou DJÈ, Gabriel Etienne AKE, N'guessan Bi Vami Hermann, Lorné GNAGNE, EMOÏSE Koffi KOUAME, and Jean Biemi</i>	
THE RELATIONSHIP BETWEEN INTELLECTUAL CAPITAL, FIRM VALUE AND FINANCIAL PERFORMANCE IN THE BANKING SECTOR: EMPIRICAL EVIDENCE FROM MOROCCO	1004-1013
<i>Mohamed LOTFI, Mounime ELKABBOURI, and Youssef IFLEH</i>	
LA LOGISTIQUE DES CONTENEURS ENDOMMAGÉS: QUEL TRAITEMENT DES CONETENEURS ENDOMMAGÉS A TANGER MED I?	1014-1028
<i>Abderrahman SADDIKI and Ouafae BAHOU</i>	
Elaboration of two stochastic models of EURO/MAD exchange rate and measure of their forecast accuracy	1029-1036
<i>Mohammed Bouasabah and Charaf Bensouda</i>	
Torsion d'annexe sur kyste paratubaire: à propos d'un cas rare	1037-1039
<i>Jihad Drissi, Houda Fagouri, Jaouad Kouach, Driss Moussaoui, and Mohammed Dehayni</i>	
Myasthénie et maternité	1040-1041
<i>Jihad Drissi, Mounia Zyadi, Jaouad Kouach, Driss Moussaoui, and Mohammed Dehayni</i>	
Implementing of the employees training evaluation using Kirkpatrick's model in tourism industry - A case study	1042-1049
<i>Siti Zahro and MingChang Wu</i>	
Effets non linéaires dans l'interaction d'un ensemble de particules de spin 1 avec un champ oscillant dans l'expression de l'aimantation et de la susceptibilité magnétique	1050-1061
<i>Chadia Qotni, Az-Eddine L. Marrakchi, Salaheddine SAYOURI, and Yamina Achkar</i>	

La veille stratégique dans les entreprises au Cameroun: état des lieux d'une pratique embryonnaire, informelle et discontinue

[Business Intelligence in enterprises in Cameroon: situation of an embryonic practice, informal and discontinuous]

Hourenatou

Department of Management, Strategy and Prospective,
Faculty of Economics and Management,
University of Ngaoundéré, 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: With globalization, the discovery of new opportunities and their realization can only be successful if companies have an adequate field of vision, that is to say the ability to collect, store, distribute and analyze information especially relating to the status and trends of socio-economic environment. Hence the development of business intelligence structures within companies. Almost all developed countries have realized the importance of this activity and have developed intelligence. Africa in general and Cameroon in particular, knowledge and practice of strategic intelligence is very low both in terms of market and state level. The empirical study of 62 companies in Cameroon allows first to highlight the characteristics of the practice of business intelligence companies in Cameroon and in a second, to justify the lateness in Cameroon relative to developed countries.

KEYWORDS: Strategic information, Information system, Competitive environment, Economic intelligence, ICT.

RESUME: Avec la mondialisation, la découverte des nouvelles opportunités puis leur réalisation ne peuvent aboutir que si les entreprises disposent d'un champ de vision adéquat, c'est-à-dire la capacité de collecter, de stocker, de diffuser et surtout d'analyser les informations relatives à l'état et l'évolution de leur environnement socio-économique. D'où le développement des structures de veille stratégique au sein des entreprises. Pratiquement tous les pays développés ont compris l'importance de cette activité et ont mis en place des services de renseignements. En Afrique en général et plus particulièrement au Cameroun, la connaissance et la pratique de la veille stratégique reste très faible à la fois au niveau des acteurs du marché et au niveau étatique. L'étude empirique auprès de 62 entreprises au Cameroun permet dans un premier temps de mettre en évidence les caractéristiques de la pratique de la veille stratégique dans les entreprises camerounaises et dans un second, de justifier le retard du Cameroun par rapport aux pays développés.

MOTS-CLEFS: Information stratégique, Système d'information, Environnement concurrentiel, Intelligence économique, TIC.

1 INTRODUCTION

Les organisations évoluent dans un environnement de plus en plus complexe et changeant caractérisé par une forte pression concurrentielle. Il est donc important pour les organisations d'avoir des capacités et des ressources nécessaires pour survivre et prospérer dans cette compétition mondiale. Elles doivent, de nos jours, non seulement maîtriser leur environnement interne mais surtout s'ouvrir à leur environnement externe afin de transformer les menaces en opportunités.

La découverte de ces nouvelles opportunités puis leur réalisation ne peuvent aboutir que si les entreprises disposent d'un champ de vision adéquat, c'est-à-dire la capacité de collecter, de stocker, de diffuser et surtout d'analyser les informations relatives à l'état et l'évolution de leur environnement socio-économique dans le but d'aider les dirigeants dans leur prise de décision. La veille stratégique a été considérée par la majorité des auteurs comme étant un outil stratégique permettant de répondre efficacement aux changements dans l'environnement. Ainsi, la veille stratégique s'impose de par les mouvances de la globalisation. Dans plusieurs pays d'Europe, les acteurs s'organisent seuls ou en partenariat avec les puissances publiques pour sa mise en œuvre. Pour Baumard (1991), pratiquement tous les pays ont mis en place des services de renseignements, auxquels a été attribuée la mission de « voir sans être vu ». Nous constatons que cette situation n'est valable que dans les pays développés. En Afrique, la connaissance sur les pratiques de la fonction de veille stratégique reste limitée à la fois au niveau des acteurs du marché et au niveau étatique. Ouattara (1997), dans ses recherches, va conclure que le rôle de l'information est minoré par les dirigeants africains. Pour cet auteur, le contexte économique (investissement en baisse, prix des matières premières défavorable...), le manque de culture industrielle et les moyens financiers limités sont autant de facteurs qui contraignent à faire des choix réducteurs.

Toutefois, ces dernières années, l'Afrique fait des efforts pour s'arrimer à cette société de l'information. Il a été créé l'Organisation Africaine d'Intelligence Economique (OAIE) et le cabinet Sopel¹ en partenariat avec la Banque Mondiale organise depuis 2000 des rencontres africaines sur l'intelligence économique, la veille stratégique et le développement des nouvelles technologies en Afrique. Au Cameroun, le taux de pénétration de ces nouvelles technologies de l'information dans les entreprises reste faible et se situe à moins de 50% (INS/RGE, 2009). Toutefois, cette situation pourrait vite s'améliorer avec la forte concurrence observée dans le secteur des télécommunications et l'abaissement considérable et constant des coûts des TIC. De plus, des séminaires et colloques se multiplient sur les TIC et les systèmes d'information. En outre, nous pouvons noter l'existence des structures de formation en système d'information tel que l'IAI et l'IFTIC-SUP, une école capable de former les africains sur la veille stratégique. Tous ces efforts de sensibilisation et de formation illustrent de l'importance accordée par les pays africains en général et le Cameroun en particulier à l'intelligence économique et la veille stratégique. Pour Sone Mbassi (2012), bien qu'étant modeste, le niveau d'appropriation des TIC par le Cameroun s'est nettement amélioré au cours de cette dernière décennie. Malheureusement, les pratiques de veille stratégique demeurent très peu développées dans ces entreprises. En effet, dans une étude réalisée auprès des dirigeants des six pays de la zone CEMAC (Cameroun, Centrafrique, Congo, Gabon, Guinée équatoriale et Tchad), le cabinet GwethMarshall² (2008) aboutit à des résultats diamétralement opposés à ceux de ses collègues canadiens. D'après ses analyses, 59% des managers québécois sont victimes d'overdose informationnelle alors que 6/10 responsables africains occupant un poste de cadre supérieur manquent « d'informations sûres ». Par ailleurs, il ressort des travaux du dit cabinet que dans ces pays, le taux de pénétration de l'activité de veille stratégique est inférieur à 2.5%. Cette situation nous fait prendre conscience du retard des pays de l'Afrique centrale en général et du Cameroun en particulier, par rapport aux pays occidentaux en matière de veille stratégique.

L'objet de notre étude repose aussi bien sur des constats théoriques qu'empiriques. Peu de recherches ont eu pour objet d'étudier les pratiques de veille stratégique dans les entreprises africaines. Quelques études ont été menées dans les pays comme le Nigéria, le Maroc, la Tunisie, le Sénégal (Sawyerr (1993) ; Ouattara (1997) ; Diallo et Bulinge (2006) ; Soyah et Magroun (2004) ; Fourati (2006) ; Boulifa Tamboura (2008) ; etc), mais toutes ces études se sont focalisées sur les outils de veille stratégique, la construction de sens, les méthodes d'exploitation des informations, ... Au Cameroun, nous pouvons quasiment remarquer qu'aucune étude ne décrit réellement la pratique de la veille dans les entreprises.

Cet article a pour objectif de décrire la pratique de la veille stratégique, identifier les sources d'information et les difficultés justifiant le retard des entreprises au Cameroun. Pour y parvenir, nous allons tout d'abord mettre l'accent sur le concept de veille stratégique. Ensuite, nous allons présenter la démarche méthodologique et enfin, les résultats de notre étude.

¹ Premier cabinet francophone d'intelligence économique et de veille concurrentielle en Afrique créée en 1995 à Paris, situé à Dakar au Sénégal. www.sopel.org

² Premier Cabinet d'Intelligence Economique en Afrique Centrale.

2 CADRE THEORIQUE DE LA RECHERCHE

2.1 LE CONCEPT DE VEILLE STRATEGIQUE : DEFINITION, FINALITE ET PROCESSUS

Le concept de veille a émergé dans les années 1960 avec les travaux d'Aguilar (1967) et a suscité l'intérêt des chercheurs et des praticiens dans de nombreux pays y compris les pays à économie émergente (Kriaa-Medhaffer, 2006). Pour Aguilar (1967), pionnier de la recherche en matière de veille, la veille stratégique consiste à saisir les informations relatives aux événements et aux relations prenant place dans l'environnement externe de l'entreprise, informations donc la connaissance est susceptible d'aider l'équipe dirigeante dans ses choix stratégiques quant au futur de l'entreprise. Lesca (1994) définit la veille stratégique comme un processus informationnel volontariste par lequel l'entreprise se met à l'écoute anticipative (ou prospective) des signaux précoces de son environnement socio-économique dans le but créatif d'ouvrir des opportunités et de réduire les risques liés à son incertitude. Pour Perroud (2014), la veille stratégique est un précieux outil de pilotage de la stratégie et un levier sous-estimé de valorisation des compétences. Elle permet d'identifier rapidement les opportunités du marché et d'anticiper les menaces auxquelles les entreprises s'exposent. Ainsi, il existe deux finalités expliquant l'importance de la veille stratégique : une finalité défensive et une finalité offensive.

Une finalité défensive : dans cette perspective, la veille stratégique est envisagée pour anticiper des événements qui renseignent sur des menaces que l'entreprise redoute, et qui sont susceptibles de la mettre en danger, pour réduire le temps de réaction de l'entreprise face aux événements anticipés afin de s'adapter aux changements. Il s'agit dans ce cas de savoir pour réagir, afin d'éviter certains dangers ou de minimiser leur impact pour s'adapter à temps (Lesca, 1989). Dans ce cas, la veille stratégique peut être vue, en utilisant une métaphore, comme un membre d'une équipe qui fournit des informations sur les performances des autres équipes (Getz, 1994). Nous dirons alors que l'entreprise est "réactive" aux menaces identifiées.

Une finalité offensive : dans cette perspective, la veille stratégique est envisagée pour anticiper, aussitôt que possible, des événements qui renseignent une entreprise non pas sur une menace mais sur une opportunité, avant que ses concurrents ne la voient. Il s'agit d'être moteur plutôt que suiveur. Cette vision permet à une entreprise de maintenir son avance (Lesca, 1989) et de développer de la créativité à travers l'anticipation et l'imagination du futur. En outre, cette vision assure à l'entreprise un avantage concurrentiel et lui permet de distancier ses concurrents. Le but est ainsi de rassembler des informations en vue de trouver une piste (parade).

Cependant, la finalité de la veille stratégique ne dépend pas de l'optique considérée (offensive ou défensive). Elle permet, dans les deux cas, d'éclairer les décisions stratégiques à travers une meilleure construction des stratégies. Ces décisions permettent de garantir la pérennité d'une entreprise ; autrement dit, elles assurent son fonctionnement durable dans le temps. Ainsi, la veille stratégique peut être vue comme un outil d'aide à la décision. Elle constitue donc un sous processus en amont du processus plus général de décision stratégique dans l'entreprise (Isaac, 2003). Ce processus peut être enrichi à travers la représentation suivante proposé par Lesca et Chokron (2000) :

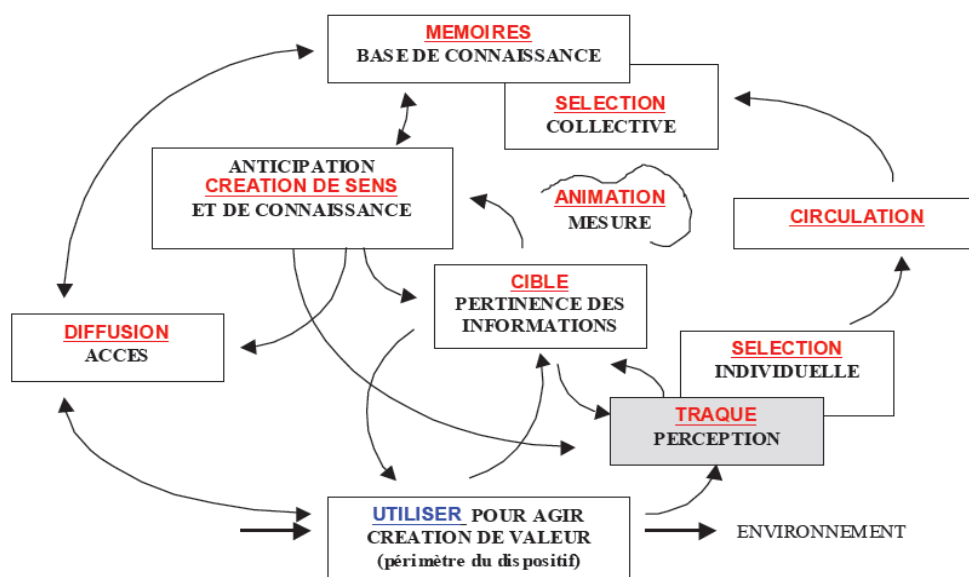


Fig. 1. Le processus de veille stratégique selon Lesca et Chokron (2000)

La veille stratégique est donc un sous-système d'information stratégique qui est reconnue comme un dispositif pour connaître l'environnement d'affaire et anticiper les changements (Lesca, 2003). Elle est un outil à part entière d'information et de compréhension permanente des réalités des marchés, des techniques des concurrents, de leurs intentions et capacités. La veille stratégique vise à la fois l'information relative au marché (technologie, concurrents, fournisseurs, clients) et celle relative à l'environnement d'affaires en général (environnement économique, légal, politique et socioculturel). Elle est donc une expression générique qui englobe plusieurs types de veilles spécifiques telles que la veille technologique, la veille concurrentielle, la veille commerciale et la veille environnementale.

2.2 TYPOLOGIE DE VEILLE STRATEGIQUE

2.2.1 LA VEILLE COMMERCIALE

Elle s'intéresse à l'évolution des besoins des clients à long terme, à l'évolution de la relation des clients à l'entreprise et, dans une moindre mesure, à la solvabilité des clients (Pateyron, 1997). Mais l'intérêt de l'entreprise se porte également sur l'offre de produits nouveaux, la création de marchés et la détection de créneaux nouveaux. Il est important de suivre l'évolution de l'offre de nouveaux produits, l'évolution de la relation du fournisseur à l'entreprise, et enfin, la capacité du fournisseur à procurer des produits à moindre coût. La littérature sur la veille commerciale intègre le suivi de l'évolution de l'offre de compétences nouvelles, de la relation de pouvoir d'achat de la main d'œuvre et de l'évolution du prix de la main-d'œuvre.

2.2.2 LA VEILLE CONCURRENTIELLE

C'est l'activité par laquelle l'entreprise identifie ses concurrents actuels et potentiels, leurs stratégies et éventuellement leurs intentions ou projets futurs de manière à anticiper toute décision susceptible de perturber l'activité de l'entreprise ou au contraire de conduire à une opportunité qu'il faudrait ne pas rater. Michel (1991) va dans le même sens en soulignant que dans la guerre économique, la cible c'est le concurrent. Pour cet auteur, observer ses concurrents est un réflexe de bon sens pour un chef d'entreprise. Porter (1986) énumère les informations susceptibles d'être collectées pour comprendre le comportement du concurrent et surtout pour anticiper ses actions futures. Celles-ci sont rassemblées en cinq points principaux : les performances actuelles du concurrent, sa stratégie, ses nouveaux objectifs, ses capacités et les hypothèses qui sous-tendent son action et ses décisions. Dans la veille concurrentielle, les données qualitatives sont aussi importantes que les données quantitatives. Beaucoup estiment que seules les données chiffrées sont nécessaires pour évaluer les objectifs, les stratégies, les hypothèses ou les capacités du concurrent. Or, les informations intangibles (image de marque, force de vente...) sont elles aussi importantes et méritent d'être prise en compte. La facilité d'obtention des informations sur le concurrent varie selon les cas. Mais de façon générale, 90% de l'information dont a besoin une entreprise sur ce qui se passe à l'extérieur, peut s'acquérir à des coûts raisonnables et de manières tout à fait légales.

2.2.3 LA VEILLE TECHNOLOGIQUE

C'est l'observation de l'environnement scientifique, technique et technico-économique pour en déduire les menaces et les opportunités de développement en la matière. Cela doit conduire à préconiser comment organiser les processus de recherche, de collecte et de diffusion de l'information (au niveau de l'observation), puis comment utiliser rationnellement cet ensemble structuré et condensé de renseignements obtenus. L'expression veille technologique désigne ainsi les efforts que l'entreprise consent à faire, les moyens dont elle se dote et les dispositions qu'elle prend dans le but d'être à l'affût et de déceler toutes les évolutions et toutes les nouveautés qui font jour, dans les domaines des techniques et des technologies qui la concernent actuellement ou sont susceptibles de la concerner dans le futur. Martinet et Ribault (1988) soutiennent que la veille technologique a trait aux acquis scientifiques et techniques, aux produits, aux procédés de fabrication, aux matériaux, aux systèmes d'information et aux prestations de services.

2.2.4 LA VEILLE ENVIRONNEMENTALE

Elle concerne le reste de l'environnement de l'entreprise. C'est l'activité par laquelle l'entreprise se met à l'écoute de tout changement pouvant survenir dans l'environnement et susceptible de perturber son activité ou d'ouvrir de nouvelles opportunités : veille politique et réglementaire, veille sociale, veille d'acquisition...

La veille stratégique vise alors à permettre une adaptation de la stratégie de l'entreprise à son environnement en général. Dans les entreprises, elle joue un rôle soit en amont (définir les axes de recherche...) soit en aval (en tant qu'utilisateur final). Elle est d'une importance capitale pour la survie non seulement des entreprises des pays développés, mais surtout des entreprises des pays sous-développés qui subissent une concurrence rude.

3 METHODOLOGIE D'INVESTIGATION

Dans le cadre de cette étude, nous avons adopté une démarche hypothético déductive. Nous avons eu recours dans un premier temps à une analyse théorique pour définir le concept de veille stratégique. Dans un second temps, à partir d'un questionnaire, nous avons collecté des informations auprès d'un échantillon de notre population. Il a été administré en « face à face » auprès des dirigeants ou des cadres d'entreprise pouvant nous fournir des informations sur l'activité de veille. Toute entreprise interrogée fait partie de l'échantillon dès lors qu'elle est constituée de 10 à 49 employés pour la petite entreprise, de 50 à 199 employés pour la moyenne entreprise et de 200 et plus pour la grande entreprise³. Suivant cette logique, nous avons recensé 240 entreprises situées dans les villes de Douala, Yaoundé, Bafoussam et Garoua. De ces 240 entreprises constituant notre base d'échantillonnage, nous n'avons pu établir des contacts qu'avec 78 d'entre elles. Au total, après enquête, 62 questionnaires ont été exploitables, soit 62 entreprises retenues dans notre échantillon définitif. Cet échantillon est constitué de 25 entreprises de services, 22 entreprises industrielles et 15 entreprises commerciales. Les informations collectées à travers ces questionnaires ont subi des traitements statistiques à l'aide du logiciel SPSS.

4 LA MESURE DE LA PRATIQUE DE LA VEILLE STRATEGIQUE DANS LES ENTREPRISES

La pratique de la veille stratégique sera appréhendée par quatre dimensions : la formalisation, l'intensité des activités de veille, l'importance accordée à ces activités par les dirigeants et enfin, l'étendue de ces activités dans les entreprises.

La formalisation renvoie à l'effort de structuration des activités de veille au sein de l'entreprise. Selon Lesca, Kjellstrom et Olemyr (1995), le terme formalisation veut dire que l'entreprise a créée forme pour collecter des informations sur l'extérieur, traiter et stocker les informations, communiquer et faire circuler l'information dans l'entreprise. La formalisation du système d'information et plus précisément des activités de veille dans les entreprises suppose alors l'existence d'une

³ Ce regroupement des entreprises par effectif a été proposé par le FOGAPE. Les très petites entreprises (0 à 9 employés) ne font pas partie de notre échantillon. Cette décision d'écarter les TPE de notre échantillon a été confortée par les travaux de Larivet (2002) qui, à la suite de Marchesnay (1988) et de Julien (2001), estime que les TPE ont un comportement suffisamment particulier pour constituer une catégorie d'étude à part en matière de veille stratégique. De plus, pour Marchesnay (2003), les TPE peuvent présenter des trajectoires stratégiques et des formes organisationnelles sensiblement différenciées par rapport aux autres entreprises.

structure ou d'un service de système d'information et d'une cellule de veille, la fixation des objectifs de veille, des membres spécifiquement assignés à la veille, une méthodologie de veille et un budget adéquat.

L'intensité de la veille réfère à l'énergie mise par les membres de l'organisation à l'exercice de la veille stratégique (Audet, 1998). Ce concept ne saurait se restreindre aux seules activités du propriétaire ou du dirigeant de l'entreprise, mais à l'ensemble des personnes impliquées dans la recherche des informations. L'intensité de la veille fait référence à la fréquence d'activité de veille au sein des entreprises. Cette fréquence est évaluée par la proportion des membres de l'entreprise qui s'occupe de la collecte des informations sur l'environnement externe, ceux des membres naviguant régulièrement sur Internet, ceux consultant régulièrement des journaux, presses et autres bases pour les besoins d'information de l'entreprise, ceux assignés uniquement à la gestion des informations externes, la fréquence des membres à des congrès, foires,... et enfin, le temps consacré à cette activité.

L'importance accordée aux activités de veille stratégique par les dirigeants suppose la place qu'occupe la veille au sein de la culture organisationnelle. Cette dimension est très pertinente dans l'identification des activités de veille dans l'entreprise. Elle permet de voir la place qu'occupe la veille dans l'organisation et la position du dirigeant par rapport à cette activité. Fahey et King (1977) soutiennent que les entreprises ayant le système de veille le moins évolué n'intègrent pas leurs activités de veille aux activités de base de l'entreprise. Pour que les entreprises pratiquent réellement la veille, il faut que les activités soient intégrées dans la culture organisationnelle. Pour cela, ces activités doivent être acceptées par tous, être intégrées aux activités de base de l'entreprise et être considérées comme condition de survie à long terme. Même si elles sont exercées d'une manière informelle, elles doivent être partagées par tous.

L'étendue des activités de veille est le choix conscient ou non exercé par les membres de l'entreprise quant à l'intensité relative des efforts de veille qui seront déployés pour chacun des secteurs de l'environnement de l'entreprise. L'environnement de l'entreprise étant constitué de plusieurs secteurs, nous nous sommes inspirés des différents types de veille pour mesurer l'étendue des activités de la veille.

5 LES PRINCIPAUX RESULTATS DE L'ETUDE

5.1 CARACTERISATION DES REpondANTS ET DES ENTREPRISES

Les résultats montrent une bonne représentation des PME (75,8%) donc 46,8% de petites entreprises et 29% de moyennes entreprises. Seulement 24,2% de notre échantillon sont de grandes entreprises. Toutes ces entreprises évoluent dans un environnement concurrentiel et les dirigeants perçoivent ce dernier comme étant complexe et dynamique. Une grande partie des répondants est constituée des Responsables commerciaux et marketing (54,8%). Ces derniers sont suivis par ordre décroissant des responsables techniques (27,4%) et des directeurs généraux (16,1%). La majorité des répondants de l'échantillon sont de sexe masculin (74,2%). Seulement 25,8% des dirigeants ou des cadres sont des femmes. Ceci pourrait s'expliquer entre autres par la distribution sociologique des rôles masculins et féminins dont les racines seraient probablement liées aux coutumes, aux traditions, à la religion... Nous remarquons que la majorité des dirigeants ont un âge qui se situe dans la tranche de 30 à 50 ans (67,7%). Ceux qui sont âgés de 51 ans et plus représentent un pourcentage de 16,1%. Ces individus auraient donc acquis une expérience sociale mais également professionnelle. Cependant, d'après Kets de Vries (2002), l'âge mûr présenterait des faiblesses (physique, psychologique) qui pourraient fortement influencer le dirigeant, d'où l'importance de voir de jeunes personnes au sommet de la hiérarchie. Or, le pourcentage des jeunes (moins de 30 ans) de notre échantillon est faible (16,1%). Il apparaît aussi que 48 répondants, soit 77,4% sont dotés d'un diplôme de l'enseignement supérieur. Quant aux autres répondants, ils sont nantis soit d'un diplôme de l'enseignement secondaire (10 répondants, soit 16,1%) ou d'un diplôme de l'enseignement primaire (3 répondants, soit 4,8%). Néanmoins, nous avons aussi la présence d'un répondant (1,6%) n'ayant aucun diplôme. Le fait de ne posséder aucun diplôme ne signifie pas pour autant que cette personne ne sache pas gérer une entreprise. Sa présence au sein de l'entreprise et parfois même à une fonction importante peut être attribuable, en dehors de la participation au capital de l'entreprise, à l'existence d'une politique de gestion de carrière adéquate. Dans ces conditions, il n'est plus surprenant qu'un Directeur Général affirme avoir débuté sa carrière en tant que commerçant sans formation préalable.

5.2 UN ETAT DES LIEUX DES ACTIVITES DE VEILLE STRATEGIQUE DANS LES ENTREPRISES

5.2.1 UN SYSTEME D'INFORMATION DE GESTION ET UNE VEILLE STRATEGIQUE ENCORE PEU STRUCTURES DANS LES ENTREPRISES AU CAMEROUN

Les résultats du tri à plat nous montrent que 46,8% des répondants reconnaissent avoir un service assigné à la gestion des informations. Ces services sont des cellules informatiques, des services informatiques et des directions de système

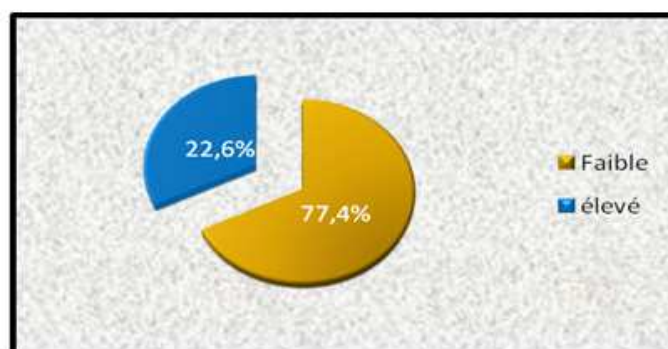
d'information (DSI). Ils ont pour rôle la gestion générale des informations dans l'entreprise. Cependant, au sein de ces services seulement 6,5% ont une cellule de veille stratégique. 14,5% ont des responsables assignés à la gestion des informations. Ces responsables sont appelés des directeurs de système d'information, des directeurs de TIC, des responsables informatiques et des chefs de cellules informatiques. 14,5% des répondants se fixent des objectifs de recherche d'information et adoptent une méthodologie de gestion des informations. Ainsi, malgré le fait que les dirigeants ont la volonté de gérer les informations en créant des départements de système d'information, ils ne disposent pas de cellule spécifique de veille stratégique. Cette situation se justifie par le peu de budget alloué à la gestion des informations dans entreprises (seulement 22,6%). Il faut préciser ici que ce budget est consacré à la gestion générale des informations et pas spécifiquement pour l'activité de veille stratégique. D'après Salles (2003), dans certains pays développés, les grandes entreprises mettent jusqu'à 0,5% de leur chiffre d'affaires pour soutenir l'intelligence. Les entreprises camerounaises sont loin de vouloir consentir une grande part de leur budget à cette pratique. L'aspect formel de la veille apparaît ainsi très peu développé dans les entreprises (faible degré de formalisation).

Pour avoir une idée générale sur la formalisation de la pratique de la veille stratégique dans les entreprises, nous avons effectué une analyse de score. Le score minimum est de 5 et le maximum de 25, avec une moyenne de 15. La moyenne calculée est de 14,03 qui est inférieure à la moyenne théorique. Les résultats indiquent que 77,4% des entreprises au Cameroun ont encore une gestion informelle des informations.

5.2.2 EVALUATION DE L'INTENSITE DE LA PRATIQUE DE VEILLE STRATEGIQUE DANS LES ENTREPRISES

Les résultats du tri à plat indiquent que plus de la majorité des répondants (75,8%) estiment que la proportion des membres des entreprises ayant pour rôle spécifique la collecte des informations est faible. Ces résultats sont identiques pour la proportion des membres assignée à la gestion des informations sur l'environnement externe (61,3% de répondants estiment que cette proportion est très faible). Nous constatons également de répondants qui estiment que la proportion des membres consultant régulièrement les journaux, presses et ceux assignés à la gestion des informations est faible (respectivement 21% et 22,6%). S'agissant de la proportion des membres assistant à des congrès, conférences, réunion de club,..., 46,8% des répondants pensent que cette proportion est élevée. Cependant, nous constatons que 80,6% des répondants pensent que le temps consacré à la recherche des informations de l'environnement est très faible.

Le score minimum sur ces items est de 6 et le maximum de 30, avec une moyenne de 18. La moyenne calculée est de 15,93. Les résultats indiquent que 77,4% des répondants estiment que l'intensité des activités de veille est faible.



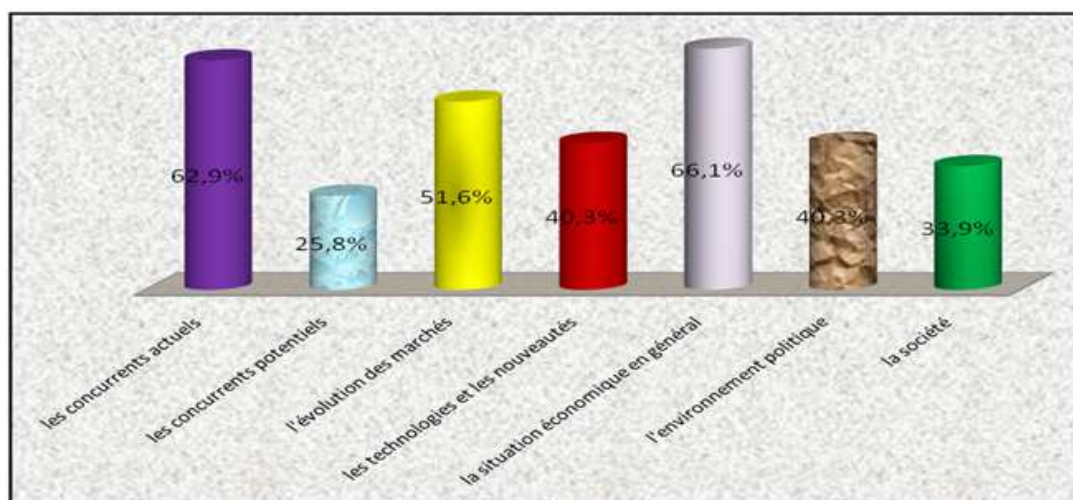
Graphique N°1: Niveau de pratique de veille stratégique dans les entreprises AU cameroun

5.2.3 LA PLACE DES ACTIVITES DE VEILLE STRATEGIQUE DANS LA CULTURE ORGANISATIONNELLE

Les résultats indiquent que 50% des répondants estiment que les activités de recherche et de gestion des informations sont intégrées aux activités de base de l'entreprise et 72,6% reconnaissent qu'elles sont essentielles pour la survie à LT de leur entreprise. Pourtant, 69,4% des répondants soulignent que cette activité s'effectue plus dans l'informel que dans le formel. Les dirigeants accordent une grande importance aux activités de gestion des informations en général, mais les activités de veille stratégique ne sont pas intégrées à la culture organisationnelle.

5.2.4 QUEL EST LE DOMAINE PRIVILEGE DE LA VEILLE STRATEGIQUE DES ENTREPRISES AU CAMEROUN ?

L'étendue de la veille stratégique renseigne sur la couverture des différents secteurs de l'environnement par les dirigeants lors de la recherche d'information. Les secteurs les plus convoités par les entreprises sont le secteur commercial concurrentiel, technologique, environnemental et sociétal. D'après l'analyse descriptive, 62,9% des répondants accordent de l'importance aux informations sur les concurrents actuels contre seulement 25,8% sur les concurrents potentiels. S'agissant des informations sur l'évolution des marchés, 51,6% des répondants trouvent qu'elles sont importantes et seulement 40,3% s'intéressent aux informations sur les technologies et les nouveautés en matière de technique et de processus. La situation économique en générale et l'environnement politique sont aussi capitales pour les entreprises. Cependant, les dirigeants accordent plus d'importance à la situation économique (66,1%) qu'à la situation politique (40,3%) pour la recherche des informations. Le plus faible taux enregistré concerne l'importance accordé aux informations sur la société en général (33,9%). Les dirigeants ne prennent pas en compte l'évolution des sociétés en termes de culture, niveau de vie,... pour mettre en place une stratégie.

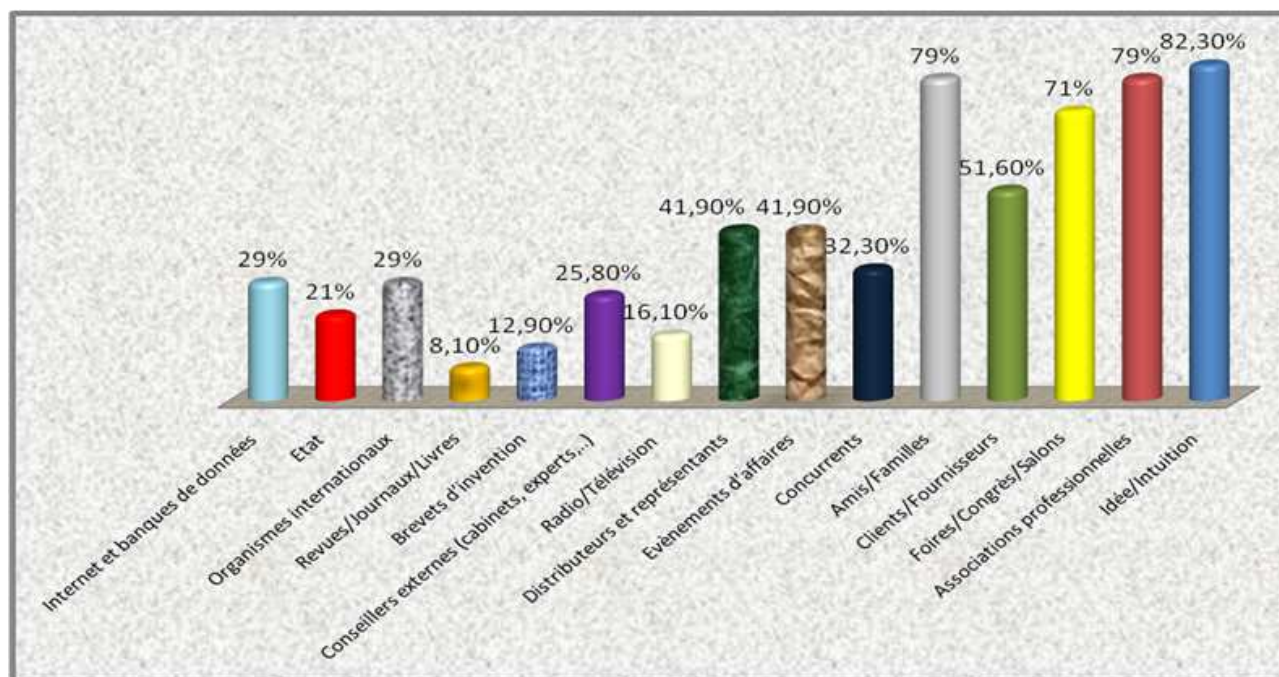


Graphique N° 2 : Les domaines privilégiés de veille stratégique

D'après les résultats, 64,5% des répondants estiment couvrir un grand nombre de secteurs. Ainsi, l'étendue des activités de veille stratégique est moyenne. Les dirigeants s'intéressent plus aux informations sur les concurrents actuels et sur l'environnement économique en général que des informations sur les autres secteurs.

5.2.5 LES SOURCES D'INFORMATION DES ENTREPRISES : SOURCES FORMELLES OU INFORMELLES ?

Les dirigeants utilisent diverses sources d'information pour prendre des décisions. Ces sources peuvent être internes ou externes, informelles ou formelles. La majorité des entreprises utilisent des sources internes qui sont issues soit des différentes fonctions soit des cadres et employés de l'entreprise. Elles sont incontournables pour le dirigeant. La catégorisation des sources en formelle et informelle a été privilégiée dans cette étude. L'analyse descriptive des différentes sources d'information utilisées par les entreprises au Cameroun a été récapitulée dans le graphique ci-dessous.



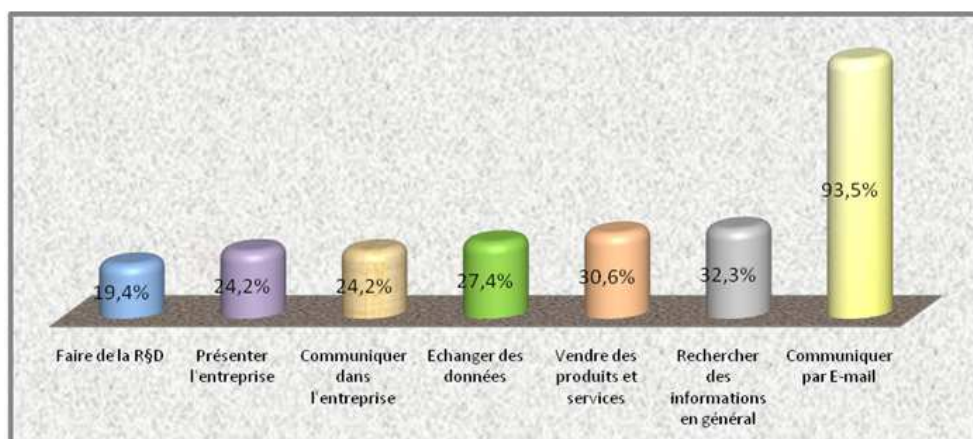
Graphique N° 3 : Sources d'information utilisées par les dirigeants

Nous remarquons que malgré leur diversité, les sources formelles souffrent d'une sous exploitation. La presse écrite et les brevets d'invention enregistrent les pourcentages les moins élevés (respectivement 8,1% et 12,9%). Internet enregistre un fort taux d'audience de 29%. Les sources informelles sont privilégiées par les entreprises de notre échantillon. En effet, les dirigeants préfèrent se tourner vers des amis, la famille (79%), les associations professionnelles (79%) ou alors assister à des foires, salons et congrès (71%) pour avoir des informations sur l'environnement externe. Ces sources informelles sont plus utilisées parce qu'elles sont facilement accessibles par les dirigeants. De plus, certaines sources formelles comme la presse écrite, la radio et la télévision ne donnent pas des informations sur la situation économique du pays. La plupart du temps elles s'attardent plus sur la vie politique et autres distractions.

5.2.6 LES OUTILS DE GESTION DES INFORMATIONS DANS LES ENTREPRISES

Les technologies de l'information et de la communication sont des outils privilégiés pour avoir non seulement accès aux informations externes, mais aussi pour les traiter, stocker et les diffuser au sein de l'entreprise. Les outils standards comme les téléphones, les imprimantes, fax, ... existant dans toutes les entreprises, nous nous sommes uniquement intéressés aux outils pouvant faciliter la pratique de la veille aux entreprises. Il s'agit de l'Internet, Intranet, des bases de données numériques, des bases de données papier et des logiciels spécifiques de gestion des informations de veille.

L'outil Internet jouit d'une bonne représentation dans notre contexte avec 93,5% des entreprises connectées. Contrairement à Internet le réseau Intranet n'est pas encore adopté dans les entreprises. Seules 25,8% disposent de mécanismes de diffusion de données internes. Les logiciels de gestion des informations de veille stratégique et les bases de données numériques ne sont présents que dans 9,7% des entreprises (donc 6 entreprises). Nous avons constaté que ces entreprises étaient de grandes taille et sont pour la plupart de filiales des entreprises étrangères ou ayant de gros actionnaires étrangers. Il faut préciser que 6,5% seulement des entreprises font des rapports écrits sur leur activités de veille. Tous les chefs d'entreprises et les membres de la direction ont accès à Internet. Dans certaines entreprises en plus des membres de la direction seulement quelques responsables peuvent profiter de cet outil (dans 59,7% des entreprises). Nous constatons que les employés ne sont pas trop concernés par ce mouvement technologique car seulement 14,5% des répondants prétendent que leurs employés ont accès à Internet. Internet malgré le gisement important d'information qu'il offre est assez mal exploité dans les entreprises au Cameroun. La figure ci-dessous nous donne une idée sur le rôle assigné à Internet dans les entreprises.

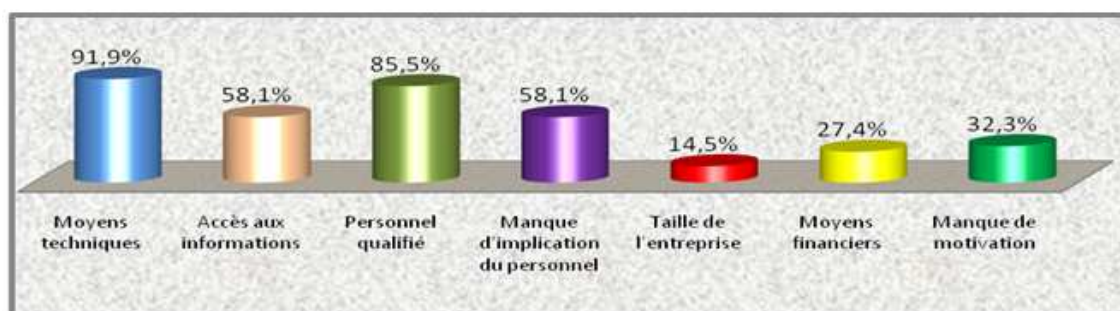


Graphique N° 4 : Rôle de l'Internet dans les entreprises

Les résultats indiquent que 19,4% l'utilisent pour les besoins de recherche et développement et 32,3% pour rechercher des informations en général. Il faut aussi souligner que le E-commerce est un concept encore sous développé dans notre contexte car seulement 24,2% présentent leurs entreprises sur Internet (à l'aide des sites) et 30,6% proposent des produits sur Internet même comme le système de paiement n'est pas encore adéquat. L'exploitation d'Internet est limitée la communication par E-mail (93,5%). Ces communications sont plus à but personnel que dans l'intérêt des entreprises.

5.3 LES DIFFICULTÉS JUSTIFIANT L'ETAT EMBRYONNAIRE DE LA PRATIQUE DE LA VEILLE STRATEGIQUE DANS LES ENTREPRISES AU CAMEROUN

Les difficultés liées à la pratique de la veille stratégique peuvent être liées à l'entreprise elle-même, de sources externes à l'entreprise, peuvent être aussi dû aux dirigeants ou aux employés. D'après la figure ci-dessous, nous constatons que plus de la majorité des répondants (91,9%) soulignent qu'ils ne disposent pas de moyens techniques (outils, logiciels,...) pour surveiller et traiter les informations de veille et 58,1% évoquent les difficultés d'accès aux informations dans l'environnement externe. En plus des moyens techniques et de l'environnement, les dirigeants vont évoquer les difficultés liées aux personnels employés. 85,5% des répondants pensent qu'ils n'ont pas de personnel qualifié, 58,5% citent comme frein le manque d'implication du personnel et 32,3% estiment que leurs employés ne sont pas motivés. Il faut cependant remarquer que plus de la moitié des répondants considèrent que la taille de l'entreprise et les moyens financiers ne sont pas un handicap pour la pratique de la veille dans les entreprises (respectivement 85,5% et 72,6%).



Graphique N° 5 : Les difficultés rencontrées par les dirigeants pour pratiquer la veille

Nous pouvons déduire que les dirigeants sont conscients de l'importance de la pratique de la veille car la majorité estime que les problèmes financiers et la taille de l'entreprise ne sont pas des obstacles. Le réel problème est que les dirigeants ne disposent pas d'outils et de personnel qualifié et motivé pour collecter, traiter, stocker et diffuser les informations issues de l'environnement externe.

6 CONCLUSION

Cet article s'inscrit dans la thématique des défis de gestion liés à la mondialisation des marchés et aux évolutions technologiques. Nous sommes partis d'un constat général selon lequel les entreprises au Cameroun ont des difficultés non seulement à s'arrimer à la société de l'information mais aussi à maîtriser les connaissances concernant leur environnement externe. Cette situation explique les multiples mauvaises décisions stratégiques constamment prises par les dirigeants susceptibles de nuire à la performance de leur entreprise. L'analyse des caractéristiques de la pratique de la veille stratégique dans les entreprises met en relief l'existence d'une pratique de veille stratégique informelle, embryonnaire et surtout discontinuée. Notre recherche est une première au Cameroun. Elle vise donc à contribuer à l'avancement des connaissances théoriques sur les activités de veille stratégique pratiquées au sein des entreprises au Cameroun. C'est une contribution à la diffusion d'une culture de l'information, indispensable aux managers. A travers nos résultats, nous pouvons ainsi donner des recommandations non seulement aux dirigeants mais aussi aux pouvoirs publics. Les dirigeants doivent sensibiliser les autres membres de l'entreprise et instaurer une culture de la veille stratégique à travers une méthodologie fondée sur les réseaux humains. Les dirigeants doivent améliorer le degré de formalisation de leurs systèmes d'information en créant des cellules spécifiques de veille stratégique. De plus, nous pouvons aller dans le même sens que Guechtouli (2009) pour recommander aux dirigeants qu'à côté de leur veille informelle, ils peuvent greffer une cellule formelle et faire cohabiter les deux systèmes. Ils doivent utiliser des outils adaptés à notre contexte comme le rapport d'étonnement qui consiste à s'étonner et à consigner les impressions dans un registre spécial en scrutant l'environnement. Ce rapport permettra aux membres de l'entreprise de se sentir plus impliqués, co-responsables et davantage concernés par la veille stratégique. Cet outil pourra remédier aux problèmes d'implication et de motivation du personnel. Les entreprises peuvent se constituer aussi en réseaux (veille réseau) pour unir leur force et se coordonner pour mieux faire face à la concurrence étrangère. Les pouvoirs publics doivent prendre conscience que la veille stratégique n'est pas seulement une affaire de l'occident mais également de l'Afrique. Nos résultats pourront contribuer à booster les autorités à la création effective d'une cellule de veille stratégique et d'intelligence économique qui comme un radar aura pour rôle de mobiliser des informations stratégiques accessibles à tous les acteurs économiques. L'Etat peut créer une banque de données fiables et interactives pour limiter la rétention des informations par les dirigeants et favoriser la culture du partage. Dans la logique de la professionnalisation des formations, les universités peuvent aussi intégrer des formations spécialisées en veille stratégique et intelligence économique comme dans d'autres pays africains (Sénégal et Afrique du Sud). De plus, les pouvoirs publics devraient créer une Association Camerounaise d'Intelligence Economique (ACIE) à l'instar de la France (AFDIE : Association Française pour le Développement de l'Intelligence Economique), du Maroc (AMIE : Association Marocaine de l'Intelligence Economique) et la Tunisie (ATIE : Association Tunisienne de l'Intelligence Economique).

REFERENCES

- [1] F.J. Aguilar, *Scanning the business environment*, Mac Millan, Wiley, 239 p., 1967.
- [2] J. Audet, La veille stratégique chez les PME québécoises : une étude de cas par comparaisons inter-sites, Thèse de Doctorat, Université Laval, Sainte-Foy, Québec, 1998.
- [3] P. Baumard, *Stratégie et surveillance des environnements concurrentiels*, Paris, Masson, 1991.
- [4] I. Boulifa Tamboura, *Identification des facteurs critiques de succès pour la mise en place d'un dispositif de veille stratégique*, Thèse de Doctorat en Sciences de Gestion, Université de Tunis, Institut Supérieur de Gestion, 2008.
- [5] A. Diallo et F. Bulinge, « Réflexion préalable à une recherche sur le développement de l'intelligence économique en Afrique sub-saharienne », *Actes du Colloque Intelligence Economique et compétition internationale*, Paris-La Défense – 16 novembre 2006.
- [6] L. Fahey et W.R. King, "Environmental scanning for corporate planning", *Business Horizons*, Aug, pp.61-71, 1977.
- [7] F. Fourati, Veille stratégique : de l'évaluation de l'utilisation des agents intelligents à la prise de décision, Thèse de Doctorat, Université de Paris Dauphine, Soutenue le 22 Novembre 2006.
- [8] I. Isaac, « Utilisation d'internet pour la veille stratégique : facteur déterminant des pratiques françaises », *AIMS*, Grenoble, Mai, 2003.
- [9] M. F. R. Kets de Vries, *Combat contre l'irrationalité des managers*, Edition d'Organisation, pp. 51- 83, 2002.
- [10] S. Kriaa-Medhaffer, Veille anticipative stratégique, problématique de l'animation, proposition et expérimentations des connaissances actionnables situées, Cas des entreprises tunisiennes, Thèse de Doctorat en Sciences de Gestion, 14 Novembre 2006, Université Pierre Mendès, France-Grenoble 2, 2006.
- [11] H. Lesca, « Veille stratégique pour le management stratégique : état de la question et axes de recherche », *Economie et Sociétés*, vol 5, n°20, pp.31-50, 1994.

- [12] H. Lesca, *Veille stratégique, la méthode L.E.SAning*, Ed EMS, Management et Société, 190 P, 2003.
- [13] H. Lesca et M. Chokron, « Intelligence d'entreprise : retours d'expériences », *AIMS*, Montpellier, Juin, 2000.
- [14] H. Lesca, U. Kjellstrom et S. Olemyr, « La veille stratégique dans les entreprises suédoises : une étude exploratoire », *Série de Recherche CERAC*, pp.95-110, 1995.
- [15] B. Martinet et J-M. Ribault, *La veille technologique, concurrentielle et commerciale*, Les Editions d'Organisation, 300 p, 1988.
- [16] D. Michel, « Comment s'informer sur ses concurrents », *L'Entreprise*, n°72, 1991.
- [17] O. Ouattara, *La veille technologique, adaptation aux pays africains : information, environnement, moyens, culture*, Thèse de Doctorat, Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix, Marseille III, 1997.
- [18] E. Pateyron, " Veille stratégique ", *Encyclopédie de Gestion*, sous la Direction de Yves SIMON et de Patrick JOFFRE, Economica, 2ème Edition, 1997, pp.3464-3475, 1997.
- [19] M. Perroud, « Veille stratégique, gardez un coup d'avance », *Chef d'Entreprise*, N°88, PP.33-40, Mai 2014.
- [20] M.E. Porter, *L'avantage concurrentiel*, Paris, Inter Edition, 1986.
- [21] O.O. Sawyerr, "Environmental uncertainty and environmental scanning activities of Nigerian manufacturing executives: a comparative analysis", *Strategic Management Journal*, vol.14, pp. 287-299, 1993.
- [22] A.N. Sone Mbassi, « TIC, changements organisationnels et productivité des entreprises manufacturières », *Revue Camerounaise de Management*, n°23, Janvier-Juin, Douala, 2012.
- [23] T. Soyah et W. Magroun, « Influence du contexte culturel tunisien sur l'orientation des systèmes d'information des banques tunisiennes », *Colloque CIDEGEF, « Le management face à l'environnement socioculturel »*, 28-29 octobre 2004.

Etude comparative des performances de croissance et de taux de survie des larves des deux espèces du genre *Clarias* (*C. gariepinus* et *C. ngamensis*) au jardin zoologique de Lubumbashi, RD Congo

[Comparative study of the performances of growth and rate of survival of the larvae of the two species of the genus *Clarias* (*C. gariepinus* and *C. ngamensis*) at the zoological garden of Lubumbashi, DR Congo]

Mfwana Inabanza David¹, Kasongo Tengwa Germain², Ntende Mwenze Benjamin², Katemo Manda Bauchet¹, and Chocha Manda Auguste¹

¹Unité de recherche en Biodiversité et Exploitation durable des Zones Humides(BEZHU), Facultés des Sciences Agronomiques, Université de Lubumbashi, Haut- Katanga, RD Congo

²Faculté des sciences Agronomiques, Université de Kamina (UNIKAM), Haut- Lomami, 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: Improvement of the agricultural production as well vegetable as animal remains the single solution to fight against malnutrition. This study was initiated in the objective to evaluate the performances of growth between *Clarias gariepinus* and *Clarias ngamensis* and their hybrids. The test was carried out during seven days to the zoological garden of Lubumbashi. The eggs of the females of each species were mixed then separate in 2 batches of which one is fertilized by the two males of the same species and the other by the two males of the other species. After fecundation, the eggs were incubated in 9 plastic basins in completely randomized device: 3 for *C. gariepinus*, 3 for *C. ngamensis* and 3 for the hybrids with 3 repetitions. At the resorption (three days post blossoming), the larvae were divided into 9 batches of the 120 larvae each one. The results obtained show that *C. ngamensis* presents a weaker performance on all the parameters evaluated except for the relationship between the weight of the laying and the live weight of parent. While *C. gariepinus* and the hybrids presented performances very high this last specie would be advisable to the farmers of Lubumbashi to improve their production.

KEYWORDS: *Clarias gariepinus*, *Clarias ngamensis*, hybridization, larvae, parent, Lubumbashi.

RESUME: L'amélioration de la production agricole tant végétale qu'animale reste l'unique solution pour lutter contre la malnutrition. Cette étude a été initiée dans l'objectif d'évaluer les performances de croissance des *Clarias gariepinus* et *Clarias ngamensis* et celles de leurs hybrides. L'essai a été conduit durant sept jours au jardin zoologique de Lubumbashi. Les œufs des femelles de chacune de ces deux espèces ont été mélangés puis séparés en 2 lots dont l'un est fécondé par les deux mâles de même espèce et l'autre par les deux mâles de l'autre espèce. Après fécondation, les œufs ont été incubés dans 9 bassines en plastique suivant un dispositif complètement randomisé : 3 pour les *C. gariepinus*, 3 pour les *C. ngamensis* et 3 pour les hybrides avec 3 répétitions. A la résorption (trois jours post éclosion), les larves ont été réparties en 9 lots des 120 larves chacun. Les résultats obtenus montrent que le *C. ngamensis* présente une plus faible performance sur tous les paramètres évalués à l'exception du rapport entre le poids de la ponte et le poids vifs de géniteur. Tandis que le *C. gariepinus* et les hybrides ont présenté des performances très élevées. Cette dernière espèce serait recommandable aux fermiers de Lubumbashi en vue de l'amélioration de leur production.

MOTS-CLEFS: *Clarias gariepinus*, *Clarias ngamensis*, hybridation, larves, géniteur, Lubumbashi

1 INTRODUCTION

Parmi les 32 espèces du genre *clarias* représentées en Afrique, le *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) revêt une grande importance commerciale en pêche et aquaculture tant sur le continent africain que le reste du monde. Son expansion est due à ses attributs biologiques qui incluent une vitesse de croissance plus rapide, une résistance aux maladies et une possibilité de stockage à densité élevée [1]. D'après les auteurs [2], sur le plan aquacole, le *C. gariepinus* est l'espèce la plus élevée à cause de sa grande capacité de tolérance des eaux, sa croissance rapide et son prix élevé sur le marché, son alimentation constituée des résidus ménagers, ainsi que de tout aliment disponible incluant les planctons, les larves d'insectes, les vers de terre et les détritux.

Comme le croisement interspécifique des poissons peut mener aux hybrides avec les caractéristiques valables pour la culture (stérilité, population monosexue, effet hétérosis pour la résistance aux maladies ou taux de croissance élevé ...), plusieurs essais d'hybridation interspécifiques ont été menés en Asie : *C. macrocephalus* et *C. batrachus*, *C. batrachus* ou *C. sutshi* x *Pangasius macrocephalus* et *C. batrachus* x *Heteropneustes fossilis*. Par ailleurs, les espèces très proches comme *C. anguillaris* ou le *C. macrocephalus* sont aussi cultivées à une grande échelle en Asie. Par contre, malgré la richesse de sa diversité en *clarias*, l'aquaculture africaine n'utilise jusqu'alors que l'espèce *C. gariepinus* et ses hybrides avec *Heterobranchus longifilis*.

En effet, le *C. gariepinus* est très apprécié dans les grandes villes d'Afrique où son prix est fort élevé dans les marchés des villes comme Kinshasa (2 à 3 €/kg), Cotonou (2 €/kg) ou Lomé (2,5 €/kg) [3]. Les études réalisées par [4] au Nigéria, [5] au Congo Brazzaville, [6] au Bénin et [7] en Turquie, rapportent que le *Clarias* est très apprécié par les consommateurs locaux surtout pour sa chair prisée et sans arêtes qui est consommée soit fraîche soit fumée.

Cependant, malgré cette préférence des consommateurs africains, pour cette espèce, son élevage reste encore à petite échelle et n'arrive pas à combler le besoin de la population de la ville de Lubumbashi, car cette espèce est exposée à plusieurs contraintes dont l'absence des centres de production massive de juvéniles constitue la cause majeure.

En outre, aucune étude n'a jusque-là été menée sur l'hybridation de *C. gariepinus* avec d'autres espèces proches notamment le *C. ngamensis* qui lui est très apparenté en ce qui concerne la couleur, la taille, le caractère de reproduction, l'alimentation et la morphologie.

L'objectif de cette étude est de comparer les performances de croissance et le taux de survie des larves de ces deux espèces du genre *Clarias* (*C. gariepinus* et *C. ngamensis*) élevées au jardin zoologique de Lubumbashi et de leurs hybrides. En effet, l'hybridation de *C. gariepinus* et *C. batrachus* et celle de *C. gariepinus* et *Heterobranchus longifilis* ont donné des hybrides à haute performance de croissance [8]. L'hybridation du *C. gariepinus* avec le *C. ngamensis* permettra de mettre à la disposition des fermiers de Lubumbashi une souche à haute performance.

2 MILIEU, MATERIEL ET METHODES

2.1 MILIEU

Cette étude a été conduite dans le site piscicole du jardin zoologique de Lubumbashi (27°28'19,9" E, 11°40'5,2" S et sur une altitude de 1212 m), à environ 2 km du centre-ville de Lubumbashi (RDC). La région de Lubumbashi et ses environs sont caractérisés par une température moyenne annuelle de 20 °C. Son régime pluviométrique est caractérisé par une saison des pluies (Novembre à Avril), une saison sèche (mai à septembre) et deux mois de transition (octobre et avril).[9]

Le site piscicole du jardin zoologique de Lubumbashi est alimenté par la rivière Lubumbashi par le biais d'un canal de dérivation qui traverse le zoo dont les caractéristiques physico-chimiques sont reprises dans le tableau 1. [10]

Tableau 1. Paramètres physico-chimiques de l'eau du canal de dérivation pendant l'expérimentation

paramètres	valeur (moyenne ± écart type)
Oxygène (mg/l)	8,82 ± 0,23
Température (°C)	22 ± 0,73
Conductivité (µS/cm)	394 ± 26
pH	7,5 ± 0,5

2.2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les poissons provenant des milieux sauvages et ayant été élevés au jardin Zoologique de Lubumbashi dont l'âge approximatif était de 24 mois ont été utilisés pour cette expérimentation. Pendant la période pré-expérimentale les poissons ont été nourris avec un aliment à base de la farine des poissons contenant une teneur en protéines brutes supérieure à 40% dans le but d'améliorer la qualité de la ponte, des gamètes et des larves issues de ces géniteurs [11], [12].

L'aliment était cuit pour être ramolli et faciliter sa digestion par les poissons puis présenté sous-forme pâteux à la fréquence de 3 repas par jour.

Un échantillonnage des huit géniteurs a été effectué soit quatre poissons dont deux mâles et deux femelles (tableau 2) par espèce sur base des critères externes détaillés ci-dessous :

- O Il convient de signaler tout d'abord que la différenciation des espèces était faite suivant la recommandation de [13] , affirmant que la distance entre la nageoire caudale et dorsale doit varier entre 5,9 et 12,5% par rapport à la longueur standard, cette distance constitue le caractère spécifique de *C. ngamensis*. Chez le *C. gariepinus*, cet espace représente moins de 4% de la longueur standard.
- O Au sein de chaque espèce, les géniteurs étaient sélectionnés suivant les recommandations de [14] et [15] qui stipulent que les femelles devant servir à la reproduction artificielle doivent avoir un abdomen flasque, bien dilaté, une émission de quelques ovocytes après une légère pression sur l'abdomen et une papille génitale protubérante. Alors que les mâles doivent disposer d'une bonne corpulence tout simplement.

Tableau 2. Valeurs moyennes de différentes mensurations prises sur les femelles

Traitement	Poids (g)	Longueur total (cm)	Longueur standard (cm)
<i>C. ngamensis</i>	1138,50 ± 188,50	55,77 ± 2,75	49,75 ± 3,25
<i>C. gariepinus</i>	1023,50 ± 113,50	51,75 ± 2,25	47,50 ± 2,50

Les méthodes décrites par [12], [14] et [15] ont permis de réaliser la reproduction artificielle. Il faut noter tout de même qu'après le stripping, toute la ponte était pesée pour déterminer le rapport entre les poids des ovules et le poids vif de la femelle.

Pour réduire les effets individuels des géniteurs, les œufs des femelles de chaque espèce ont été mélangés puis séparés en 2 lots dont l'un est fécondé par les deux mâles de même espèce et l'autre pour les deux mâles de l'autre espèce. Après fécondation, les œufs ont été incubés dans 9 bassines (12 litres de capacité chacune) en plastique en dispositif complètement randomisé : 3 pour les *C. gariepinus*, 3 pour les *C. ngamensis* et 3 pour les hybrides.

A la résorption (trois jours post éclosion), les larves ont été réparties en 9 lots des 120 larves chacun. En effet, l'expérimentation était conduite en triplicata, c'est-à-dire 3 traitements (*C. gariepinus*, *C. ngamensis* et hybride) avec 3 répétitions chacun.

Le régime mixte zooplancton + la poudre de lait a été utilisé comme aliment des larves pendant 7 jours. Les zooplanctons étaient pêchés dans les étangs à l'aide d'un filet de 150 μ m de maille, puis servis à une fréquence de six repas par jour.

Le tableau 3 reprend la composition bromatologique des planctons [16] et la poudre de lait kerry gold utilisés.

Tableau 3. Composition bromatologique des différents groupes de plancton et de la poudre de lait Kerrygold

Plancton	Matière sèche (%)	Protéine brute (%)	Lipide brut (%)	Cendre (%)	Energie brute (kg/g)
<i>Rotifère</i>	11,2	64,3	20,3	6,2	20,3
<i>Cladocère</i>	9,2	56,3	19,3	7,7	20,1
<i>Copépode</i>	10,3	52,3	26,4	7,1	28,8
<i>Kerrygold</i>	-	26,4	28,0	2,33	21,20

Au cours de l'expérimentation les paramètres suivants ont été mesurés : le poids moyen initial qui est le poids des larves à leur mise en charge dans les bassines ; la taille initiale ; la taille finale et poids final des larves récoltée à la fin de

l'expérimentation. Cependant le Gain de poids journalier (GPJ) ; le Taux de croissance spécifique (SGR) (%J⁻¹) et le taux de survie (TS) ont été déterminés respectivement par les formules suivantes :

$$(1) \quad GPJ = \frac{\text{poids moyen final (mg)} - \text{poids moyen initial (mg)}}{\text{durée d'élevage(jour)}}$$

$$(2) \quad SGR = \frac{\text{Ln poids moyen final (mg)} - \text{Ln poids initial (mg)}}{\text{Durée d'élevage(jour)}}$$

$$(3) \quad TS : \frac{\text{Nombre des larves récoltées}}{\text{nombre de larves empoissonnées}} \times 100$$

2.2.1 LE TRAITEMENT STATISTIQUE

Le traitement des données récoltées a été réalisé grâce au logiciel Statistica 7.1. L'analyse de la variance (ANOVA) à un facteur contrôlé a été utilisée pour la comparaison des moyennes des traitements. En cas des différences significatives entre moyenne des traitements, un test a posteriori (le test de la plus petite différence : LSD test) était effectué pour identifier les traitements significativement différents au seuil de confiance de 1% ou 5%.

3 RESULTATS

3.1 RAPPORT ENTRE LE POIDS DES OVULES SUR LE POIDS VIFS DES FEMELLES

La comparaison de ce rapport entre les géniteurs d'espèce *Clarias gariepinus* et *Clarias ngamensis* n'a pas révélé des différences significative au seuil de confiance de 5% (tableau 4).

Tableau 4. Le rapport (%) entre le poids des ovules et le poids vifs des femelles utilisées dans l'expérimentation

Traitement	Valeurs (moyenne ± écart-type)
<i>C. ngamensis</i>	15,54 ± 0,76 a
<i>C. gariepinus</i>	15,84 ± 3,66 a

3.2 POIDS MOYENS FINAL DES LARVES

A la résorption, les larves avaient un poids moyen de 2,55mg. Après 7 jours d'élevage, les résultats obtenus (Tableau 5) montrent des différences significatives (p<0,05) entre d'une part les larves de *C. ngamensis* et celles de *C. gariepinus* et des hybrides d'autre part.

Tableau 5. Poids moyens à la fin de l'expérimentation (mg). Les différentes lettres indiquent des différences significatives et les mêmes lettres, les différences non significatives après comparaison des moyennes au seuil de confiance de 5%.

Traitement	Valeur (moyenne ± écart type)
<i>C. gariepinus</i>	13,18 ± 2,79 b
<i>C. ngamensis</i>	6,17 ± 1,94 a
Hybrides	15,83 ± 0,93 b

L'analyse minutieuse des résultats du tableau 4 indique que les larves de *C. gariepinus* et les hybrides présentent une croissance deux fois plus élevée que celle présentée par les larves de *C. ngamensis*.

Le calcul du gain de poids journalier (Tableau 6) et du taux de croissance spécifique (Tableau 7) confirme la mauvaise performance du *C. ngamensis* par rapport au *C. gariepinus* et des hybrides.

Tableau 6. Gain de poids journalier à la fin de l'expérimentation (GPI). Les différentes lettres indiquent des différences significatives et les mêmes lettres, les différences non significatives après comparaison des moyennes au seuil de confiance de 5%

Traitement	Valeur (mg/jr)
<i>C. ngamensis</i>	0,52 a
<i>C. gariepinus</i>	1,52 b
Hybrides	1,55 b

Le tableau 6 révèle que le gain de poids journalier de l'espèce *Clarias ngamensis* est le tiers de ceux des autres traitements.

Tableau 7. Taux de croissance (SGR). Les différentes lettres indiquent des différences significatives et les mêmes lettres, les différences non significatives après comparaison des moyennes au seuil de confiance de 5%

Traitement	SGR (%/J)
<i>C. gariepinus</i>	21,30 b
<i>C. ngamensis</i>	12,60 a
Hybrides	24,54 b

3.3 TAILLE MOYENNE FINALE

Au début de cette expérimentation, la taille initiale moyenne était de 5,63 mm. Après 7 jours d'expérimentation, la comparaison des tailles moyennes montre qu'il y a des différences significatives entre les différentes espèces (tableau 8)

Tableau 8. Taille finale à la fin de l'expérimentation (mm). Les différentes lettres indiquent des différences significatives et les mêmes lettres, les différences non significatives après comparaison des moyennes au seuil de confiance de 5%

Traitement	Moyenne $\pm$ écart-type
<i>C. gariepinus</i>	12,17 $\pm$ 0,41 b
<i>C. ngamensis</i>	9,42 $\pm$ 1,11 a
Hybrides	12,33 $\pm$ 0,52 b

3.4 TAUX DE SURVIE (TS)

Les résultats du taux de survie des larves montrent des différences significatives tels que présentés dans le tableau 9 sur deux espèces de *Clarias* (*C. gariepinus* et *C. ngamensis*). Toutefois l'analyse de la variance (ANOVA) montre également un taux de survie similaire pour *C. gariepinus* et pour les hybrides soit respectivement 55,83% et 55,56%.

Tableau 9. Taux de survie des larves à la fin de l'expérimentation. Les différentes lettres indiquent des différences significatives et les mêmes lettres, les différences non significatives après comparaison des moyennes au seuil de confiance de 5%

Traitement	Moyenne $\pm$ écart-type
<i>C. gariepinus</i>	55,83 $\pm$ 2,89 b
<i>C. ngamensis</i>	4,17 $\pm$ 0,84 a
Hybrides	55,56 $\pm$ 9,30 b

4 DISCUSSION

4.1 RAPPORT ENTRE LE POIDS DES OVULES SUR LE POIDS VIFS DES FEMELLES

La comparaison du rapport entre le poids des ovules produits par les différentes femelles de ces deux espèces n'a pas montré des différences significatives. Ceci s'expliquerait par la similitude des poids et taille des géniteurs (tableau 2). Cependant les chiffres obtenus sont dans la fourchette proposée par les auteurs [12], [14] et [15] qui varie entre 15 et 20%.

[2] et [16] signalent que les performances de reproduction augmentent avec la taille et le poids des géniteurs.

4.2 POIDS MOYEN FINAL DES LARVES

Les résultats obtenus sur le poids moyen final des larves n'ont pas révélé des différences significatives ($p < 0,05$) entre les hybrides et le *C. gariepinus* mais on note une différence entre le *C. ngamensis* et les autres traitements.

Pour ce qui concerne les performances de croissance élevées des hybrides, elles peuvent être attribuées à l'effet hétérosis car plusieurs études réalisées sur l'hybridation intra et interspécifique de *Clarias* [2], [17] indiquent que les performances élevées des hybrides ne peuvent être dues qu'à l'effet hétérosis.

Cependant, pour les traitements purs (*C. gariepinus* et *C. ngamensis*), le résultat corrobore avec celui trouvé par [18] qui stipule qu'à l'âge adulte, le *C. gariepinus* atteint 60 kg de poids vifs alors que le *C. ngamensis* atteint seulement 4kg. Ceci revient à dire que pour une même période d'élevage le *C. gariepinus* atteint un poids supérieur à celui de *C. ngamensis*.

Dans la littérature, aucune étude sur la comparaison de la croissance entre ces deux espèces n'a déjà été faite. Cependant, les résultats obtenus montrent que le gain de poids journalier du *C. gariepinus* représente le triple de celui du *C. ngamensis*. Ce qui revient à dire qu'il faut trois fois plus de temps au *C. ngamensis* pour atteindre le poids du *C. gariepinus*.

4.3 TAILLE MOYENNE FINALE

La taille moyenne à la fin de l'expérimentation ne diffère pas pour le *C. gariepinus* et les hybrides. Par contre le *C. ngamensis* a présenté une faible performance par rapport aux autres traitements.

Concernant le gain de taille journalier, il est meilleure pour les hybrides suivis de *C. gariepinus* et enfin le *C. ngamensis* avec respectivement 0,95 mm/j ; 0,93 mm/j et 0,54mm/j. Ces résultats sont conformes à ceux obtenus pour le poids et les mêmes raisons les expliquent.

Les valeurs trouvées par plusieurs auteurs sont divergentes selon le type d'aliment utilisé ; car [4] ont trouvé une croissance moyenne journalière de 0,38 mm pour le Zooplancton vivant, 0,36 mm pour le Zooplancton séché et 0,29 mm pour le Zooplancton congelé. [19] ont trouvé une croissance très élevée de l'ordre de 1,55 mm/jour en utilisant la nauplii d'artémia vivant. Toutefois, dans cette étude les larves ont présenté le triple de la croissance journalière des larves dans [4]. Cette différence s'expliquerait par la fréquence de distribution et la composition d'aliment utilisé (car ces auteurs distribuaient l'aliment 2 fois/jours soit à 9 – 10 h et 15-16h au lieu de 6 fois/jour utilisée dans cette étude).

En effet, beaucoup d'auteurs notamment [20] et [21] s'accordent pour l'utilisation simultanée de l'aliment sec et des proies vivantes qui donne des résultats meilleurs surtout sur le taux de survie.

4.4 TAUX DE SURVIE

Comme pour les autres paramètres, le *C. ngamensis* présente les valeurs faibles par rapport aux autres traitements. Ce qui dénote une faible rusticité de larves du *C. ngamensis* par rapport au *C. gariepinus* et les hybrides.

Par ailleurs, les lots de *C. ngamensis* étaient plus hétérogènes que les autres lots. Le rapport entre l'écart-type de la taille et le taux de survie montre que les larves qui ont un grand écart-type présentent un faible taux de survie. Cette différence de taux de survie pourrait être due au cannibalisme car plusieurs auteurs signalent que le facteur le plus important qui influence le cannibalisme est l'hétérogénéité de la taille [12] et [22].

5 CONCLUSION

Ce travail s'inscrivait dans l'optique d'évaluer les performances de croissance entre le *C. gariepinus* et le *C. ngamensis* et leurs hybrides. Les résultats obtenus ont montré que le *C. ngamensis* a présenté une plus faible performance sur tous les paramètres observés à l'exception du rapport entre le poids de la ponte et le poids vifs de géniteur. Des performances similaires ont été obtenues sur le *clarias gariepinus* et les hybrides. Pour le développement de l'élevage de *clarias* à Lubumbashi, le recours à l'espèce *Clarias gariepinus* serait recommandable (en culture pure). Toutefois, l'hybridation avec le *C. ngamensis* offre des avantages certains car cela permettra de combiner la haute performance de *C. gariepinus* et la précocité ainsi que le bon goût de *C. ngamensis*.

REFERENCES

- [1] B. Więcaszek, S. Krzykowski, A. Antoszek, J. Kosik, P. Serwotka, "morphometric characteristics of the juvenile north african catfish *Clarias gariepinus* (burchell, 1822) from the heated water aquaculture", *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities* (EJPAU), Volume 13, Issue 2, 2010.
- [2] M. Legendre, G.G. Teugeuls, C. Cauty et B. Jalabert, "A comparative study on morphology, growth rate and reproduction of *Clarias gariepinus* (Burchell 1822), *Heterobranchus longifilis* valenciennes 1840 and their reciprocal hybrids (pisces:clariidae)", *Journal of Fish Biology* 40, 59-79, 1992.
- [3] C. Ducarme, et J.C. Micha, "Technique de production intensive du poisson chat africain, *Clarias gariepinus*", *Tropicultura*, 21(4) : 189-198, 2003.
- [4] E.I. Amali, et S.G. Solomon, "Growth and survival of first feeding larval of *clarias gariepinus* fed live and preserved zooplankton", *journal of aquatic sciences* 16:29-32, 2001.
- [5] E. Kali-Tchikati, "Elevage de *clarias gariepinus* au Congo, Aménagement des écosystèmes agro-piscicoles d'eau douce en milieu tropical", *séminaire*, 419-433, 1995.
- [6] A. Zoclanclounon, "Essai de mise au point d'un aliment sec pour l'élevage larvaire du *Clarias gariepinus* (Bur 1822)", *DIT, 9^{ème} promotion, Université d'Abomey-calage* pp1-24, 2003.
- [7] S. Yalçin, K. Solak, J. Akyurt, "certain reproductive characteristics of the catfish (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) Living in River Asi", *Turkey*, 2001,
- [8] M. A. Adewolu, O. Adetola, et A. Yumusa, "Studies on growth Performance and Feed Utilization of two clariid catfish and their Hybrid Reared Under different culture systems", 2008.
- [9] L.K. Nyembo, S.Y. Useni, M.M. Mpundu, M.D. Bugeme, L.E. Kasongo et L.L. Baboy, "Effets des apports des doses variées de fertilisants inorganiques (NPKS et Urée) sur le rendement et la rentabilité économique de nouvelles variétés de *Zea mays* L. à Lubumbashi, Sud-est de la RD Congo", *Journal of Applied Biosciences*, vol 59, pp. 4286– 4296, 2012.
- [10] G. C. Lutz, "Genetic Improvement in the African sharptooth catfish status and potential", *Aquaculture Magazine*, September/October: 47-50., 2005.
- [11] J.A. L. Janssens, "Elevage du poisson chat africain *Clarias lazera* (int et ai 1840) en République Centre Africain : Alevinage en éclosérie", FAO, Rome, Document Technique n° 21, 52 P, 1985.
- [12] G.G. Teugels, *A systematic revision of the African species of the Genus Clarias (Pisces: clariidae)*, 2006. wet. Annsci, zool, KMMA 247, 1986.
- [13] W.J.A.R. Viveen, C.J.J. Richter, P.G.W. Oordet, J.A.L. Jansseens, E.A. Huisman, *Manuel Pratique de Pisciculture du poisson chat africain (Clarias gariepinus)*; La Haye, 198 p, 1985.
- [14] G.J. De Graaf, et H. Janssen, *Artificial reproduction and pond rearing of the African catfish Clarias gariepinus in sub-saharan Africa*. A hand book, FAO Fisheries Technical paper. 362: 109 p, 1996.
- [15] V. Pouomogne, "Comparaison de son de riz et du tourteau d'arachide pour la croissance des juvéniles du poisson-chat africain *Clarias gariepinus*", *Aquat. Living Resourc.*, 1995, 48-406, 1995.
- [16] D. O. Odedeyi, "Survive and growth of hybrid (female *Clarias gariepinus* (B) and male *Heterobranchus longifilis* (Val.) fingerlings: Effect of bloodstocks sizes". *American Eurasian journal of scientific. Research* 2 (1) 19-23, 2007.
- [17] F.O. Nwadukwe, "Early growth and survival of *Clarias gariepinus* (Burchell), *Heterobranchus longifilis* (Val) (Pisces: Calriidae) and their F₁ hybrids in ponds", *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*. 29 (2) 177-182, 1995.
- [18] G. Oddsson, "Planning for successful aquaculture in Southern Africa", Development and management Windhoek, Namibia 21-24, 2006.
- [19] G.M.J. Van Snik, J.G.M. Van der Boogaart, et J.W.M. Osse. "Larval growth patterns in *Cyprinus carpio* and *Clarias gariepinus* with attention to the finfold", *Journal of fish biology* 50: 1339-1352, 1997.
- [20] A. Awais, et P. Kestemont, "Feeding sequences (Rotifers and dry died), survival, growth and biochemical composition of African cat fish, *Clarias gariepinus* and *Heterobranchus longifilis* male X *Clarias gariepinus* female hybrid", *Aquaculture research*, 29 : 731-741, 1998.
- [21] T. Hetch, W. Uys, et P.I. Brit, "The culture of Sharp tooth catfish, *Clarias gariepinus* in southern Africa", *South African National Scientific Programs Rep.* 153. 133p, 1988.
- [22] J.F. Prinsloo, H.J. Schoonbee et J. Theron, "The use of red strain of the sharptooth catfish *Clarias gariepinus* (Burchell) in the evaluation of cannibalism amongst juveniles of this species", *water SA*, vol. 15, N° 3, 179 – 184, 1989.

A positivity-preserving nonstandard finite difference scheme for a system of reaction-diffusion equations with nonlocal initial conditions

Marc E. SONGOLO

Department of Mathematics and Computer Sciences,
 University of Lubumbashi,
 Lubumbashi, Katanga, R.D. Congo

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

ABSTRACT: A significant number of ecological phenomena can be modeled using nonlinear reaction-diffusion partial differential equations. This paper considers a system of reaction-diffusion equations with nonlocal initial conditions. Such equations arise as steady-state equations in an age-structured predator-prey model with diffusion. We use the non-standard finite difference method developed by Mickens, which is a scheme that preserves the positivity of solutions. Furthermore, this scheme is explicit and functional relationship is obtained between the time, the space, and age step sizes.

KEYWORDS: Predator-prey model, nonlinear diffusion, nonlocal initial conditions, finite difference methods, nonstandard finite difference schemes, positivity of solutions.

1 INTRODUCTION

The application of partial differential equations is very common in the natural and engineering sciences. In particular, the nonlinear modeling of reaction and/or diffusion phenomena [1]. In this paper we consider the equations for studying an age-structure of the predator-prey model, defined by a parabolic equations with nonlocal initial conditions, which in one dimension of space take the form [2] :

$$\begin{cases} \partial_t u + \partial_a u = d_1 \partial_{xx} u - (\alpha_1 u + \alpha_2 v)u, & t \geq 0, a \in (0, a_m), x \in \Omega \\ \partial_t v + \partial_a v = d_2 \partial_{xx} v - (\beta_1 v - \beta_2 u)v, & t \geq 0, a \in (0, a_m), x \in \Omega \end{cases} \quad (1)$$

Where $u = u(t, a, x) \geq 0$ and $v = v(t, a, x) \geq 0$ are subject to the constraints

$$\begin{cases} u(t, 0, x) = \int_0^{a_m} \eta b_1(a) u(t, a, x) da, & t \geq 0, x \in \Omega \\ v(t, 0, x) = \int_0^{a_m} \xi b_2(a) v(t, a, x) da, & t \geq 0, x \in \Omega \end{cases} \quad (2)$$

Here u and v are respectively the densities of populations of predator and prey that live in the same spatial region Ω and are structured by age $a \in (0, a_m)$ and with spatial position $x \in \Omega$ space.

The parameter $a_m > 0$ is the maximum age of two species, while constants $d_1, d_2 > 0$ give the rates at which the species diffuse. For notational simplicity, we will take $d_1 = d_2 = 1$.

The mortality rates in the equations in (1) are given by

$$\begin{cases} \mu_1(u, v) = \alpha_1 u + \alpha_2 v \\ \mu_2(u, v) = \beta_1 v - \beta_2 u \end{cases} \quad (3)$$

The equations in (1) represent the age limits conditions and reflect that individuals who have age zero are created when a single generator of any age $a \in (0, a_m)$ gives birth with rates $\eta b_1(a)$ and $\xi b_2(a)$ respectively. The functions $b_j = b_j(a) > 0$ describe the profiles the fertility rates while the parameters $\eta, \xi > 0$ measure their intensities without affecting the structure of the birth rate.

The objective of this paper is to construct a finite difference scheme that preserves the positivity of solutions. The method used in this construction is based on the nonstandard discretization technique created by Ronald Mickens. In particular, the scheme must be explicit and requires a functional relationship between time, space, and age step sizes. In general, the absence of this restriction leads to the existence of numerical instabilities, i.e., there exists solutions to the finite difference equations that do not correspond qualitatively to any of the possible solution to the differential equations [3].

The remainder of the paper is organized as follows: Section 2 gives a brief outline of the nonstandard finite difference scheme (NSFDS) philosophy, while Section 3 presents the construction of a new NSFDS. Finally, Section 4 gives a summary discussion of the results obtained.

2 NONSTANDARD MODELING

The procedures for constructing NSFDS are stated in [3]. These types of schemes are made by the following two rules [4],[5]: first, how to determine the discrete representations of derivatives, and secondly, what is the form of nonlinear terms.

The first concept involves the generalization of the representations of derivatives form [2],[3]:

$$\frac{dx}{dt} \rightarrow \frac{x_{n+1} - x_n}{\phi(h, \lambda)} \quad (4)$$

Where $t_n = (\Delta t)n = nh$, x_n is the approximation of $x(t_n)$, and the denominator function satisfies :

$$\phi(h, \lambda) = h + \vartheta(h^2) \quad (5)$$

In equations (4) and (5), λ represents the parameters of the differential equation. This construction technique can easily be extended to partial differential equations.

The second concept is related to the modeling of nonlinear terms, for example, x^2 .

In general, the nonlinear terms are replaced by nonlocal representation [4]:

$$x^2 \rightarrow \begin{cases} 2x_n^2 - x_{n+1}x_n \\ x_{n+1}x_n \end{cases} \quad (6)$$

Both concepts are discussed in detail in [3]. A good example is the advection-reaction equation [4],[6]

$$u_t + u_x = u(1 - u) \quad (7)$$

Where the exact numerical scheme is

$$\frac{u_m^{n+1} - u_m^n}{\phi(\Delta t)} + \frac{u_m^n - u_{m-1}^n}{\phi(\Delta x)} = u_{m-1}^n(1 - u_m^{n+1}) \quad (8)$$

The denominator function is

$$\phi(z) = e^z - 1 \quad (9)$$

$t_n = (\Delta t)n$, $x_m = (\Delta x)m$ and u_m^n is the representation of $u(x_m, t_n)$. The major difficulty in the numerical simulation of partial differential equations of which we do not know the exact solution often leads to consider

$$\phi(z) = z \quad (10)$$

3 NONSTANDARD FINITE DIFFERENCE SCHEME

A possible nonstandard finite difference scheme for system (1) is

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{u_{m,p}^{n+1} - u_{m,p}^n}{\Delta t} + \frac{u_{m,p}^n - u_{m-1,p}^n}{\Delta a} = d_1 \frac{u_{m,p+1}^n - 2u_{m,p}^n + u_{m,p-1}^n}{(\Delta x)^2} \\ \quad - \alpha_1 u_{m,p}^{n+1} u_{m-1,p}^n - \alpha_2 u_{m,p}^{n+1} v_{m-1,p}^n \\ \frac{v_{m,p}^{n+1} - v_{m,p}^n}{\Delta t} + \frac{v_{m,p}^n - v_{m-1,p}^n}{\Delta a} = d_2 \frac{v_{m,p+1}^n - 2v_{m,p}^n + v_{m,p-1}^n}{(\Delta x)^2} \\ \quad - \beta_1 v_{m,p}^{n+1} v_{m-1,p}^n + \beta_2 u_{m-1,p}^n v_{m-1,p}^n \end{array} \right. \quad (11)$$

Where we have the following discrete representations:

$$\left\{ \begin{array}{l} \partial_t u \rightarrow \frac{u_{m,p}^{n+1} - u_{m,p}^n}{\Delta t} ; \partial_a u \rightarrow \frac{u_{m,p}^n - u_{m-1,p}^n}{\Delta a} \\ \partial_{xx} u \rightarrow \frac{u_{m,p+1}^n - 2u_{m,p}^n + u_{m,p-1}^n}{(\Delta x)^2} ; \partial_{xx} v \rightarrow \frac{v_{m,p+1}^n - 2v_{m,p}^n + v_{m,p-1}^n}{(\Delta x)^2} \\ -u^2 \rightarrow -u_{m,p}^{n+1} \cdot u_{m-1,p}^n ; -uv \rightarrow -u_{m,p}^{n+1} \cdot v_{m-1,p}^n ; uv \rightarrow u_{m-1,p}^n \cdot v_{m-1,p}^n \end{array} \right. \quad (12)$$

Solving $u_{m,p}^{n+1}$ and $v_{m,p}^{n+1}$ in (11), we get

$$\left\{ \begin{array}{l} u_{m,p}^{n+1} = \frac{u_{m,p}^n(1 - R_1 - 2d_1R_2) + R_1u_{m-1,p}^n + d_1R_2(u_{m,p+1}^n + u_{m,p-1}^n)}{1 + \alpha_1\Delta t u_{m-1,p}^n + \alpha_2\Delta t v_{m-1,p}^n} \\ v_{m,p}^{n+1} = \frac{v_{m,p}^n(1 - R_1 - 2d_2R_2) + R_1v_{m-1,p}^n + d_2R_2(v_{m,p+1}^n + v_{m,p-1}^n) + \beta_2\Delta t u_{m-1,p}^n v_{m-1,p}^n}{1 + \beta_1\Delta t v_{m-1,p}^n} \end{array} \right. \quad (13)$$

Where

$$R_1 = \frac{\Delta t}{\Delta a} \text{ and } R_2 = \frac{\Delta t}{(\Delta x)^2} \quad (14)$$

Positivity of solutions provides that

$$u_{m,p}^n \geq 0, v_{m,p}^n \geq 0 \Rightarrow u_{m,p}^{n+1} \geq 0, v_{m,p}^{n+1} \geq 0 \quad (15)$$

Which leads to the conditions

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 - R_1 - 2d_1R_2 \geq 0 \\ 1 - R_1 - 2d_2R_2 \geq 0 \end{array} \right. \quad (16)$$

And gives

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta t \leq \frac{(\Delta a)(\Delta x)^2}{(\Delta x)^2 + 2d_1(\Delta a)} \\ \Delta t \leq \frac{(\Delta a)(\Delta x)^2}{(\Delta x)^2 + 2d_2(\Delta a)} \end{array} \right. \quad (17)$$

Taking $d_1 = d_2 = 1$, we find that

$$\Delta t \leq \frac{(\Delta a)(\Delta x)^2}{(\Delta x)^2 + 2(\Delta a)} \quad (18)$$

In this paper, we only consider the equality in equation (18) and system (13) becomes :

$$\left\{ \begin{array}{l} u_{m,p}^{n+1} = \frac{R_1u_{m-1,p}^n + R_2(u_{m,p+1}^n + u_{m,p-1}^n)}{1 + \alpha_1\Delta t u_{m-1,p}^n + \alpha_2\Delta t v_{m-1,p}^n} \\ v_{m,p}^{n+1} = \frac{R_1v_{m-1,p}^n + R_2(v_{m,p+1}^n + v_{m,p-1}^n) + \beta_2\Delta t u_{m-1,p}^n v_{m-1,p}^n}{1 + \beta_1\Delta t v_{m-1,p}^n} \end{array} \right. \quad (19)$$

Where $R_1 = \frac{(\Delta x)^2}{(\Delta x)^2 + 2(\Delta a)}$, $R_2 = \frac{(\Delta a)}{(\Delta x)^2 + 2(\Delta a)}$ and $2R_2 + R_1 = 1$

It is clear that the solutions of the system (19) are positive. For simulation, select $\Delta a, \Delta x$ and then calculate $\Delta t, R_1$ and R_2 .

4 CONCLUSION

A nonstandard finite difference scheme was constructed for the system of parabolic equations which describes an age-structure predator-prey model with nonlocal initial conditions. The most important aspect of this scheme is that it satisfies the positivity condition. We are currently attempting to generalize this work to the parabolic systems with cross-diffusion equation and nonlocal initial conditions.

REFERENCES

- [1] Mickens R.E., "Nonstandard finite difference schemes for reaction-diffusion Equations," *Numerical Methods for Partial Differential Equation*, vol 15, pp. 201-214, 1999.
- [2] Walker C., *On positive solutions of some system of reaction-diffusion equations with nonlocal initials conditions*. 2010. [Online] Available: <http://www.arxiv.org> (March 24, 2010)
- [3] Mickens R.E., *Nonstandard finite difference models of differential equations*, world scientific, 1994.
- [4] Mickens R.E., "A Nonstandard finite difference schemes for a Fischer PDE Having Nonlinear Diffusion," *Computers and Mathematics with Applications*, vol 45, pp. 429-436, 2003.
- [5] Anguelov R. and Lubuma JMS., "Nonstandard finite difference models by nonlocal approximation," *mathematical and computer in simulation*, vol 61 pp. 465-475, 2003.
- [6] Mickens R.E., "Calculation of Denominator functions in Nonstandard finite Difference schemes for Differential Equations Satisfying a Positivity condition," *Num. Meth. Diff. Eqs*, vol 23, pp. 672-691, 2007.

EVOLUTION REGIONALE DES INCIDENCES DES INTOXICATIONS AU MONOXYDE DE CARBONE AU MAROC

[REGIONAL DEVELOPMENT IMPACT OF POISONING IN MOROCCO TO CARBON MONOXIDE]

*Mohammed Chahboune¹, Abdelmajid Soulaymani¹, Mouhcine Batchi², Rachida Aghandous³,
Rachida Soulaymani-Bencheikh³, and Abdelrhani Mokhtari¹*

¹Laboratoire de Génétique et Biométrie,
Université Ibn Tofail, Faculté des Sciences,
Kénitra, Maroc

²Laboratoire Environnement, Société et Territoire,
Université Ibn Tofail, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines,
Kénitra, Maroc

³Centre Anti Poison et de Pharmacovigilance du Maroc,
Rabat, 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 to evaluate the spatial and temporal impact of carbon monoxide-based poisoning on the Moroccan population. This will be fulfilled through the study of the evolution of the impact as morbidity indicator. This assessment will determine the regional populations at risk to better focus the strategic efforts of awareness carried by Poison Control Center and Pharmacovigilance and all health stakeholders in Morocco.

Methods: adoption of analytical and cartographic study of the effects of poisoning caused by carbon monoxide, listed by the CAPM, on the populations of Morocco's 16 regions over a period from 1999 to 2013.

Results: The trend over time shows a continuous growth of the impact at the national level from 0.025 in 1999 to 0.074 per 1000 inhabitants in 2013.

The study of the evolution of regional impacts shows that the people of the Meknes-Tafilalet region are the most exposed to risks of carbon monoxide poisoning in Morocco with an average incidence of 0.112 per 1000 inhabitants. Next come the regions of Tadla-Azilal, Fes-Boulmane, Tanger-Tetouan and the Oriental with an average impact ranging from 0.075 to 0.087 per 1000 inhabitants.

Conclusion: The study shows that carbon monoxide poisoning in Morocco is modulated by the weather. Indeed, the highest incidences are recorded in regions with cold temperatures. However, we should not overlook the accidental nature of poisoning linked to the behavior of people in their careless use of heating systems.

KEYWORDS: Poisoning, incidence, carbon monoxide, Morocco.

RESUME: L'objectif de ce travail est d'évaluer l'impact spatial et temporel des intoxications au monoxyde de carbone sur la population marocaine à travers l'étude de l'évolution de l'incidence comme indicateur de morbidité. Cette évaluation permettra de déterminer les populations régionales à risque afin de mieux focaliser les efforts stratégiques de sensibilisation du Centre Antipoison et de Pharmacovigilance et de tous les intervenants en santé au Maroc.

Méthodes: Etude analytique et cartographique des incidences des empoisonnements par le monoxyde de carbone, répertoriés par le CAPM, dans les populations des 16 régions du Maroc sur une période allant de 1999 à 2013.

Résultats: L'évolution dans le temps montre une croissance continue de l'incidence au niveau national passant de 0.025 en 1999 à 0.074 pour 1000 habitants en 2013.

L'étude de l'évolution des incidences régionales montre que les populations de la région de Meknès-Tafilalet sont les plus exposées au risque d'intoxication au monoxyde de carbone au Maroc avec une incidence moyenne de 0.112 pour 1000 habitant. Viennent après les régions de Tadla-Azilal, Fès-Boulmane, Tanger-Tétouan et l'Oriental avec des incidences moyennes comprises entre 0.075 et 0.087 pour 1000 habitants.

Conclusion: L'étude montre que l'intoxication au monoxyde de carbone au Maroc est modulée par les conditions météorologiques. En effet, les incidences les plus élevées sont enregistrées dans les régions caractérisées par des températures automnales et surtout hivernales froides. Toutefois, il ne faut pas négliger le caractère accidentel de l'intoxication lié aux comportements sociologiques des populations dans l'utilisation imprudente des systèmes de chauffage.

MOTS-CLEFS: Intoxication, incidence, monoxyde de carbone, Maroc.

1 INTRODUCTION

L'intoxication au monoxyde de carbone (CO), présente au Maroc depuis plusieurs années, reste un problème de santé publique. En effet, les caractéristiques du CO comme gaz incolore, inodore, très diffusible et de densité proche de celle de l'air rendent la prévention contre cette intoxication très délicate. D'où la persistance de l'intoxication auprès des populations [1], [2], [3], [4].

Très souvent, les intoxications par le CO surviennent accidentellement et relèvent de défauts d'entretien ou de la qualité des installations de chauffage et de production d'eau chaude, l'absence d'aération ou encore l'utilisation fréquente des braseres (Kanoun) très utilisés au Maroc.

Il est difficile d'établir des statistiques régionales précises en matière d'intoxication oxycarbonée en raison des données vraisemblablement sous-estimées dont nous disposons. Ce qui est certain, c'est que le CO est responsable au Maroc de plusieurs centaines d'hospitalisations et de plusieurs dizaines de décès chaque année comme le précise le nombre de déclarations.

Au Maroc, le CAPM, dans ses actions de prévention et de minimisation des risques d'empoisonnement, une stratégie nationale de lutte contre les intoxications par le monoxyde de carbone est mise en œuvre depuis 2008. C'est dans ce contexte que notre travail entre pour enrichir les investigations scientifiques servant de support pour le développement de la stratégie de lutte contre ces intoxications.

L'objectif de cette étude est l'évaluation des incidences de l'intoxication au CO au Maroc, comme indicateur de santé, à partir des déclarations parvenues au Centre Anti Poison et de Pharmacovigilance du Maroc (CAPM) entre 1999 et 2013 et surtout le suivi de la répartition géographique temporelle de ces incidences.

2 DONNÉES ET MÉTHODES

C'est une analyse temporelle et spatiale des incidences des intoxications au CO signalées, par les délégations de santé ou via les appels téléphoniques, au CAPM entre 1999 et 2013 à travers ses deux systèmes d'information : la Toxicovigilance et l'Information Toxicologique. Ces informations ont subi un suivi et un traitement rigoureux par les médecins du CAPM avant de faire partie de la base de données nationale.

L'analyse des données et leurs exploitations ont été effectuées par le logiciel Epi-Info et Excel. La détermination des taux d'incidence (Le rapport entre les nouveaux cas apparus et la population sujette du risque), pour chaque année et chaque région, a fait appel au recensement de 2004, des rétroprojections et des projections de la population et de l'enquête nationale démographique à passages répétés de 2009-2010 établies par le Haut-Commissariat au Plan du Maroc [5].

La manipulation, le traitement des données géographiques et la réalisation des cartes thématiques de la répartition des incidences ont été effectués grâce au Système d'Information Géographique.

3 RÉSULTATS

Etant donné les variations climatiques dans plusieurs régions froides du Maroc et les comportements des populations en vue de leur confort, l'utilisation de divers moyens de réchauffement pendant les saisons froides automnales et surtout

hivernales augmente le risque sanitaire d'empoisonnement par le CO. Plusieurs études sur les caractéristiques épidémiologiques, cliniques et évolutives des intoxications effectuées au Maroc ont montré que le CO est incriminé [6], [7], [8], [9]. De ce fait, l'intoxication par le CO est devenue un réel problème de santé publique.

Durant la période 1999-2013, le CAPM a enregistré 20 683 cas d'intoxications au CO dont 19004 par courrier, 1253 cas par le système d'information toxicologique et 426 cas par la presse ou des études. Ce qui représente 20.24% de l'ensemble des intoxications notifiées pendant la même période à l'échelle nationale.

Les résultats montrent que les intoxications au CO présentent un caractère saisonnier. En effet, 72% des cas sont enregistrés en automne et en hiver, avec une recrudescence hivernale (43%). Ce qui est confirmé par la répartition mensuelle qui montre un maximum de 19.73% des cas enregistré pendant le mois de décembre, suivi du mois de janvier avec 16.29%.

La répartition en fonction du milieu et du lieu d'intoxication montre que l'intoxication au CO survient pour la plus part des cas en milieu urbain (87.79% des cas) et à domicile (97.03.% des cas).

Quant au sexe ratio (M/F) qui est de 0.48, il est en faveur du sexe féminin.

En ce qui concerne l'âge, les intoxiqués sont plus de la moitié constituée des adultes (62.06% des cas). Suivi des enfants de moins de 15 ans représentant 23.4% des cas.

Selon les circonstances, presque la totalité des intoxications (99.49%) sont accidentelles.

Le pronostic vital est déclaré pour 185 cas, soit 14.93% de l'ensemble des décès dus aux intoxications déclarés pendant toute la période d'étude.

Placé dans un cadre de surveillance, le recueil épidémiologique de données relatives à la santé vise à observer de manière continue et attentive leur distribution et les variations temporelles de leur incidence [10], [11]. Pour répondre à cet objectif, la présente étude s'intéresse à l'analyse de l'évolution annuelle des incidences de l'intoxication au CO au Maroc durant la période de 1999 à 2013 qui est représentée par la figure 1.

On note pratiquement une progression croissante et continue de l'incidence à l'échelle nationale jusqu'à 2012 où on enregistre une valeur de 0.0912 pour 1000 habitants, ce qui représente l'incidence maximale enregistrée pendant toute la période étudiée. Puis, on observe une faible diminution en 2013 (0.0736 pour 1000 habitants) par rapport à 2012 qui n'influence pas l'augmentation croissante de l'incidence annuelle.

Cette croissante est expliquée par l'augmentation des déclarations et le comportement de la population qui a tendance à s'équiper d'avantage de systèmes à chauffe-eau de mauvaise qualité ou mal entretenu en plus des dispositifs de chauffage.

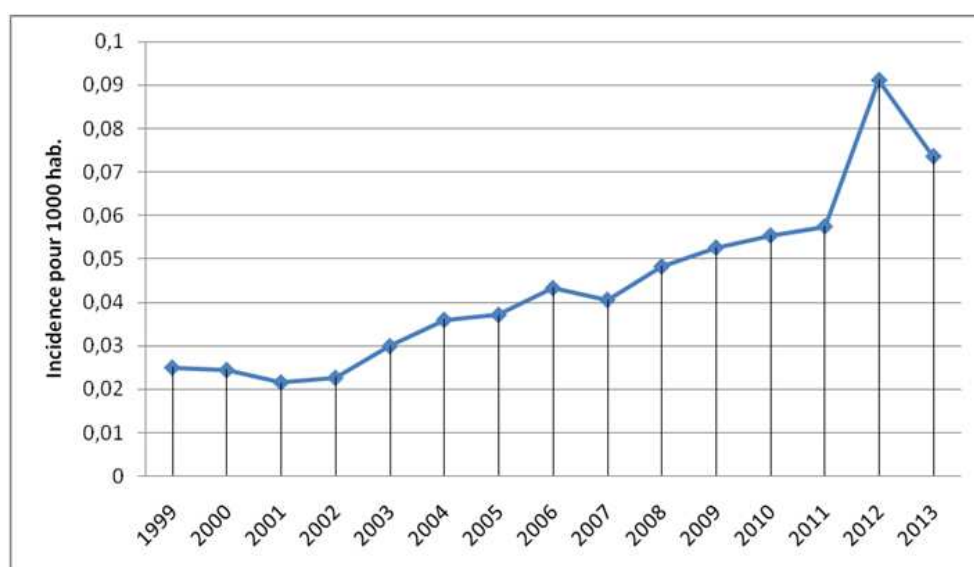
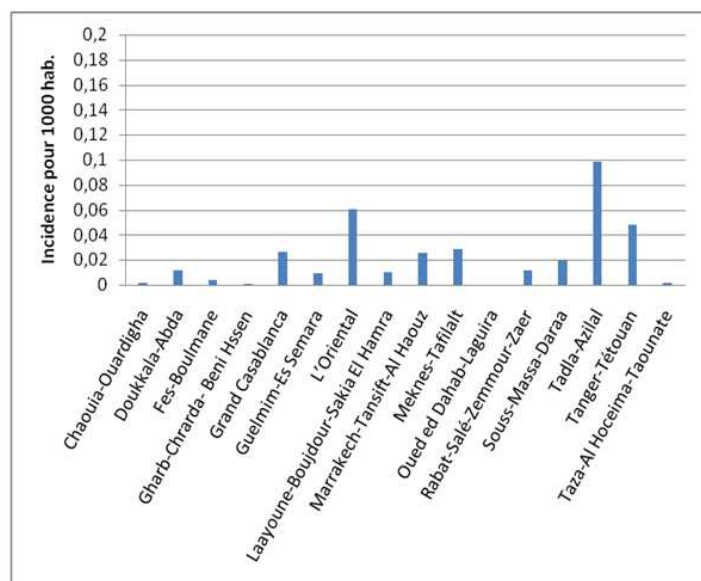


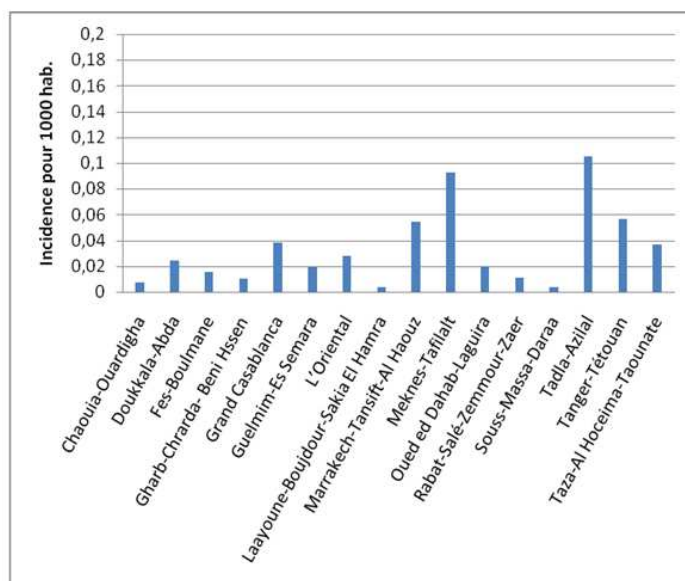
Figure 1 : Distribution annuelle des incidences des intoxications au CO pendant la période 1999-2013 au Maroc

Par ailleurs, Les résultats de l'évaluation annuelle de l'incidence des intoxications au CO dans les 16 régions du Maroc sont illustrés par la figure 2 qui représente les variations des incidences d'années choisies à intervalles plus au moins égaux

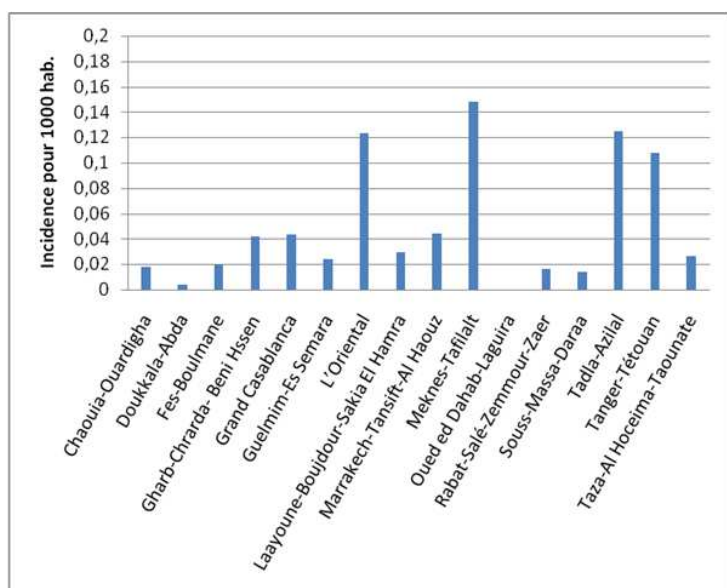
de la période d'étude, soit 1999, 2004, 2009 et 2013. Ces années illustrent bien l'évolution de ces incidences dans le temps et dans l'espace durant toute la période étudiée.



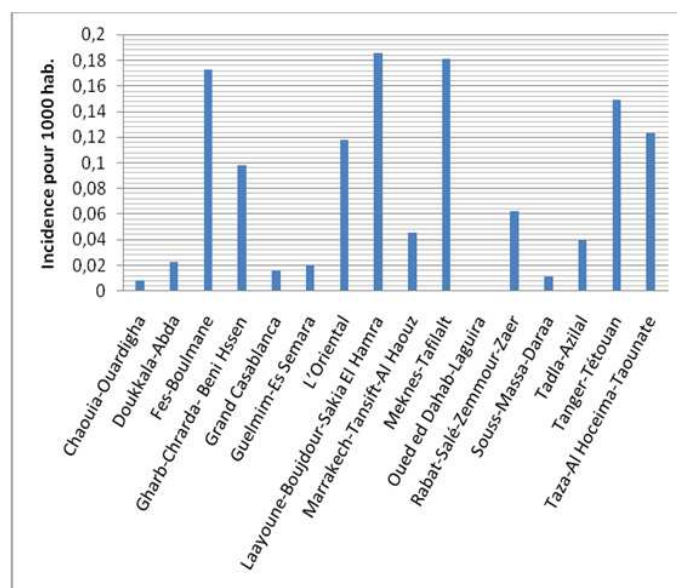
Incidences régionales en 1999



Incidences régionales en 2004



Incidences régionales en 2009



Incidences régionales en 2013

Figure 2: Répartition régionale des incidences de l'intoxication au CO en 1999, 2004, 2009 et 2013

A partir de ces résultats, une cartographie a été établie des incidences liées aux intoxications par le CO correspondant à ces années (Figures 3, 4, 5 et 6).

Les résultats des incidences en 1999, représentés par la figure 3, montrent que les régions de Tadla-Azilal et l'Oriental ont enregistré les incidences les plus élevées (respectivement 0,0989 et 0,0602 pour 1000 habitants), suivies de la région de Tanger-Tétouan (0,0484 pour 1000 habitants). Les régions de Meknès-Tafilalt, Grand Casablanca, Marrakech-Tansift-Al Haouz), Souss-Massa-Daraa, Rabat-Salé-Zemmour-Zaer et Doukkala-Abda ont enregistrées des valeurs comprises entre 0,0115 et 0,0285 pour 1000 habitants. Alors que dans les autres régions, les incidences étaient plus faibles, voire nulle dans la région de Oued ed Dahab-Laguira. L'incidence de l'intoxication au niveau national était de 0,025 %.

D'après la figure 4, représentant la cartographie des incidences en 2004, les taux les plus élevées ont été observés dans les régions de Tadla-Azilal, qui enregistre un maximum de 0,1055 pour 1000 habitants, Marrakech-Tansift-Al Haouz, Tanger-Tétouan et Meknès-Tafilalt avec des incidences respectives de 0,0548, 0,0571 et 0,0925 pour 1000 habitants. L'incidence de l'intoxication au niveau national était de 0,036 ‰.

En 2009, la répartition des incidences illustrée dans la figure 5 montre que les régions marquées par des fortes valeurs durant les années précédentes, à savoir Meknès-Tafilalt, Tadla-Azilal, l'Oriental, Tanger-Tétouan et Marrakech-Tansift-Al Haouz, continuent à se distinguer en enregistrant des valeurs respectives de 0,1480, 0,1252, 0,1237, 0,1077 et 0,0440 pour 1000 habitants. L'incidence de l'intoxication au niveau national continue sa progression croissante et atteint un taux de 0,0526 ‰.

D'après la figure 6, représentant la distribution des incidences en 2013, on remarque que la région de Laayoune-Boujdour-Sakia El Hamra a fait exception cette année puisqu'elle a enregistrée l'incidence la plus élevée (0,1852 pour 1000 habitants). Les incidences sont toujours élevées dans les régions de Meknès-Tafilalt (0,1811 par 1000 habitants), Fès-Boulmane (0,1724 par 1000 habitants), Tanger-Tétouan (0,1051 par 1000 habitants) et l'Oriental (0,1176 par 1000 habitants). La région de Taza-Al Hoceima-Taounate a enregistré une incidence de 0,1229 par 1000 habitants, la plus forte dans cette région durant toute la période étudiée. Alors que la région de Oued ed Dahab-Laguaira n'a encore une fois déclaré aucun cas d'intoxication au CO. L'incidence de l'intoxication au niveau national atteint une valeur de 0,0736 pour 1000 habitants.

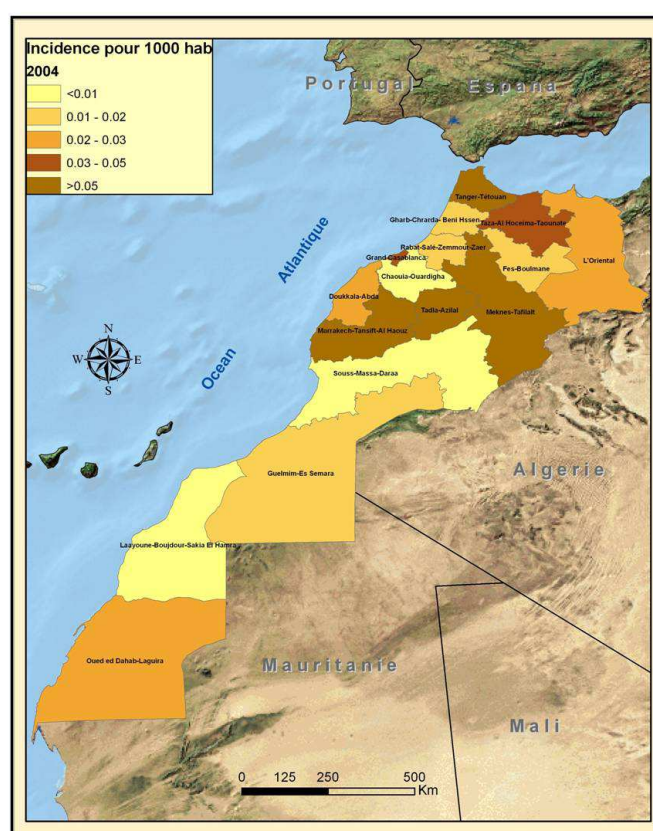
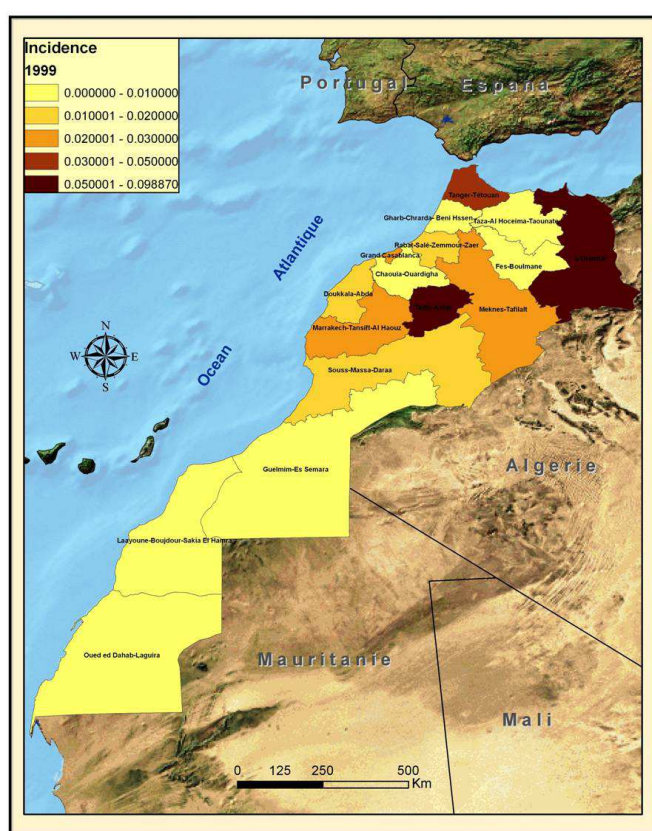


Figure 3 : Cartographie régionale des incidences de l'intoxication au CO en 1999

Figure 4 : Cartographie régionale des incidences de l'intoxication au CO en 2004

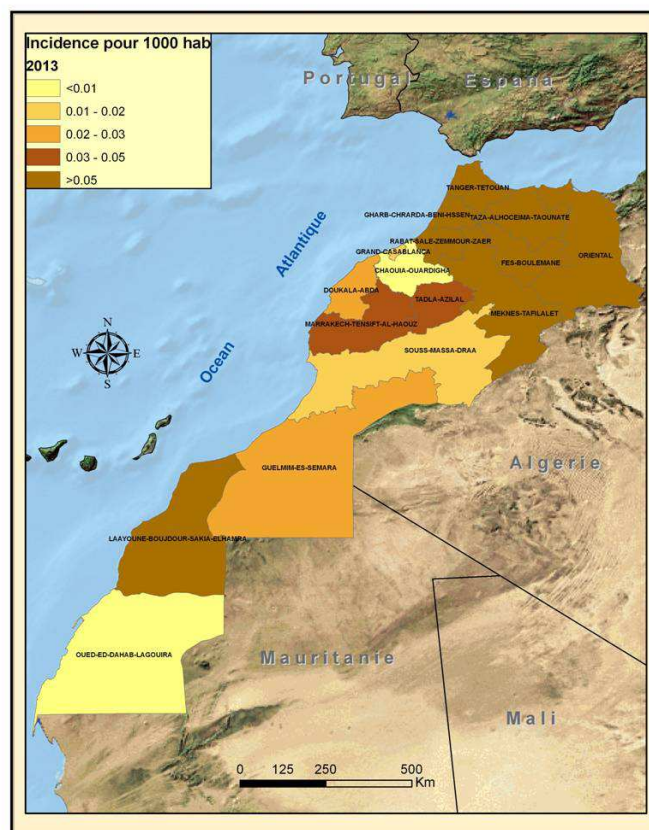
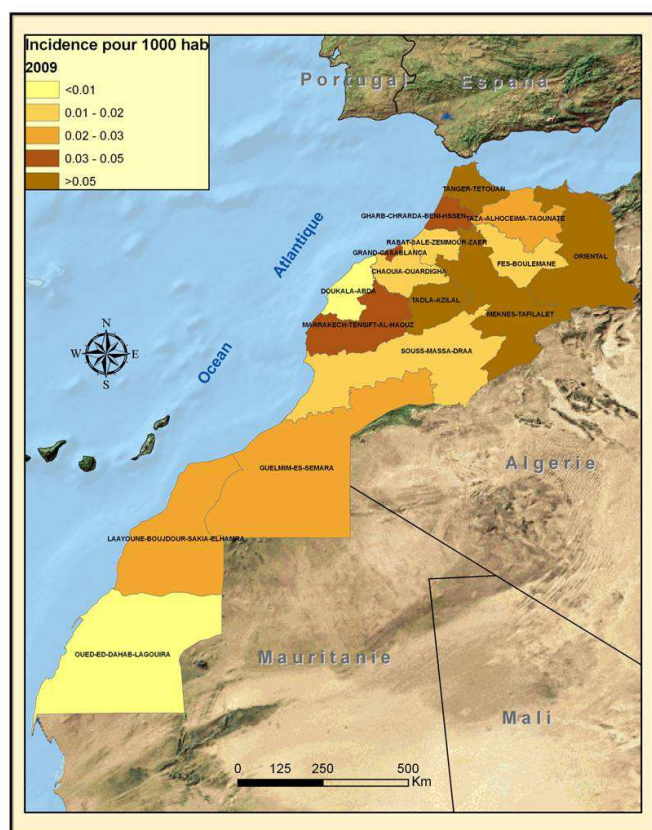


Figure 5 : Cartographie régionale des incidences de l'intoxication au CO en 2009

Figure 6 : Cartographie régionale des incidences de l'intoxication au CO en 2013

4 DISCUSSION

La comparaison des variations temporelles des taux d'incidence régionaux et les taux moyens de la période étudiée, représentée par les figures 7 et 8, montrent une augmentation constante des incidences. La région de Meknès-Tafilalet est la plus concernée par ce fléau à l'échelle nationale, soit une incidence moyenne de 0.1125 pour 1000 habitants. Aussi, l'incidence est importante dans les régions de Tadla-Azilal, Fès-Boulmane, Tanger-Tétouan et l'Oriental avec des incidences moyennes respectives de 0.0868, 0.0785, 0.0782 et 0.0752 pour 1000 habitants. Cette répartition de l'incidence au niveau des régions du Maroc est tout à fait en concordance avec la littérature ([6], [7]) et reflète bien une corrélation entre les intoxications au CO et la nature froide des régions les plus touchées.

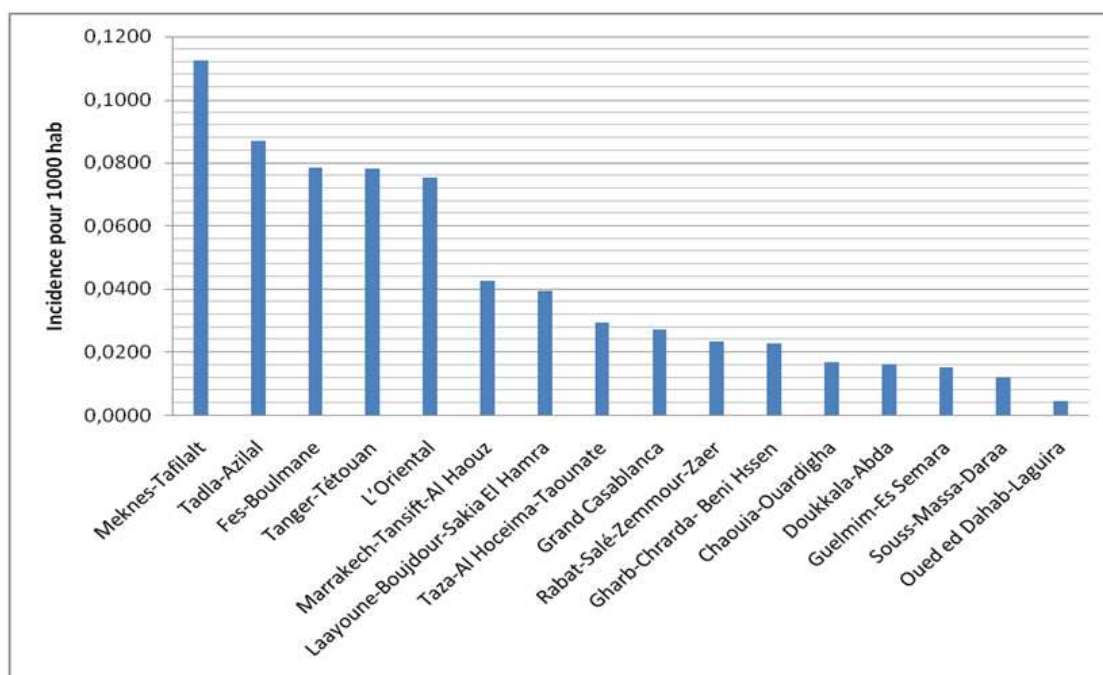


Figure 7 : Répartition régionale des incidences moyennes de l'intoxication au CO pendant la période 1999-2013

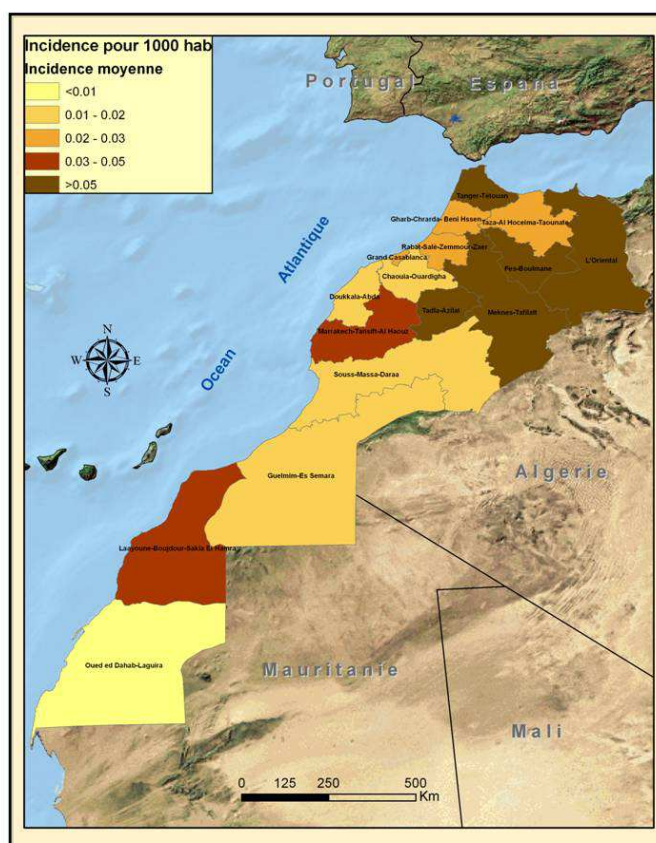


Figure 8 : Cartographie régionale des incidences moyennes de l'intoxication au CO pendant la période 1999-2013

En effet, ces résultats montrent que les intoxications au CO au Maroc sont tributaires du climat. C'est le cas des régions de Meknès-Tafilalet, Tadla-Azilal, Fès-Boulmane et Tanger-Tétouan, caractérisées par des saisons froides, dont les incidences enregistrées sont les plus élevées.

Cependant, on remarque que l'incidence moyenne enregistrée dans la région de Taza-Al Hoceima-Taounate, dont le climat froid en printemps et en hivers est en principe en faveur d'une telle pathologie, ne reflète pas la réalité. Ceci est dû probablement à la sous notification des cas d'intoxications parvenant au CAPM des provinces de la région.

Au contraire, l'incidence moyenne enregistrée dans la région de Laayoune-Boujdour-Sakia El Hamra, reflète bien la dynamique du système de santé concernant les déclarations des cas d'intoxication.

Toutefois, il ne faut pas négliger le caractère imprévisible de l'intoxication lié aux comportements sociologiques des populations. En effet, la région du Grand Casablanca, la plus peuplée au Maroc, montre des fluctuations importante de l'incidence en fonction du temps, ceci est lié à l'usage, de plus en plus abondant des populations de systèmes à chauffe-eau non entretenu ou à qualité douteuse, des braseros et le manque d'aération.

5 CONCLUSION

Les intoxications par le monoxyde de carbone, à travers l'étude de ses incidences reste un problème de santé publique au Maroc. Et malgré les nombreuses campagnes de sensibilisation du CAPM que ce soit sur le plan national ou régional, la pathologie ne cesse d'augmenter en rapport avec le climat et les caractéristiques socio-démographiques des populations, à savoir l'éducation et le niveau de vie. D'où la nécessité de mettre à disposition du CAPM d'avantage de moyens pour le développement de sa stratégie de lutte d'une part, et adapter l'intensité de la communication à leur contexte régional, en particulier au début de chaque saison de chauffe en collaboration avec la société civile et les médias d'autre part.

FINANCEMENT

Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet prioritaire : PPR-B-Mokhtari-FS-UIT-Kénitra

REFERENCES

- [1] www.appanpc.fr .Dossier : Intoxications au monoxyde de carbone. Créé en mars 2005, mis à jour en 2010 (Consulté le 12/10/2015)
- [2] Mathieu D, Mathieu Nolf M, Wattel F, Nevière R, Bocquillon N. Intoxication par le monoxyde de carbone : aspects actuels. Elsevier ; 2000 :649-654
- [3] S. Coquet, C. Flamand, Enquête de perception au risque d'intoxication au monoxyde de carbone en population générale, lot et Garone, Institut de Veille Sanitaire, France, 2006
- [4] Ernst A, Zibrak J. Carbon monoxide poisoning 1998. N Engl J Med 339 : 1603-1608
- [5] Haut-Commissariat au Plan du Maroc © 2009 Centre National de Documentation www.hcp.ma/Demographie-population. (Consulté le 09/09/2015)
- [6] R Aghandous, N Rhalem, I Semllali, S Belarabi, A Soulaymani, L Ouammi, R Soulaymani Benchikh. Profil épidémiologiques des intoxications par le monoxyde de carbone au Maroc (1991-2007). Toxicologie Maroc-N°3-Octobre 2009
- [7] R Aghandous, H Chaoui, N Rhalem, I Semllali, M Badri, A Soulaymani, L Ouammi, R Soulaymani Benchikh. Poisoning by carbon monoxide in Morocco from 1991 to 2008. J Pak Med Assoc. Vol. 62, No. 4, April 2012
- [8] Aghandous R,, Rhalem N, Chaoui H, Ouammi L, Soulaymani A, Mokhtari A, Soulaymani-Bencheikh R. Perception Survey of Carbon Monoxide Risk in Rabat-Salé-Zemmour-Zaër Populations Journal of Life Sciences, ISSN 1934-7391, USA January 2014, Vol. 8, No. 1, pp. 89-94
- [9] N Attazagharti. Epidémiologie des intoxications au Maroc (1992-2007). Evaluation des facteurs de risque influençant l'évolution des patients intoxiqués. Thèse soutenue en 2009
- [10] Langmuir AD. The surveillance of communicable diseases of national importance. N Engl J Med 1963;268:182-92.
- [11] Brucker G. Surveillance. Traité de santé publique. 2 éd. Paris : Flammarion Médecin-Sciences; 2007.

Effet du déficit hydrique sur certains osmolytes chez cinq variétés de blé dur (*Triticum durum*)

[Water deficit effects on osmolytes traits in five durum wheat varieties (*Triticum durum*)]

Safia Chahbar¹ and Moulay Belkhodja²

¹Laboratory of Agro-Biotechnology and Nutrition in Semi-Arid Areas, Faculty of Natural Sciences and Life, University Ibn Khaldoun, BP 78, 14000 Tiaret, Algeria

²Department of Biology, Laboratory of Plant Physiology, University Oran 1 Ahmed Ben Bella, Oran, Algeria

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: Water stress is the major environmental stresses that affect agricultural production worldwide, especially in arid and semi-arid regions. This research investigated the effect of water deficit on five wheat cultivars grown in the greenhouse until anthesis. Mild (60%) and severe (30%) water deficit regimes were used with a control of 100% soil field capacity. The effect of water stress on parameters was investigated including; Relative water content (RWC), pigment content (chl a, chl b, carotenoids, chl tot), proline, soluble sugars, rate of K⁺ and Na⁺ were determined.

The results indicated that the effect of water deficit on biochemical parameters depended on the combination of water stress regime and wheat cultivars. The analyses carried show that under water deficit stress RWC was sharply reduced due a combination of leaf growth reduction and abscission. Water deficits impose leaf chlorophyll content decrease. In addition, wheat genotypes a more significant accumulation of solubles sugars than of proline. It results from them also a rate high from Na⁺ and a low rate of K⁺ at the time of the stress. Finally, the contribution of the physio-biochemicals parameters in the adaptation of the durum wheat depends closely on the genotypes and intensity of the hydrous deficit.

KEYWORDS: durum wheat, water deficit, soluble sugar, proline, pigment content, Na⁺, K⁺.

RÉSUMÉ: Le déficit hydrique est la majeure contrainte environnementale qui affecte la production agricole mondiale, spécialement dans les zones aride et semi-aride. Une expérimentation est effectuée sur cinq variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions contrôlées au stade floraison. Un traitement hydrique conduit à capacité au champ (100%), et deux autres traitements subissent des déficits hydriques à intensités différentes modéré (SH60%) et sévère (SH30%). L'effet du déficit hydrique est étudié sur : teneur relative en eau (RWC), pigments chlorophylliens (chl a, chl b, caroténoïdes et chl tot), proline, sucres solubles, taux de K⁺ et Na⁺. Les résultats montrent que la RWC représente l'une des premières caractéristiques altérées en situations d'alimentation hydriques limitantes. La teneur en chlorophylle a et b varie en s'abaissant sous le régime hydrique imposé, si bien que la chlorophylle a reste toutefois supérieure aux autres pigments. L'accumulation des teneurs en sucres solubles et en proline devient plus nette au fur et à mesure que l'intensité du stress s'accroît. Les variétés utilisées accumulent plus de Na⁺ que de K⁺ à la déclaration de la contrainte hydrique imposée. Finalement, Les résultats obtenus lors de cette étude montrent que l'effet du déficit hydrique sur les paramètres biochimiques étudiés dépend de la durée et de l'intensité du déficit hydrique imposé ainsi que les variétés étudiées.

MOTS-CLEFS: blé dur, déficit hydrique, sucres solubles, proline, pigments chlorophylliens, Na⁺, K⁺.

1 INTRODUCTION

Depuis toujours, les céréales constituent une part importante des ressources alimentaires de l'homme et de l'animal. De plus la majeure partie de l'alimentation est fournie par les aliments en grain, dont 96% sont produit par les cultures céréalières tels que le blé, l'orge, le seigle, le riz, le maïs et le triticales...etc [1],[2]. Parmi ces céréales, le blé dur (*Triticum durum* Desf.) compte l'une des espèces les plus anciennes et constitue une grande partie de l'alimentation de l'humanité, d'où son importance économique [3], [4]. A l'échelle mondiale, près d'un tiers des terres arables souffrent d'un déficit en eau qui limite notamment les rendements des productions végétales [5], [6]. Dans la plupart des régions du monde les rendements céréaliers sont périodiquement exposés au stress hydriques [7], [8], [9]. En Algérie, cette céréale occupe une place très privilégiée dans les ménages, malheureusement son rendement en grains est le plus faible du bassin méditerranéen. Cette faiblesse de la production de blé en Algérie était toujours liée aux effets du stress hydrique qui se fait ressentir de manière très importante depuis la dernière décennie [10]. Cependant, des études récentes révèlent que ce sont plutôt les basses températures hivernales et printanières qui handicapent le plus cette spéculation [11], [12], [13]. Par ailleurs, dans beaucoup de régions du monde, le manque d'eau est le facteur le plus limitant auquel fait et doit faire face la céréaliculture algérienne. Tout progrès sensible des agro- systèmes, basés sur la culture des céréales, dans l'étage bioclimatique semi-aride, semble être conditionné par une meilleure gestion des eaux pluviales [14].

L'amélioration des rendements et la gestion durable des ressources phytogénétiques passent par la réhabilitation de certaines variétés de blé [12]. Ces dernières devraient être introduites dans le schéma de sélection. L'objectif d'amélioration fixé est une combinaison entre le potentiel de production, d'adaptation aux différentes zones agro-écologiques et de tolérance aux principales maladies [15]. Plusieurs caractères adaptatifs, d'ordre morphologiques, biochimie et physiologiques, participent à l'amélioration de la tolérance aux stress abiotiques [16]. Pour réaliser ces objectifs plusieurs outils d'analyse de la variabilité génétique existant, les uns reposent sur des critères morpho-physiologiques et biochimiques. L'objectif de ce travail est d'analyser l'impact du stress hydrique sur quelques paramètres physio-biochimiques de la résistance à la sécheresse de cinq variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions contrôlées, comme la teneur relative en eau, la teneur en pigments chlorophylliens (chlorophylle a, chlorophylle b caroténoïdes et chlorophylle totale), teneur en sucres solubles, teneur en proline, taux de Na⁺ et le taux en K⁺ afin d'apprécier leur réponse adaptative.

2 MATERIEL ET METHODES

L'expérimentation est conduite dans une serre semi-automatique au sein de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Ibn Khaldoun de Tiaret. Les graines préalablement désinfectées avec l'eau javellisée sont mises dans des boîtes de pétri. Après germination, les jeunes plantules sont repiquées dans des cylindres en P.V.C (60cm de long et 15cm de diamètre). Le dispositif expérimental comprend trois traitements : Un traitement hydrique témoin conduit à la capacité au champ. Les deux autres traitements subissent des déficits hydriques à intensités différentes 30% (SH30) et 60% (SH60) de la capacité au champ. Chaque traitement est répété trois fois. Le substrat de culture est irrigué à la capacité au champ par l'apport quotidien d'une dose d'arrosage calculée à l'évapotranspiration journalière de chaque pot. Chaque semaine, l'eau d'irrigation est substituée par une solution nutritive commerciale.

3 LES MESURES EFFECTUEES

3.1 LA TENEUR RELATIVE EN EAU (RWC)

La teneur relative en eau exprimée par la RWC (Relative Water Content) est déterminée selon la méthode de [17], utilisé par [18]. La teneur relative en eau est déduite par la formule suivante :

$$\text{RWC \%} = (\text{Pi} - \text{Ps}) / (\text{Ppt} - \text{Ps}) \times 100$$

Pi : poids frais initial ; PPT : poids en plein turgescence ; ps : poids sec.

3.2 EXTRACTION DES PIGMENTS CHLOROPHYLLIENS

La teneur en chlorophylle a, chlorophylle b, caroténoïdes et les chlorophylles totales sont déterminées selon la méthode de [19], [20], [21] et au niveau de l'avant dernière feuille. Dans des tubes à essais, on ajoute à 1000 mg d'échantillon frais, coupé en petits fragments, 10 ml d'acétone à 95%, l'ensemble est conservé à l'obscurité et à 4°C pendant 48 heures. Les concentrations de la chlorophylle a, chlorophylle b et les caroténoïdes sont effectuées à l'aide d'un spectrophotomètre (type Pharmacia Biotech. NOVASPEC II) à des densités optiques respectives de 662, 644 et 470 nm. L'appareil est étalonné avec la

solution témoin à base d'acétone à 95%, les concentrations de la chlorophylle a, chlorophylle b, caroténoïdes et les chlorophylles totales sont calculées par les formules suivantes :

$$\text{Chl a} = 9,784 \times \text{Do (662)} - 0,99 \times \text{Do (644)}$$

$$\text{Chl b} = 21,42 \times \text{Do (644)} - 4,65 \times \text{Do (662)}$$

$$\text{Chlorophylle totale} = \text{Chl a} + \text{chl b}$$

$$C(x + c) = \frac{1000 \text{ DO (470)} - 1,90 \text{ Chl a} - \text{Chl b}}{214}$$

Do : densité optique

x = xanthophylles ; c = caroténoïdes.

3.3 DOSAGE DES SUCRES SOLUBLES

Les oses (glucoses, fructose et saccharose) sont dosés par la méthode [22]. Ces sucres sont extraits après macération dans un solvant capable de les solubiliser et de bloquer l'activité enzymatique susceptible de les dégrader. Le principe de la réaction est basé sur la condensation des produits de dégradation des oses neutres par l'acide sulfurique: ce dernier, très concentré, transforme à chaud les oses en dérivés du furfural qui donnent une coloration bleu-vert avec l'anthrone, dosée par colorimétrie à 585 nm, la concentration est exprimée en $\mu\text{g.mg}^{-1}\text{MF}$.

3.4 DOSAGE DE LA PROLINE

Le dosage de la proline par la méthode de [23]. L'échantillon végétal est traité par l'éthanol à 40% puis chauffé au bain marie à 85°C pendant 10 minutes. Ensuite, 1 ml d'extrait ajouté dans un mélange d'eau distillée, d'acide acétique et de ninhydrine. La densité optique est lue à 528 nm au spectrophotomètre UV1200.

3.5 DOSAGE DES CATIONS Na^+ ET K^+

Après séchage à l'étuve à 70 °C pendant 16 heures, 200 mg de matière sèche des feuilles sont broyées et incinérées à 450°C pendant 4 heures au four à moufle. Après refroidissement, 2 ml de HNO_3 /capsule sont ajoutés puis on remet au four pendant 1 heure. La cendre obtenue est dissoute dans 3 ml d' HCl (6N) puis filtrée et le volume est amené à 100 ml. A partir de cette solution, les dosages de Na^+ et K^+ sont effectués par photométrie de flamme (Flame photometer corning 400).

Une étude statistique comportant une analyse de la variance du modèle GLM et le calcul de corrélations, est effectué par le logiciel SPSS.

4 RESULTATS

4.1 TENEUR RELATIVE EN EAU (RWC)

Le tableau 1 montre que la RWC est grandement influencée par la nature des variétés testées ($p < 0,05$). Ce paramètre dépend également et d'une manière hautement significative du régime hydrique appliqué ($p < 0,05$). Il faut noter que le comportement de ces variétés varie selon la contrainte appliquée. Ceci est justifié à travers la forte probabilité, établie à travers l'étude de l'interaction de deux facteurs d'étude ($p < 0,05$).

La figure 1 montre que la RWC fluctue pour les feuilles des plantes témoins entre une valeur maximale de $94,08 \pm 1,15$ % enregistrée pour la variété Chen's et une valeur minimale de $91,69 \pm 1,02$ % pour la variété Hedba3. Sous le traitement (SH 60), la RWC atteint une valeur de $90,09 \pm 1,53$ % pour les feuilles des plantes de la variété Hedba3 pour chuter vers $79,89 \pm 3,23$ % dans celles des plantes de la variété Waha. Lorsque les plantes sont soumises au régime hydrique plus sévère (SH 30), les RWC des feuilles des plantes des variétés Bidi17 et Waha varient respectivement de $90,66 \pm 1,90\%$ et de $84,47 \pm 1,00$ %.

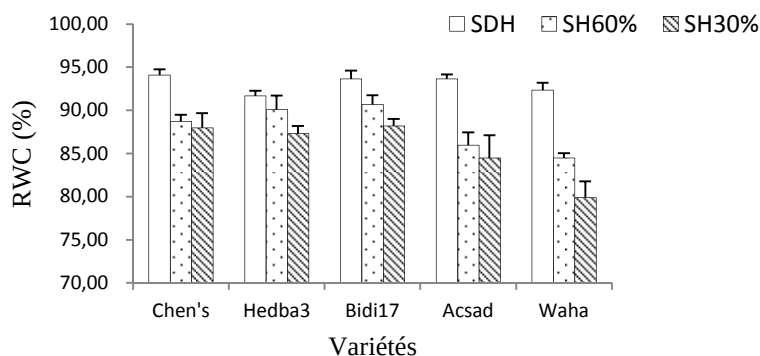


Fig. 1. RWC des feuilles excisées (%) des plantes des variétés de blé conduites sous régime hydrique à SH60 et SH30 au stade floraison

4.2 TENEUR EN PIGMENT CHLOROPHYLLIENS

L'analyse de la variance montre que les pigments chlorophylliens (chl a, chl b, caroténoïdes et chl tot) sont hautement gérée par la nature du matériel végétal conduit ($p < 5\%$) ainsi que par les variations du régime hydrique imposé ($p < 5\%$). Il est important de noter également à la suite de cette analyse qu'une certaine spécificité de réponse au manque d'eau est manifestée par les génotypes testés. Cette dernière s'établit à travers l'influence d'interaction des deux facteurs d'étude sur l'élaboration des pigments ($p > 5\%$)(tableau 1).

4.2.1 TENEUR EN CHLOROPHYLLE A (CHL A), LA CHLOROPHYLLE B (CHL B) ET LA CHLOROPHYLLE TOTALE

Comparativement entre les variétés conduites, l'impact des variations du régime hydrique est perçu de manières similaires pour la teneur en chlorophylle a, chlorophylle b et chlorophylle totale. En effet, Les figures 2.3 et 4 indiquent que pour les plantes témoins la variété Acsad affiche les teneurs les plus importantes de chl a, chl b et chl tot avec respectivement 22.74 ± 0.44 , 11.92 ± 0.65 et $34.66 \pm 0.72 \mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$ et la variété Bidi 17 donne les valeurs les plus faibles des pigments chlorophylliens avec respectivement 10.70 ± 1.57 , 3.41 ± 0.73 et $14.10 \pm 22.15 \mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$.

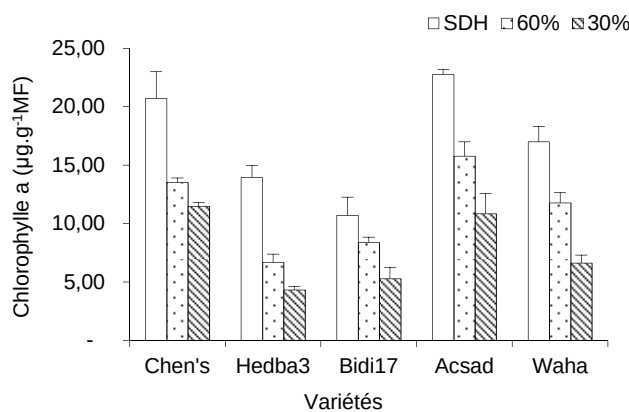


Fig. 2. Teneur en chlorophylle a (chl a) des feuilles excisées ($\mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$) des plantes des variétés de blé conduites sous régime hydrique à SH60 et SH30 au stade floraison.

Sous le traitement SH60, les chl a, chl b et carot passent respectivement de 15.77 ± 1.22 , 6.97 ± 1.13 et $22.74 \pm 1.54 \mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$ enregistrées pour la variété Acsad à 6.68 ± 0.70 , 2.71 ± 1.15 et $9.39 \pm 2.16 \mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$ pour la variété Hedba 3.

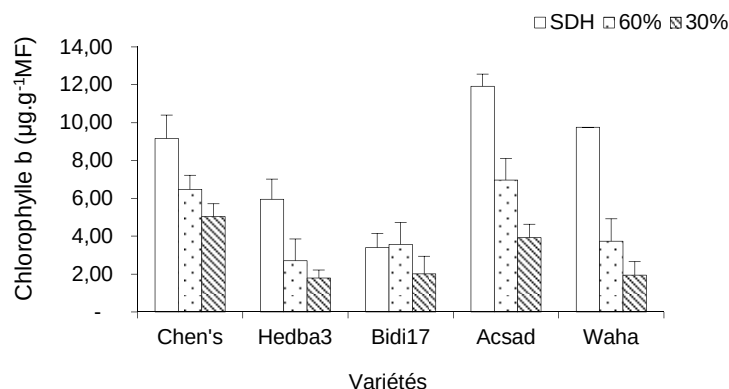


Fig. 3. Teneur en chlorophylle b (chl b) des feuilles excisées ($\mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$) des plantes des variétés de blé conduites sous régime hydrique à SH60 et SH30 au stade floraison.

Pour les plantes conduites sous traitement SH30, les plus hautes valeurs des pigments estimées pour la variété chen's avec respectivement 11.45 ± 0.35 , 5.04 ± 0.67 et $16.50 \pm 1.90 \mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$ et les plus faibles valeurs enregistrées pour la variété Hedba 3 avec respectivement 4.33 ± 0.29 , 1.80 ± 0.42 et $6.12 \pm 1.70 \mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$.

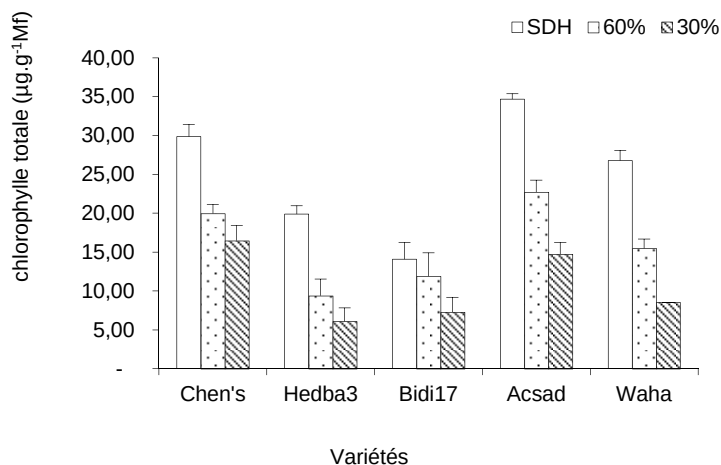


Fig. 4. Teneur en chlorophylle totale (chl tot) des feuilles excisées ($\mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$) des plantes des variétés de blé conduites sous régime hydrique à SH60 et SH30 au stade floraison.

4.2.2 TENEUR EN CAROTÉNOIDES (CAROT)

La teneur en carot est affectée par le déficit hydrique de manière significative et proportionnelle à l'intensité du régime hydrique appliqué. Pour les feuilles des plantes témoins, carot est limitée entre $7.72 \pm 0.11 \mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$ pour la variété chen's et $4.86 \pm 0.79 \mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$ pour la variété Hedba3. Sous le traitement SH60 de la capacité au champ, les carot fluctuent entre $6.59 \pm 0.88 \mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$ pour la variété chen's et $3.57 \pm 0.19 \mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$ enregistré pour la variété Bidi17. Au niveau du lot SH30 de la capacité au champ, la plus importante valeur $5.12 \pm 0.16 \mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$ affichée pour la variété waha et la plus faible donnée estimée pour la variété Bidi17 avec $2.35 \pm 0.19 \mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$.

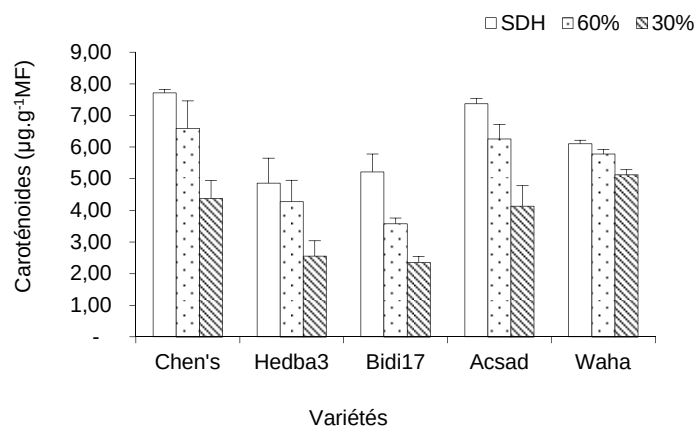


Fig. 5. Teneur en caroténoïdes (carot) des feuilles excisées ($\mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1} \text{MF}$) des plantes des variétés de blé conduites sous régime hydrique à SH60 et SH30 au stade floraison.

Tableau 1. Analyse de la variance de la RWC et la teneur des pigments chlorophylliens des feuilles des plantes des variétés de blé sous régime hydrique au stade floraison.

Paramètre	Effet variétal F1		Effet hydrique F2		Interaction F1xF2	
	Test F	Probabilité	Test F	Probabilité	Test F	Probabilité
RWC	8.322	0.000	41.622	0.000	3.045	0.012
Chl a	7.830	0.000	19.101	0.000	0.356	0.958
Chl b	12.608	0.000	33.587	0.000	2.363	0.052
Carot	14.469	0.000	26.178	0.000	0.808	0.631
Chl tot	10.282	0.000	25.889	0.000	0.746	0.725

4.3 TENEUR EN PROLINE

L'examen des résultats présentés dans le tableau 2 montre que l'élaboration du taux de proline est en relation avec la variabilité génotypique et le régime hydrique appliqué ($P < 0.05$, $P < 0.05$). L'interaction entre les deux facteurs d'étude influe également sur l'élaboration de cette caractéristique ($P < 5\%$). Ce résultat indique que les réponses extériorisées par les variétés expérimentées sont différentes.

L'analyse des résultats montre qu'à la déclaration de la carence hydrique s'accompagne une accumulation de la proline. La figure 6 indique que pour la variété Waha, les valeurs les plus importantes du taux de proline passe de 399 ± 141.26 , 742.66 ± 80.26 à $1040 \pm 130.63 \mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1} \text{MF}$ respectivement en passant du lot témoin aux situations hydriques, SH60% et SH30%. Concernant la variété bidi17, la proline évolue de $288.33 \pm 36.27 \mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1} \text{MF}$ pour le lot témoin à 355.50 ± 49.50 , $578 \pm 51.15 \mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1} \text{MF}$ respectivement pour les traitements SH60% et SH30%.

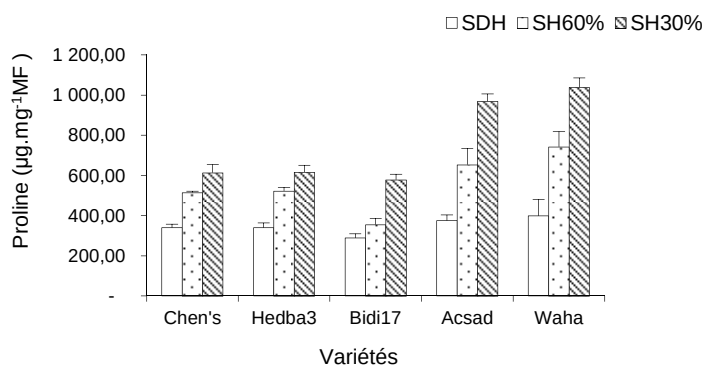


Fig. 6. Teneur en proline des feuilles excisées ($\mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1} \text{MF}$) des plantes des variétés de blé conduites sous régime hydrique à SH60 et SH30 au stade floraison

4.4 TENEUR EN SUCRES SOLUBLES

L'étude analytique des résultats montre que l'expression du taux des sucres solubles présente une forte relation avec la variabilité génotypique ($P < 0.05$). Ainsi que l'alimentation hydrique ($P < 0.05$). L'interaction entre le déficit hydrique et la variabilité testée, aucune distinction n'est notée pour les variétés testées sous contrainte hydrique ($P > 0.05$).

La figure 7 montre que le taux de sucres solubles est affecté par le déficit hydrique de manière significative et proportionnelle à l'intensité du régime hydrique appliqué. Pour les feuilles des plantes témoins, le taux de sucres solubles est limité entre $6.71 \pm 0.43 \mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1} \text{MF}$ pour Bidi17 et $4.32 \pm 0.80 \mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1} \text{MF}$ pour la variété Hedba3. Sous le traitement SH60 de la capacité au champ, les taux de sucres solubles fluctuent entre $7.93 \pm 1.57 \mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1} \text{MF}$ pour la variété Waha et $5.30 \pm 0.86 \mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1} \text{MF}$ pour la variété Hedba3. Au niveau du traitement SH30 de la capacité au champ, la plus importante valeur est affichée pour la variété Acsad avec $9.59 \pm 0.07 \mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1} \text{MF}$ et la plus faible donnée est estimée pour la variété Hedba avec $7.37 \pm 1 \mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1} \text{MF}$.

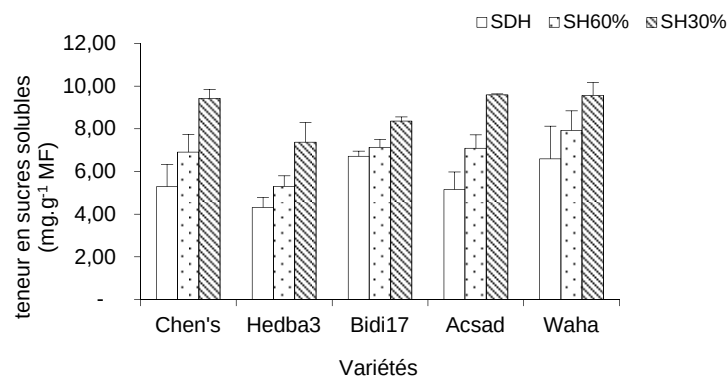


Fig. 7. Teneur en sucres solubles des feuilles excisées ($\mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1} \text{MF}$) des plantes des variétés de blé conduites sous régime hydrique à SH60 et SH30 au stade floraison.

4.5 TAUX DE K⁺

L'analyse statistique présentée dans le tableau 2 démontre que le taux de K⁺ des feuilles est indépendante du régime hydrique et de la variété ($P > 0.05$). L'interaction de ces deux facteurs provoque des fluctuations élevées sur cette perte d'eau ($P < 0.05$). Cet effet s'explique par le fait que la variabilité conduite extériorise des réponses différentes vis-à-vis du régime hydrique appliqué.

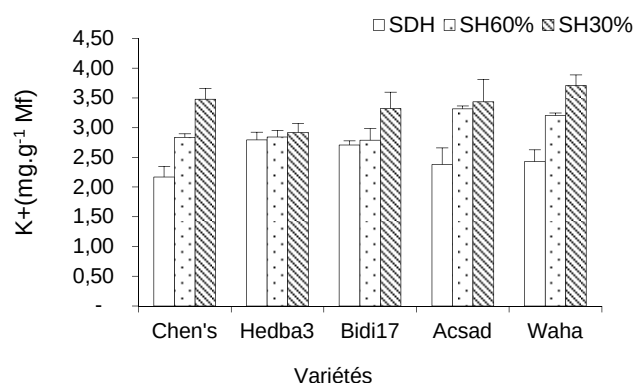


Fig. 8. Teneur K⁺ des feuilles excisées ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{Ps}$) des plantes des variétés de blé conduites sous régime hydrique à SH60 et SH30 au stade floraison

Les résultats montrent qu'au niveau du traitement témoin, c'est la variété Hedba qui inscrit la valeur la plus importante avec $2.79 \pm 0.13 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{Ps}$, à l'opposé de la variété Chen's qui donne la valeur la plus faible $2.17 \pm 0.18 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{Ps}$. Au niveau du traitement SH60 la teneur la plus importante en K⁺ est enregistrée pour la variété Acsad ($3.32 \pm 0.05 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{Ps}$) la plus faible

teneur en K^+ est observée pour la variété Bidi17 ($2.79 \pm 0.20 \text{ mg.g}^{-1}\text{Ps}$). Au niveau du traitement SH30 la teneur en K^+ passe de $3.71 \pm 0.18 \text{ mg.g}^{-1}\text{Ps}$ pour la variété waha à $2.92 \pm 0.15 \text{ mg.g}^{-1}\text{Ps}$ pour la variété Hedba3.

4.6 TAUX DE Na^+

L'étude analytique des résultats montre que la teneur en Na^+ ne présente aucune relation avec la variabilité génotypique ($P > 0.05$). Ainsi que l'alimentation hydrique ($P > 0.05$). L'interaction de ces deux facteurs provoque de faibles fluctuations ($P < 0.05$). Cet effet s'explique par le fait que la variabilité conduite extériorise des réponses similaires vis-à-vis du régime hydrique appliqué.

Les valeurs moyennes révèlent que pour les feuilles des plantes témoins, une nette augmentation de la teneur en Na^+ observée pour la variété Hedba3 avec $0.74 \pm 0.10 \text{ mg.g}^{-1}\text{Ps}$ et une valeur minimale de $0.61 \pm 0.07 \text{ mg.g}^{-1}\text{Ps}$ pour la variété Waha. Sous le traitement SH60, la teneur en Na^+ chute remarquablement de $0.95 \pm 0.05 \text{ mg.g}^{-1}\text{Ps}$ pour Bidi17 à $0.75 \pm 0.04 \text{ mg.g}^{-1}\text{Ps}$ pour les variétés Hedba3 et chen's. Au niveau du traitement SH30 la teneur en Na^+ des feuilles de la variété Bidi17 baisse de $0.95 \pm 0.05 \text{ mg.g}^{-1}\text{Ps}$ à $0.86 \pm 0.12 \text{ mg.g}^{-1}\text{Ps}$ pour Hedba3.

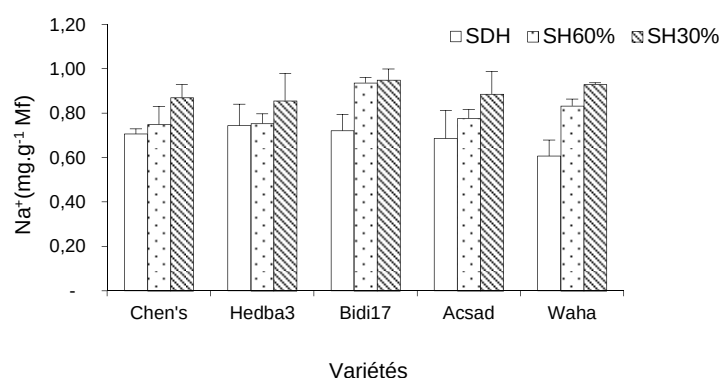


Fig. 9. Teneur Na^+ des feuilles excisées ($\text{mg.g}^{-1}\text{Ps}$) des plantes des variétés de blé conduites sous régime hydrique à SH60 et SH30 au stade floraison.

Tableau 2. Analyse de la variance des teneurs en sucre solubles et les taux de proline des feuilles des plantes des variétés de blé sous régime hydrique au stade floraison.

Paramètre	Effet variétal F1		Effet hydrique F2		Interaction F1xF2	
	Test F	Probabilité	Test F	Probabilité	Test F	Probabilité
Proline	27.818	0.000	111.218	0.000	4.898	0.000
Sucres solubles	4.262	0.007	24.965	0.000	0.576	0.788
K^+	0.548	0.701	1.387	0.265	3.591	0.004
Na^+	0.617	0.653	0.520	0.599	2.124	0.064

5 DISCUSSION

L'état hydrique de la plante, exprimé par la teneur relative en eau, s'est montré sensible aux variations des disponibilités en eau dans le sol. En effet, une comparaison entre l'évolution de la RWC des cinq variétés de blé étudiées a montré que la RWC diminue au fur et à mesure que le déficit hydrique s'accroît. Ces constatations se confirment par la nette relation négative et significative révélée entre le déficit hydrique et la RWC ($r = -0.551^{**}$). La référence [9], [24], [25] notent que cette diminution de la RWC est plus rapide chez les variétés sensibles que chez les variétés résistantes. Par contre une RWC élevée dans des conditions de stress a été observée chez le soja. D'autre part, [25], [26] montrent que les génotypes qui maintiennent une RWC élevée en présence de stress hydrique sont des génotypes tolérants.

Une corrélation négative est observée entre le déficit hydrique et les teneurs en chlorophylle b ($r = -0.320^*$) et les caroténoïdes ($r = -0.394^{**}$). Ces corrélations sont traduites par les faibles teneurs en chlorophylles enregistrées en situation de déficit hydrique. La teneur en chlorophylles a été affectée par le manque d'eau de manière significative et proportionnelle à l'intensité du stress hydrique appliqué chez les cinq variétés testées [27]. Cette baisse observée par les plants du traitement

SH30% a été significativement plus importante que celle des plants du traitement SH60%. Ces résultats sont en concordance avec ceux de [9] qui ont montré que sous un stress hydrique, une diminution de la teneur en chlorophylle est remarquée chez le blé dur.

La capacité d'ajustement apparaît, chez de nombreuses espèces comme un mécanisme clé dans la tolérance à la déshydratation [28], [29]. Il consiste en une diminution du potentiel osmotique, provoquée par l'accumulation d'osmotocums, essentiellement ceux issus du propre métabolisme de la plante et dont principalement les sucres solubles et la proline [28]. Elle se rapporte spécifiquement à une augmentation de ces solutés, provoquée par des processus métaboliques déclenchés par le stress.

L'ajustement osmotique fait diminuer le potentiel hydrique qui devient donc plus négatif, permettant ainsi de maintenir le mouvement d'eau vers les feuilles et par conséquent leur turgescence [3], [11], [30]. Ce type de tolérance permet à la plante d'assurer normalement ses fonctions physiologiques malgré une dépression de son état hydrique interne conséquente à la sécheresse [14]. Les sucres sont considérés par plusieurs auteurs comme de bons osmorégulateurs qui peuvent jouer un rôle important dans l'ajustement osmotique et l'adaptation des plantes à la sécheresse [28], [30]. Une forte corrélation positive est notée entre la contrainte hydrique appliquée et la teneur en sucres solubles ($r=0,695^{**}$). Le déficit hydrique augmente considérablement la teneur en sucres solubles. Cette hausse devient plus nette au fur et à mesure que l'intensité du stress s'accroît. Les résultats enregistrés lors de cette étude se trouvent largement confirmés par les nombreux travaux réalisés dans ce domaine. En effet, l'implication des sucres dans la tolérance au stress hydrique a été mise en évidence par les corrélations observées entre le contenu en certains sucres et l'acquisition de la tolérance [31].

L'accumulation de la proline constitue aussi un véritable mécanisme de tolérance à la sécheresse [32]. En effet, la teneur en proline est plus élevée en cas de déficit hydrique et, en particulier, chez les génotypes les plus résistants à la sécheresse [30]. Les résultats dégagés de notre étude démontrent efficacement cette logique. Ainsi, on démontre que l'augmentation de la proline est favorisée par l'accroissement de la sévérité du déficit hydrique appliqué ($r=0,743^{**}$). Certains auteurs, [33] ont proposé l'accumulation de la proline comme technique de sélection. [31], [32] montrent que plusieurs sélectionneurs et physiologistes ont utilisé la capacité de son accumulation dans le criblage de génotypes résistants au déficit hydrique [3], [11], [34]. Les résultats que nous venons de décrire sur l'analyse des cations monovalents comme les Na^+ et K^+ suggèrent une variabilité cationique de la réponse de blé comme un bon marqueur physiologique au déficit hydrique. En effet, l'intensification du déficit hydrique s'accompagne d'une progression du Na^+ des plantes utilisées. Divers travaux rapportent que l'accumulation du Na^+ dans les feuilles peut causer la toxicité chez les glycophytes [21], [11]. Cette forme de séquestration du Na^+ en excès dans les feuilles indique l'abaissement du potentiel osmotique [33]. Un taux élevé de K^+ conduit à un ratio K^+/Na^+ relativement important qui influe sur la photosynthèse ce qui est confirmé par les résultats de [34], ratio clé de la tolérance des plantes à la sécheresse. Les variétés utilisées accumulent plus de K^+ que de Na^+ comme le confirment les travaux de [35] sur le blé dur et [34], [36] sur le blé et l'orge. L'effet du déficit hydrique sur l'absorption de K^+ a été observé chez plusieurs espèces végétales telles que les triticales [33], et l'olivier [38], [31].

6 CONCLUSION

La sécheresse constitue la principale contrainte abiotique responsable de la faiblesse du rendement des céréales et celui du blé dur. La résistance à la sécheresse est un phénomène complexe faisant intervenir devant les contraintes environnementales, de nombreux mécanismes d'adaptation interagissant entre eux et les conditions du milieu. L'identification des mécanismes de résistance demeure déterminante dans toutes manipulations de création de matériel végétal tolérant à cette contrainte abiotique. Le travail entrepris se fixait comme objectifs la sélection des paramètres d'ordre divers impliqués dans la fonction de tolérance au déficit hydrique chez le blé dur. Les résultats obtenus lors de cette étude montrent que la teneur relative en eau représente l'une des premières caractéristiques altérées en situations d'alimentation hydriques limitantes. Il se dégage de cette étude que le déficit hydrique est accompagné d'une forte augmentation des teneurs en sucres solubles et en proline. Ainsi, au niveau des traitements maintenus à des faibles teneurs en eau, la teneur en sucre solubles croît considérablement en comparaison avec celui des traitements plus hydratés.

L'existence chez les céréales d'une variation intraspécifique pour l'accumulation de la proline sous l'effet du stress hydrique suggère la possibilité d'une sélection, sur la base de ce caractère, des génotypes qui auront une bonne capacité à survivre et un rendement en grains stable en conditions hydriques limitantes.

REFERENCES

- [1] R. Motzo, G. Pruneddu, F. Giunta, "The role of stomatal conductance for water and radiation use efficiency of durum wheat and triticale in a Mediterranean environment". Science direct. Europ Journal Agronomy, no. 44, pp. 87-97. 2013
- [2] F. Ouerghi, G. Bouzaïen, A. Albouchi, M. Ben-Hammouda, H. Cheikh M'hamed, S. Aloui- Rezgui, and B. Nasraoui, " Effects of linseed oil spray on some physiological traits of durum wheat and barley under glasshouse water deficit stress. Tunisian Journal of Plant Protection no 5, pp. 1-8, 2010.
- [3] S. Yousfi, M. D. Serret, A. J. Marquez, J. Voltas and J. L. Araus, Combined use of $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{15}\text{N}$ tracks nitrogen metabolism and genotypic adaptation of durum wheat to salinity and water deficit, New physiologist vol. 194, pp. 230-244, 1011.
- [4] WU Xiao-li and BAO Wei-kai, " Statistical Analysis of Leaf Water Use Efficiency and Physiology Traits of Winter Wheat Under Drought Condition", Journal of Integrative Agriculture, vol. 11, no. 1, pp. 82-89. 2012.
- [5] J. B. Passioura, " Phenotyping for drought tolerance in grain crops: when is it useful to breeders?" functional plant biology, vol. 39 no. 11 pp. 851-859. 2012.
- [6] M. EL fakhri, S. mahboub, M. benchekroun, N. nsarellah, " Effet du stress hydrique sur les caractéristiques d'enracinement du blé dur (*Triticum Durum*. Desf), Nature et Technologie, n° 03, pp. 06- 12, 2010.
- [7] RA. Richards, GJ. Rebetzke, M. Watt, AG. Condon, W. Spielmeyer, R. Dolferus Breeding for improved water productivity in temperate cereals: phenotyping, quantitative trait loci, markers and the selection environment. Functional Plant Biology vol. 37, pp. 85–97. doi:10.1071/FP09219.
- [8] L. Song, D-W. Zhang, F-M. Li, X-W. Fan, Q. Ma, NC. Turner, "Soil water availability alters the inter- and intra-cultivar competition of three spring wheat cultivars bred in different eras". Journal Agronomy & Crop Science.vol. 196, pp.323–335. 2010. doi:10.1111/j.1439-037X.2010.00419.x
- [9] T. Boutraa, A. Akhkha, A. Al-Shoaibi; A. Alhejeli, "Effect of water stress on growth and water use efficiency (WUE) of some wheat cultivars (*Triticum durum*) grown in Saudi Arabia". Journal for science of Taibah university vol. 3, pp.39-48. 2010.
- [10] S. Attab, L. Brinis," Etude comparative de la réponse physiologique de deux variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) à l'infection par *Blumeria graminis* f.sp.tritici agent causal de l'oïdium". Rev. Sci. Technol., Synthèse vol.25 pp. 82 – 87. 2012
- [11] S. Yousfi, M. D. Serret, J. Voltas and J. L. Araus, "Affect of salinity and water stress during the reproductive stage on growth, ions concentrations, $\Delta^{13}\text{C}$, and $\delta^{15}\text{N}$ of durum wheat and related amphiploids", Journal of Experimental Botany, vol. 61, no. 13, pp. 3529-3542, 2010.
- [12] J.L. Araus, G.A. Slafer, C. Royo, M.D. Serret, Breeding for yield potential and stress adaptation in cereals.Critical Reviews in Plant Sciences vol. 27, pp.377–412, 2008.
- [13] D. Son, E compaore, S. Bonkougou, S. Sangare," Effect of water stress on sesame (*Sesamum indicum*) growth and yield production", Journal of Applied Biosciences vol. 37, pp. 2460-2467, 2011.
- [14] A. Elazab, G.Molero, MD. Serret, Araus JL. Functional Plant Biology, 2012, vol. 39, pp. 379–393. 2012. <http://dx.doi.org/10.1071/FP11237>
- [15] Hacini N. Etude de l'interaction Génotype X Environnement et effet de l'origine de quelques cultivars de blé dur (*Triticum durum* Desf.) sur les aptitudes adaptatives et qualitatives. 2014
- [16] PL. Drake ; RH. Froend ; PJ. Franks ; Smaller, faster stomata: scaling of stomatal size, rate of response, and stomatal conductance. Journal of Experimental Botany, Vol. 64, No. 2, pp. 495–505, 2013 doi:10.1093/jxb/ers347 10.1093/jxb/ers347
- [17] PY. Ladiges, "Some aspects of tissue water relation in three populations of *Eucalyptus viminalis* Labill", New phytol, vol. 75, pp. 53-62, 1975.
- [18] J.M. Clarke, T.N. Mc Caig, "Excised-leaf water retention capability as an indicator of drought resistance of *Triticum* genotypes", Can. J. Plant Sci. Vol. 62, pp. 571-578, 1982.
- [19] H. K. Lichtenthaler , "Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes", Methods Enzymol, vol. 148, pp. 350-380, 1987.
- [20] SN. Shabala, RR. Lew, "Turgor regulation in osmotically stressed *Arabidopsis* epidermal root cells : support for the role of inorganic ion uptake as revealed by concurrent flux and cell turgor measurements", Plant physiology, no. 129, pp. 290-299, 2002.
- [21] S. N Shabala, S. I. Shabala, A. I. Martynenko, O. Babourina, AND I. A. Newman, "Salinity effect on bioelectric activity, growth, Na^+ accumulation and chlorophyll fluorescence of maize leaves: a comparative survey and prospects for screening", Journal Plant Physiology, Vol. 25, pp 609-616, 1998.

- [22] D. Rekika, "Identification et analyse génétique des caractères physiologiques liés au rendement en conditions de sécheresse chez le blé dur. Intérêt potentiel des espèces sauvages apparentées pour l'amélioration de ces caractères", Thèse Doctorat, ENSAM France : 160 p. 1997.
- [23] W. Troll AND J. Lindsley, "A photometric method for the determination of proline"; J. Biochem, pp. 655-660. 1955
- [24] Huseynova I M., Photosynthetic characteristics and enzymatic antioxidant capacity of leaves from wheat cultivars exposed to drought. *Biochimica et Biophysica Acta* vol. 1817 pp.1516–1523.2012.
- [25] A. Thameur, A. Ferchichi, M. López-Carbonell. Quantification of free and conjugated abscisic acid in five genotypes of barley (*Hordeum vulgare* L.) under water stress conditions. *Science direct. South African Journal of Botany*, vol. 77, pp.222–228. 2011
- [26] A. Thameur, B. Lachiheb, A. Ferchichi, " Drought effect on growth, gas exchange and yield, in two strains of local barley Ardhaoui, under water deficit conditions in southern Tunisia". *Science direct. Journal of Environmental Management* vol.113 pp. 495-500. 2012.
- [27] Y. Ni, Y.J. Guo, Y.J. Guo, L. Han, H. Tang, and M. Conyers, " Leaf cuticular waxes and physiological parameters in alfalfa leaves as influenced by drought", *PHOTOSYNTHETICA* vol. 50 no. 03, pp. 458-466, 2012.
- [28] P. Diaz, M. Betti, D. H. Sanchez, M. K. Udvardi, J. Monza, A.J. Marquez, Deficiency in plastidic glutamine synthetase alters proline metabolism and transcriptomic response in *Lottus japonicus* under drought stress. *New phtologist*, Vol. 188, pp. 1001-1013, 2010.
- [29] Dias, M.C., Brüggemann, W.: Limitations of photosynthesis in *Phaseolus vulgaris* under drought stress: Gas exchange, chlorophyll fluorescence and calvin cycle enzymes. – *Photosynthetica* vol. 48 pp. 96-102, 2010.
- [30] Hassani, A. Dellal, M. Belkhodja, M. Kaid- Harche, Effet de la Salinite Sur L'eau et Certains Osmolytes Chez L'orge (*Hordeum Vulgare*), *European Journal of Scientific Research*, Vol.23 No.1 (2008), pp.61-69, 2008 .
- [31] E. Ottow, M. Brinker, E. Fritz, T. Teichmann, W. Kaiser, M. Brosche, J. Kangasjarvi, X. Jiang, and A. Polle, "Populus euphratica Displays Apoplastic Sodium Accumulation, Osmotic Adjustment by Decreases in Calcium and Soluble Carbohydrates, and Develops Leaf Succulence under Salt Stress", *Plant Physiology*, Vol. 139, pp. 1762–1772, 2005.
- [32] A. Slama, M. Salem, M. Ben Naceur, E. Zid, "Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanisme de résistance". *Sécheresse*, Vol. 16, pp. 225- 229. 2005.
- [33] A. Morant-Manceau, E. Pradier, G. Tremblin, "Osmotic adjustment, gas exchanges and chlorophyll fluorescence of a hexaploid triticale and its parental species under salt stress". *Journal Plant Physiol*, vol. 161, Pp. 25–33, 2004.
- [34] R. Munns, a.j. Richard, A. Lauchli " Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals". *Journal of Experimental Botany*, Vol. 57, No. 5, pp. 1025–1043, 2006.
- [35] Lindsay, E. Lagudah, and R. Munns. "A locus for sodium exclusion (Nax1), a trait for salt tolerance, mapped in durum wheat". *Functional Plant Biology* vol. 31. Pp.1105–1114. 2004.
- [36] R. Munns..Comparative physiology of salt and water stress; *Plant, Cell and Environment*, vol. 25, pp.239–250, 2002
- [37] A.R. Navarro, F. Rubio. "High-affinity potassium and sodium transport systems in plants" *Journal of Experimental Botany*; 57(5):1149-1160, 2006.

Importance relative des mauvaises herbes de la culture du maïs dans le département de M'Bahiakro

[Relative importance of weeds in maize cultivation in the M'Bahiakro department]

Joseph Nanan KOUAKOU¹, Frédéric Kra KOUAME¹⁻², Joseph Ipou IPOU¹⁻², and Arsene GUE¹

¹Laboratoire de Botanique, U.F.R. Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny (F.H.B.), Abidjan, Côte d'Ivoire

²Centre National de Floristique (C.N.F.), UFR Biosciences, Université F.H.B., Abidjan, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: The study of weed fields of corn M'Bahiakro department in Iffou region of Côte d'Ivoire, is based on 127 floristic surveys in the two agro-ecosystems (forest, savannah). It aims to describe the overall character of the weed flora and botanical attributes, biological, and Phytosociological phytoecological of 299 species recorded. These species belong to 55 families whose predominant genera and species are Poaceae, Asteraceae, Fabaceae, Euphorbiaceae and Rubiaceae. The biological type of each identified species has built the biological spectrum characteristic of each vegetation as well as the M'Bahiakro department (synthetic spectrum). The agronomically important species is analyzed based on their relative frequency and abundance -dominance. The projection of cash on a diagram of infestation allowed to differentiate five species groups.

KEYWORDS: Biological type; infestation diagram; Côte d'Ivoire.

RÉSUMÉ: L'étude de l'enherbement des champs de maïs du département de M'Bahiakro, dans la région de Iffou de la Côte d'Ivoire, s'appuie sur 127 relevés floristiques réalisés dans les deux agrosystèmes (forêt, savane). Elle a pour objectif de décrire les caractères d'ensemble de la flore adventice ainsi que les attributs botaniques, biologiques, phytosociologiques et phytoécologiques des 299 espèces recensées. Ces espèces appartiennent à 55 familles dont les prépondérantes en genres et en espèces sont les Poaceae, Asteraceae, Fabaceae, Euphorbiaceae et Rubiaceae. Le type biologique de chaque espèce recensée a permis de construire le spectre biologique caractéristique de chaque végétation ainsi que celui du département de M'Bahiakro (spectre synthétique). L'importance agronomique des espèces est analysée à partir de leur fréquence relative et de leur abondance-dominance. La projection des espèces sur un diagramme d'infestation a permis de différencier cinq groupes d'espèces.

MOTS-CLEFS: Type biologique; diagramme d'infestation; Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

La production céréalière ivoirienne est largement déficitaire surtout au niveau du rendement du maïs produit malgré les efforts consentis par l'état de Côte d'Ivoire à travers le Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) pour l'amélioration des variétés. L'une des contraintes à la grande production céréalière est la concurrence des mauvaises herbes. Ces espèces sont nuisibles à tous les stades de développement de la culture jusqu'à la récolte dans les systèmes de production agricole. Elles absorbent les mêmes éléments nutritifs que les plantes cultivées et utilisent également les ressources comme l'eau, la lumière et l'espace qui auraient pu servir aux cultures. Ces adventices servent également d'hôtes ou réservoirs de prédateurs et exercent des phénomènes d'allélopathie sur les plantes cultivées. Tous ces caractères impactent le rendement et la qualité de la production des cultures [1], [2], [3].

En Côte d'Ivoire, dans les régions à forte production du maïs comme le département de M'Bahiakro, les agriculteurs enregistrent d'énormes pertes de rendement dues aux mauvaises herbes. La caractérisation des adventices majeures serait une solution idoine dans les mesures de lutte. Elle permettra la mise au point d'itinéraires techniques efficaces de désherbage qui va garantir de meilleurs rendements et de meilleures productions. C'est pourquoi, une étude intitulée «Importance relative des mauvaises de la culture du maïs dans la région de M'Bahiakro au centre-est de la Côte d'Ivoire.» est entreprise.

Dans ce contexte, l'identification et la connaissance du degré d'agressivité des adventices semblent indispensables. Le présent travail est effectué dans la région de M'Bahiakro soumis à deux types de végétation (savane et forêt). Il s'agira de caractériser l'importance relative et agronomique des adventices; notamment les plus représentatives dans la flore adventice du milieu d'étude.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES DE L'ÉTUDE

2.1 MATÉRIEL

Le matériel biologique de cette étude est constitué des différentes variétés de maïs sélectionnées (San Antonio de Chili et variété locale EV 8728), des variétés de maïs traditionnelles non sélectionnées et des adventices rencontrées dans les champs de maïs visités. Le matériel technique est constitué d'un GPS (Global Positioning System) qui a permis de mesurer les superficies exploitées. Enfin, Microsoft office 2010 est l'outil informatique qui a permis de faire le traitement de texte sur Word. La saisie et l'exploitation des données ont été réalisées à l'aide du tableur EXCEL. Le logiciel STATISTICA 7.1 a permis de faire les différentes analyses statistiques.

2.2 MÉTHODES

2.2.1 INVENTAIRE FLORISTIQUE

L'inventaire des adventices a été effectué au cours d'un cycle cultural du maïs. Il a été réalisé selon la technique de tour de champ. Cette technique consiste à parcourir la parcelle dans différentes directions en notant la présence de chaque espèce rencontrée. Au cours de cette opération, une note d'abondance-dominance est attribuée à chaque espèce recensée selon l'échelle d'indices variant de 1 à 5 (Tableau I), utilisée par [4] qui est une adaptation de celle de [5]

Tableau I: Échelle adoptée pour la quantification de l'enherbement

Indices	Significations
1	Individus rares, peu abondants ou abondants, mais à recouvrement faible
2	Individus très abondants ou recouvrant 1/20 de la surface échantillonnée
3	Individus recouvrant ¼ à ½ de la surface, abondance quelconque
4	Individus recouvrant ½ à ¾ de la surface, abondance quelconque
5	Individus recouvrant plus de ¾ de la surface, abondance quelconque

2.2.2 EXPLOITATION DES DONNÉES

2.2.2.1 SPECTRE DES TYPES BIOLOGIQUES

Chaque espèce recensée est rangée dans sa famille taxonomique et affectée du type biologique (T.B.) auquel elle appartient. Le modèle de classification adopté est celui de [6], lui-même adapté du modèle de [7]. Les pourcentages des espèces des types biologiques calculés ont permis de déterminer les spectres biologiques aussi bien pour chaque type de végétation visitée que pour la localité de M'Bahiakro (spectre global ou spectre synthétique).

$$p.c. (TB) = \frac{\sum AD_{moy. \text{ des espèces du même } (TB)}}{\sum AD_{moy. \text{ de toutes les espèces}}} \times 100 \quad (1)$$

Avec, p.c. – pourcentage ; TB - type biologique ; ADmoy - abondance-dominance moyenne.

Les types biologiques et les limites de la hauteur des bourgeons végétatifs de chaque type sont les suivantes : Mégaphanérophyte (MP), arbre de plus de 30 m de hauteur ; Mésophanérophyte (mP), arbre de 8 à 30 m de hauteur ; Microphanérophyte (mp), arbre de 2 à 8 m de hauteur ; Nanophanérophyte (np), arbuste de 25 cm à 2 m de hauteur ; Chaméphyte (Ch), espèce dont les bourgeons pérennes sont situés à moins de 25 cm du sol ; Hémicryptophyte (H), espèce dont les bourgeons sont situés sur le sol ou très près au-dessus ; Géophyte (G), espèce dont les bourgeons sont cachés dans le sol ; enfin les Thérophytes (Th), espèce annuelle qui passe la saison défavorable sous forme d'embryons en vie latente, protégés à l'intérieur de graines.

2.2.2.2 IMPORTANCE RELATIVE DES ADVENTICES MAJEURES

La classification des espèces en fonction de leur potentiel de nuisibilité est obtenue à partir du diagramme d'infestation. Ce diagramme est le positionnement des espèces sur un graphique où sont portées en abscisse les fréquences relatives des espèces dans un ensemble de relevé et leur abondance-dominance en ordonnée.

La fréquence absolue ou spécifique est le nombre (n) de fois qu'une espèce (e) est observée dans (N) relevés représentant un échantillonnage. La fréquence relative est le rapport de la fréquence absolue sur le nombre total de relevés. La fréquence centésimale (Fc) est la fréquence relative exprimée en pourcentage.

$$F_c = \frac{F_a(e)}{N} \times 100 \quad (2)$$

Avec, Fc - fréquence centésimale, N - nombre total de relevés, Fa – fréquence absolue.

L'abondance-dominance moyenne de l'espèce (e) est la somme des notes d'abondance dominance sur le nombre total de relevés (N).

$$AD \text{ moy } (e) = \frac{\sum AD \text{ de l'espèce } (e)}{N} \quad (3)$$

Avec, AD moy - abondance dominance moyenne, AD (e) - abondance-dominance moyenne de l'espèce.

Le diagramme d'infestation des espèces permet de différencier les groupes d'espèces selon leur degré d'infestation, donc leur importance agronomique [8], [4], [9], [10].

Les différents groupes d'espèces sont définis comme suit :

- les espèces à la fois fréquentes (fréquence > 0,5) et abondantes (A/D moy. > 1,5) constituent les « **mauvaises herbes majeures générales** » ;
- les espèces fréquentes, d'abondance moyenne (1,25 < A/D moy. < 1,5) sont dites « **mauvaises herbes potentielles générales** » ;
- les espèces fréquentes mais jamais abondantes (A/D moy. < 1,5), sont des espèces ubiquistes mais ne posant pas de problème particulier dans le contexte phytotechnique actuel. Ces dernières sont des adventices à surveiller du fait de leur grande distribution lors des pratiques culturales. On les appelle « **mauvaises herbes majeures régionales** » ; ce sont des espèces dont la présence est liée à un facteur écologique d'ordre régional. Il s'agit de la végétation originelle ou de l'environnement agricole [4];
- les espèces moyennement fréquentes (0,2 < fréquence < 0,5) à amplitude écologique large dont la présence est liée à un facteur écologique d'ordre régional (sol, climat, topographie) et abondante, appelées « **mauvaises herbes potentielles régionales** » ;
- les espèces fréquentes mais localement très abondantes ayant une amplitude écologique étroite sont appelées « **mauvaises herbes majeures locales** » ; elles deviennent une contrainte agronomique importante sur les parcelles cultivées dans la zone forestière ou savanicole ;

- les espèces peu fréquentes et peu abondantes sont des espèces rares, étrangères ou pionnières qualifiées de « **mauvaises herbes mineures** » ; elles ne constituent pas une nuisance pour les cultures de maïs. Il est cependant utile de débarrasser les champs de ces espèces, surtout à cause de la concurrence qu'elles peuvent engager avec la culture de maïs pour l'occupation de l'espace.

Il existe des niveaux intermédiaires entre le groupe des espèces « **mineures** » et celui des espèces « **majeures** » ; ce sont des espèces « **potentielles régionales** », « **régionales** » et « **potentielles locales** ». Dans cette étude, le terme « local » est utilisé pour désigner les adventices appartenant aux exploitations dans les différents types de végétation.

3 RÉSULTATS

3.1 FLORE ADVENTICE DES CULTURES DE MAÏS

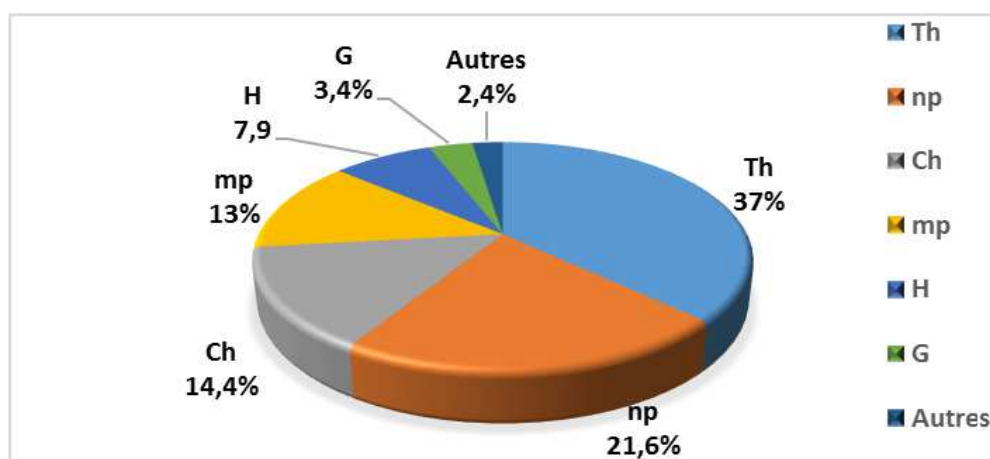
Un total de 127 relevés a été réalisé au cours desquels 299 espèces de mauvaises herbes ont été recensées à raison de 70 relevés en zone de savane et 57 en zone de forêt. Deux cents quatre-vingt-douze (292) espèces de mauvaises herbes ont été recensées en savane contre 262 en zone de forêt. La flore générale comprend 183 genres issus de 55 familles. La classe des Dicotylédones est la plus représentée avec 70,57 % des espèces, réparties en 140 genres et appartenant à 48 familles. Les Asteraceae et les Fabaceae sont représentées par 25 espèces chacune soit près de 16,72 % de la flore adventice. Les Monocotylédones comptent 87 espèces soit 29,10 %; elles sont dominées par les Poaceae avec 58 espèces, soit un taux de 19,40 % des adventices inventoriées. Les Ptéridophytes sont représentées par une seule espèce et un seul genre, soit 0,3 % de la flore des mauvaises herbes (Tableau II).

Tableau III: Nombre d'espèces suivant les grands niveaux taxonomiques

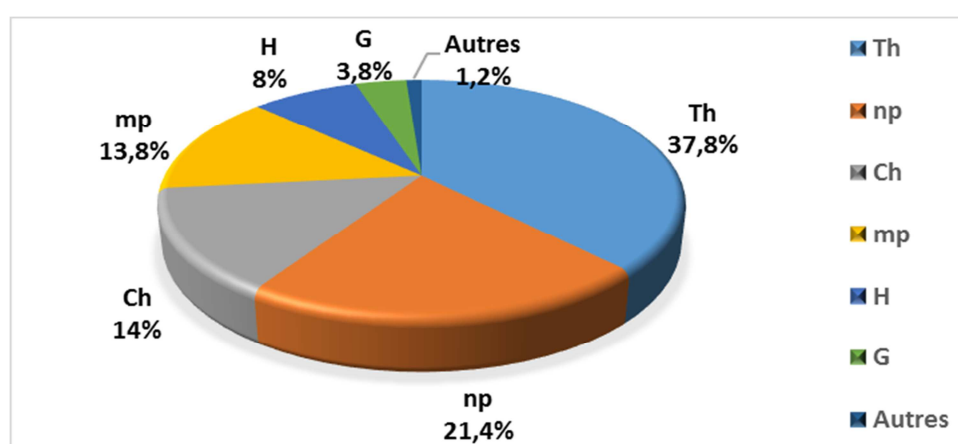
Classe	Genres		Espèces		Familles	
	Nombre	Proportion (%)	Nombre	Proportion (%)	Nombre	Proportion(%)
Dicotylédones	140	76,5	211	70,57	48	87,3
Monocotylédones	42	22,95	87	29,1	6	10,9
Ptéridophytes	1	0,54	1	0,33	1	1,81
Total	183	100	299	100	55	100

3.2 SPECTRE DES TYPES BIOLOGIQUES

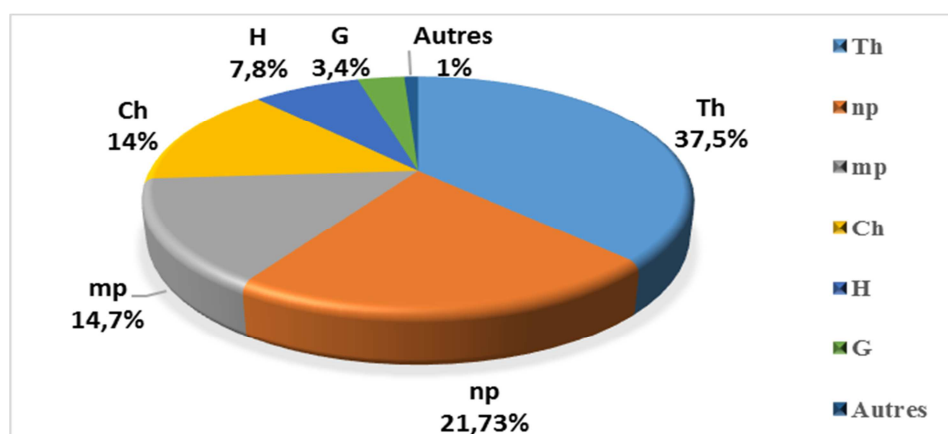
Les espèces inventoriées, au cours de l'étude, appartiennent à neuf types biologiques. Il s'agit des Mégaphanérophytes (MP), des Mésophanérophytes (mP), des Microphanérophytes (mp), des Nanophanérophytes (np), des Géophytes (G), des Chaméphytes (Ch), des Hémicryptophytes (H) et des Thérophytes (Th). La fig.1 représente la place occupée par chacun d'entre eux au sein des 3 spectres biologiques dont les deux (2) premiers correspondent respectivement aux deux (2) zones de végétation inventoriées, c'est-à-dire : forêt et savane. Le troisième spectre est la synthèse des deux (2) précédents correspondant à tout le département de M'Bahiakro. La même figure indique que dans les deux (2) zones inventoriées, tout comme au niveau du spectre synthétique, deux (2) types biologiques sont particulièrement dominants ; il s'agit des Thérophytes (Th) et des Nanophanérophytes (np) qui, dans tous les cas, contribuent ensemble pour au moins 59 %. En associant tous les Phanérophytes aux Thérophytes, on atteint une contribution cumulée moyenne de l'ordre de 73,93 %.



a : Savane



b: Forêt



c: Générale

Fig. 1. Spectres biologiques des adventices du maïs

Légende : Th – ThérophYTE, np - NanophanérophYTE, mp - MicrophanérophYTE, Ch - Chaméphyte, G – Géophyte, H – Hémicryptophyte, Autres (MP - MégaphanérophYTE, mP - MésophanérophYTE).

3.3 FRÉQUENCES DES ADVENTICES

Dans le tableau III, sont prises en compte les espèces ayant une fréquence supérieure ou égale à 20 %. Ces espèces ne représentent que 12,37 % de l'effectif total. Les espèces ayant une fréquence inférieure à 20 % détiennent la plus grande proportion avec 87,63 % de l'effectif total.

Tableau III: Espèces les plus fréquentes dans la culture de maïs

NO	Espèces générales	Fréquence%
1	<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	84,25
2	<i>Croton hirtus</i>	74,02
3	<i>Spigelia anthelmia</i>	63,78
4	<i>Bidens pilosa</i>	55,91
5	<i>Chromolaena odorata</i>	55,12
6	<i>Celosia trygina</i>	52,76
7	<i>Tridax procumbens</i>	46,46
8	<i>Ageratum conizoides</i>	43,31
9	<i>Imperata cylindrica</i>	41,73
10	<i>Boerhavia diffusa</i>	38,58
11	<i>Panicum laxum</i>	37,01
12	<i>Adenia gracilis</i>	34,65
13	<i>Cyrtococcum chaetophoron</i>	34,65
14	<i>Euphorbia heterophylla</i>	34,65
15	<i>Aristida hordeacea</i>	32,28
16	<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	32,28
17	<i>Achyranthes aspera</i>	31,5
18	<i>Euphorbia hirta</i>	30,71
19	<i>Euphorbia forskalli</i>	29,92
20	<i>Acanthospermum hispidum</i>	29,13
21	<i>Adenia lobata</i>	28,35
22	<i>Commelina diffusa</i>	27,56
23	<i>Cyperus distans</i>	24,41
24	<i>Euphorbia convolvuloides</i>	24,41
25	<i>Blumea aurita</i>	23,62
26	<i>Centrosema pubescens</i>	23,62
27	<i>Cleome coeruleo-rosea</i>	22,83
28	<i>Setaria barbata</i>	22,83
29	<i>Ipomoea pes tigridis</i>	22,05
30	<i>Kyllinga erecta</i>	22,05
31	<i>Vernonia perrottetii</i>	22,05
32	<i>Pentodon pentandrus</i>	21,26
33	<i>Striga hermonthica</i>	21,26
34	<i>Aspilia Africana</i>	20,47

3.4 DEGRE D'INFESTATION DES MAUVAISES HERBES DANS LES CULTURES DU MAÏS

Les différentes espèces recensées dans les parcelles cultivées posent des problèmes d'enherbement dont l'ampleur est estimée par le potentiel de nuisibilité. Le diagramme d'infestation permet de classer ces espèces en fonction de leur degré de nuisibilité (Fig. 2). Son analyse a mis en évidence cinq (5) groupes d'espèces sur les neuf. Les différents groupes représentés sont les adventices majeures générales, les adventices potentielles générales, les adventices majeures locales, les adventices potentielles régionales et les adventices mineures. Le tableau IV donne un exemple de classification de certaines espèces dans leurs groupes respectifs.

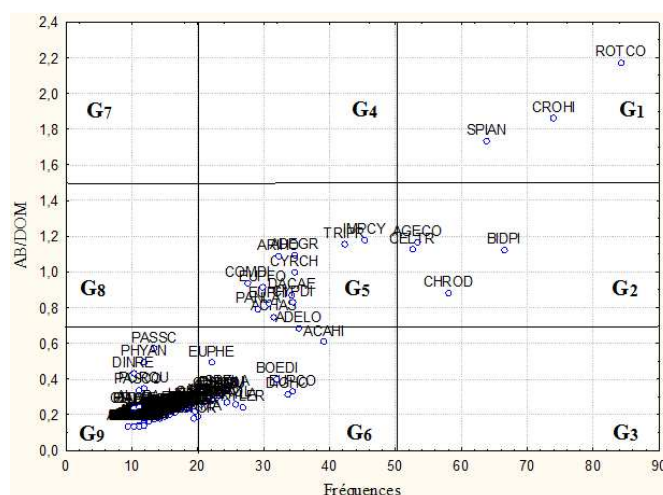


Fig. 2. Diagramme d'infestation des parcelles de maïs

Tableau IV: Répartition des espèces des parcelles cultivées en fonction de leur potentiel de nuisibilité dans le maïs.

Groupes d'adventices	Espèces générales
G₁ : Mauvaises herbes majeures générales	ROTCO <i>Rottboellia cochinchinensis</i>
	CROHI <i>Croton hirtus</i>
	SPIAN <i>Spigelia anthelmia</i>
G₂ : Mauvaises herbes potentielles générales	BIDPI <i>Bidens pilosa</i>
	CHROD <i>Chromolaena odorata</i>
	AGECO <i>Ageratum conizoides</i>
	CELTR <i>Celosia trigyna</i>
G₅ : mauvaises herbes majeures locales	TRIIPR <i>Tridax procumbens</i>
	IMPCY <i>Imperata cylindrica</i>
	ADELO <i>Adenia lobata</i>
	PANLA <i>Panicum laxum</i>
	CYPDI <i>Cyperus distans</i>
	EUPHI <i>Euphorbia hirta</i>
	COMDI <i>Commelina diffusa</i>
	ADEGR <i>Adenia gracilis</i>
G₆ : mauvaises herbes potentielles régionales	BOEDI <i>Boerhavia diffusa</i>
	EUPHE <i>Euphorbia heterophylla</i>
	EUPCO <i>Euphorbia convolvuloides</i>
	CENPU <i>Centrosema pubescens</i>
	SETBA <i>Setaria barbata</i>
	KYLER <i>Kyllinga erecta</i>
	PENPE <i>Pentodon pentandrus</i>
	ARIHO <i>Aristida hordeacea</i>
	ASPAF <i>Aspilia Africana</i>
	PANMA <i>Panicum maximum</i>
G₉ : Mauvaises herbes mineures	COROL <i>Corchorus olitorius</i>
	ISCRU <i>Ischaemum rugosum</i>
	SPOFE <i>Sporobolus festivus</i>
	ANTTO <i>Antiaris toxicaria</i>
	ANCDI <i>Anchomanes difformis</i>
	AMASP <i>Amaranthus spinosus</i>
	ANDGA <i>Andropogon gayanus</i>

Dans le groupe 1, sont classées les adventices majeures générales, représentées par trois (3) espèces, *Rottboellia cochinchinensis*, *Croton hirtus* et *Spigelia anthelmia*. Elles sont rencontrées dans presque toutes les parcelles cultivées aussi bien en forêt qu'en savane. Ce sont les espèces les plus nuisibles des parcelles inventoriées. Ces plantes peuvent causer d'importants dégâts sur la production du maïs en cas de désherbage tardif.

Les adventices du groupe 2, sont retrouvées dans presque tous les relevés avec une abondance moyenne. Ce sont les mauvaises herbes potentielles générales qui ne présentent pas, dans la majorité des cas, trop de gênes pour les cultures. Toutefois, certaines sont rencontrées en peuplement très abondant dans quelques parcelles. Ce sont, en l'occurrence, *Chromolaena odorata* et *Celosia trigyna* dans les parcelles situées en zone forestière ; *Ageratum conyzoides* et *Bidens pilosa* dans certaines parcelles cultivées en zone de savane.

Le groupe 5 correspond aux mauvaises herbes majeures locales. Ce sont des espèces qui ont une fréquence et une abondance régulièrement moyenne. C'est le cas de *Tridax procumbens*, *Adenia lobata*, *Panicum laxum*, *Imperata cylindrica*, *Euphorbia hirta* et *Commelina diffusa*. Mais, *Imperata cylindrica* est rencontrée dans quelques unes des parcelles situées dans la zone de savane et *Panicum laxum* en zone forestière; elles se retrouvent très abondantes et dans ce cas, elles prennent le statut de dominantes.

Le groupe 6 est celui des mauvaises herbes potentielles régionales qui ont été régulièrement rencontrées, mais à faible abondance. Cependant, certaines adventices ont présenté une abondance moyenne dans les parcelles situées en zone savanicole comme en forêt. Ce sont *Boerhavia diffusa*, *Centrosema pubescens*, *Setaria barbata*, *Kyllinga erecta*, *Euphorbia heterophylla*, *Aristida hordeacea*, *Euphorbia convolvuloides* et *Kyllinga erecta*.

Enfin, le groupe 9 renferme les mauvaises herbes mineures. Dans ce groupe, se classent toutes les espèces ligneuses et certaines herbacées telles que *Antiaris toxicaria*, *Panicum maximum*, *Ipomoea mauritiana*, *Amaranthus spinosus*, *Anchomanes difformis*, *Andropogon gayanus*, etc. Les groupes 3; 4; 7 et 8 qui sont respectivement les adventices générales, majeures régionales, régionales et potentielles locales ne comptent aucun représentant.

4 DISCUSSION

4.1 DIVERSITE FLORISTIQUE DE LA VEGETATION ADVENTICE DES MAÏSCULTURES

La présente étude nous a permis d'établir une liste des espèces de mauvaises herbes de la localité de M'Bahiakro. La flore adventice des parcelles cultivées est très diversifiée. Elle se caractérise par une grande richesse générique de 183 genres et spécifique de 299 espèces. Nous avons inventorié un nombre important d'adventices, car notre milieu de travail est typiquement paysan. Les itinéraires techniques de lutte contre les mauvaises herbes chez ces paysans sont traditionnels, donc favorables à la prolifération des adventices contrairement aux modes d'entretien des parcelles dans les exploitations industrielles. En effet, dans les plantations industrielles le contrôle de l'enherbement est assuré par l'usage intensif et régulier d'herbicides. L'utilisation de ces désherbants chimiques réduit les contingents floristiques par le phénomène de sélection, si bien que les flores recensées sont peu diversifiées.

Les familles Botaniques constituées des Poaceae, Asteraceae, Fabaceae, Euphorbiaceae, Rubiaceae, Cyperaceae, Amaranthaceae, Convolvulaceae, Solanaceae et Commelinaceae présentent une importance relative en nombre d'espèces de notre flore. Dans l'ensemble des espèces inventoriées, huit familles botaniques figurent parmi les familles d'adventices considérées par [11] comme familles de mauvaises herbes mondiales. Il s'agit des Euphorbiaceae, Malvaceae, Asteraceae, Poaceae, Cyperaceae, Convolvulaceae, Fabaceae, Polygonaceae, Amaranthaceae et Solanaceae. La famille des Poaceae est la plus représentée avec 28,85 % des espèces de la flore inventoriée. Cela s'explique d'une part, par la présence de plusieurs parcelles en zone de savane et de nombreuses autres en milieu forestier en reconstitution d'autre part. Aussi, les milieux de culture du maïs sont des zones ouvertes si bien que la dispersion des espèces surtout herbacées y est très développée, ce qui explique la forte présence des Poaceae. La prédominance de ces familles est donc liée à leur adaptation aux différents milieux [12].

Quatre types biologiques caractérisent la flore adventice de M'Bahiakro. Il s'agit des Thérophytes, Nanophanérophytes, Microphanérophytes et Chaméphytes. Quelles que soient les listes floristiques établies dans les différentes zones (forêt-savane), la prédominance des thérophytes et des nanophanérophytes est remarquable. Ces deux types biologiques sont les premiers à se mettre en place dans les parcelles cultivées. Cette situation peut s'expliquer par deux faits contradictoires dans les pratiques agricoles d'Afrique intertropicale. En général, les premiers travaux de préparation des parcelles à cultiver (labours ou sarclages) favorisent le développement des Thérophytes et des Nanophanérophytes, alors que la plupart des adventices appartenant aux autres types biologiques, notamment les Mésophanérophytes, les Microphanérophytes et les Géophytes, sont très vite éliminées [13], [12], [14], [15]. Les Thérophytes prédominent avec une proportion de plus de 37 %

de la flore inventoriée. Ce type biologique qui est assez bien représenté dans les milieux de savane est présent sous forme de plants ou de semences.

Ainsi, de nombreux travaux réalisés en zone de savane ou dans le domaine soudano-sahélien montre cette représentativité des thérophytes. Il faut toutefois signaler que quelques résultats contradictoires ont été obtenus. C'est le cas de [16] au nord de la Côte d'Ivoire avec 37 % de thérophytes. En revanche, [17] et [18] ont observé à la lisière forêt-savane plus de 75 % de Thérophytes. Les mêmes observations ont été faites par plusieurs auteurs notamment [9] en zone cotonnière avec une proportion de plus de 60 % dans le nord de la Côte d'Ivoire; [8] au Burkina Faso avec 84 %; [4] en climat soudano-sahélien au Cameroun avec 93 % et [19] avec plus de 70 % dans le secteur soudanais en Côte d'Ivoire. Ces espèces profitent des premières pluies pour germer. Elles accomplissent leur cycle avant la sécheresse et passent cette période à l'état de graine [20].

C'est ainsi que [21] explique l'abondance des Thérophytes par la forte représentativité des habitats à immersion saisonnière, propices au développement de plantes annuelles à germination et croissance rapides. Selon [22], ce fort taux de Thérophytes indique des habitats culturels souvent perturbés par des interventions agronomiques. Quant à [12], [14], il soutient que le travail du sol répété tend à éliminer les espèces pérennes au profit des Thérophytes. De plus, cette dynamique exceptionnelle des Thérophytes est d'autant plus accrue que la parcelle cultivée est bien exposée au soleil, car la plupart de ces plantes sont des espèces héliophiles [13], [23]. Aussi, l'abondance des Thérophytes s'expliquerait aussi par les divergences climatiques entre différents milieux d'étude. Cette prédominance des Thérophytes est liée à la grande durée et à la forte intensité de la saison sèche qui caractérise le climat des zones soudanaises [4]. C'est pourquoi [24], les qualifie de stade ultime de l'évolution végétale dans les milieux arides et anthropisés. Le maïs étant une plante héliophile, la proportion non négligeable des Thérophytes dans les parcelles cultivées est liée à la grande ouverture des milieux de culture, à l'architecture des plants de maïs, et aussi aux nombres élevés des espèces héliophiles dans les zones tropicales. Ces herbacées secondaires sont reconnues comme des plantes qui profitent de la moindre ouverture dans la forêt ou des moindres défrichements pour s'installer. C'est pourquoi les Thérophytes sont considérés comme des éléments éphémères destinés à combler les espaces libres [25]. La plupart des Mégaphanérophytes et des Mésophanérophytes rencontrés dans nos parcelles, proviennent de rejets de souches, suite aux abattages effectués avant la mise en place des cultures. Les plantations sont, en général, établies sur des espaces issus de défrichement de formations végétales existantes avant leur mise en valeur. En outre, après la récolte du maïs, les parcelles sont délaissées pendant plus d'une année sous forme de jachère, pour une production prochaine. Cette pratique culturale est à la base de régénération de plants de ces Mégaphanérophytes et Mésophanérophytes, issus des souches ou des semences antérieurement enfouies. Les Microphanérophytes et les Chaméphytes ont une proportion moyenne de 28,7 %. Les Géophytes, faiblement représentés dans ce travail (3,4 %) se maintiennent grâce à leurs organes végétatifs.

4.2 NUISIBILITÉ DES MAUVAISES HERBES

Les adventices majeures générales rencontrées aussi bien dans la zone de savane qu'en zone de forêt, sont *Rottboellia cochinchinensis*, *Croton hirtus* et *Spigelia anthelmia*. Elles sont les plus fréquentes et les plus abondantes dans le département de M'Bahiakro. *R. cochinchinensis* est une adventice citée parmi les 18 mauvaises herbes les plus infestantes de plusieurs cultures dans le monde. Selon [26], cette espèce cause des dommages importants dans les cultures de canne à sucre et les céréales. De même, elle affecte les récoltes de soja, coton, de sorgho et de riz [27], [28] et [29] où selon les niveaux d'infestation, elle peut entraîner des pertes de rendement de l'ordre de 100 % à cause de son caractère compétitif. Nos résultats sont également proches de ceux de [30], qui ont signalé la nuisance de *R. cochinchinensis* dans la culture de maïs au Vénézuéla. [16] l'ont trouvé significativement présente dans la culture du coton dans la région des Savanes, au Nord de la Côte d'Ivoire. Elle constitue, dans cette zone, avec *Euphorbia heterophylla*, les deux espèces les plus nuisibles. Selon [31], l'ubiquité de *R. cochinchinensis* est liée à son aptitude à se développer sur presque tous les types de sol, et à l'intensification des cultures.

L'appartenance de *R. cochinchinensis*, *C. hirtus* et *S. anthelmia*, au groupe des mauvaises herbes majeures générales, serait liée à leur production importante de semences et à leur pouvoir germinatif. Ces plantes sont toutes des espèces annuelles, se reproduisant par graines. Les données rapportées sur le nombre de graines produites par plante de *R. cochinchinensis* varient suivant les régions. Au Costa Rica, [32] ont estimé sa production de graines à environ 10 000 graines par mètre carré. Ces auteurs ont compté entre 570 et 730 graines sur une seule plante de *R. cochinchinensis* poussant isolément. [33] ont rapporté qu'une seule plante de *R. cochinchinensis* peut produire entre 2200 et 16500 graines. *R. cochinchinensis* se reproduit exclusivement, par les graines qui sont disséminées par l'eau, les machineries agricoles et les oiseaux. Ces graines sont dormantes pendant la dispersion et germent préférentiellement en surface [31]. Toutes ces aptitudes lui confèrent une capacité de nuisance importante. [34] a estimé une perte de rendement de 89,28 % en culture de maïs. Selon [26], les infestations par *R. cochinchinensis* peuvent entraîner jusqu'à 80 % de perte de cultures ou même

l'abandon de terres agricoles. Sur de longues distances, la principale forme de dissémination demeure la contamination des semences des cultures. *Spigelia anthelmia* est, une espèce annuelle, qui se multiplie uniquement par graines. Un fruit peut produire jusqu'à 10 graines par loge de semences [26]. La dispersion de ces semences est assurée par l'eau et le vent, et la moitié de celles-ci est capable de germer juste après la dissémination [31]. *Croton hirtus* se distingue dans la partie forestière comme la mauvaise herbe la plus préoccupante pour le maïs. La plante a une capacité de production progressive et abondante de graines (floraison et fructification) durant toute l'année. Cette aptitude lui permet de peupler en fortes colonies les milieux où elle se développe, formant parfois une population pure sur plusieurs mètres carrés. De plus, les graines de *C. hirtus* présentent une dormance d'environ 5 à 6 mois [35]. Selon ces auteurs, la production abondante de graines durant toute l'année contribue, sans doute, à favoriser la prolifération de cette espèce rudérale dans la flore adventice des parcelles cultivées.

5 CONCLUSION

Les investigations conduites dans les cultures maïsicoles de M'Bahiakro dans la région du Iffou, ont permis de recenser 299 espèces d'adventices sur l'ensemble du département parcouru. Ces taxons sont répartis entre 183 genres et 55 familles. Les Dicotylédones sont dominantes avec 211 espèces, les Asteraceae et Fabaceae y sont majoritaires avec chacune 25 espèces. Les Monocotylédones comprennent 87 espèces, principalement représentées par les Poaceae qui totalisent 58 espèces. Le spectre biologique pour l'ensemble des espèces est dominé par les Thérophytes avec un taux de 37,45%. Les résultats obtenus indiquent que *Rottboellia cochinchinensis*, *Croton hirtus* et *Spigelia anthelmia* ont respectivement une fréquence centésimale (Fc) de 84,25%, 74,02% et 63,78%. Elles sont donc les plus remarquables parmi les composantes de la flore et de la végétation adventice de la culture du maïs dans cette zone. Ces espèces sont toutes des Thérophytes donc mieux adaptées à l'environnement agricole.

Par ailleurs, le diagramme d'infestation indique que les espèces *Rottboellia cochinchinensis*, *Croton hirtus* et *Spigelia anthelmia* appartiennent au groupe des mauvaises herbes majeures générales. Elles s'adaptent donc parfaitement aux systèmes culturels et pratiquement tous les milieux écologiques.

REFERENCES

- [1] W. Koch, M. E. Beshir, R. Unterladstätter, Crop losses due to weeds. Improving weed management. *FAO Plant Production and Protection Paper. Rome 6-10 septembre, 1982, 44.* pp. 153-165, 1982.
- [2] Orkwor G. C., Problems of weed control in mixed cropping systems in the least developed countries (LDCs). C.R. IIème Conf. Bis. SOAM/WAWSS. Abidjan: 95-13, 1983.
- [3] J.P. Caussanel, Nuisibilité et seuil de nuisibilité des mauvaises herbes dans une culture annuelle: relation de concurrence bispécifique. *Agronomie*, vol. 9, pp 219-240, 1989.
- [4] Le Bourgeois T., Les mauvaises herbes dans la rotation cotonnière au Nord-Cameroun (Afrique Centrale). Thèse de doctorat, Université de Montpellier II, Sciences et Techniques du Languedoc, 249 p, 1993.
- [5] Braun-Blanquet J., Plant sociology. The study of plant communities (English translation of "pflanzensoziologie" by G. D. Fuller and H. S. Conard). University of Chicago (USA), 439 p, 1932.
- [6] Aké Assi L., Flore de la Côte d'Ivoire. Etude descriptive et biogéographique, avec quelques notes ethnobotaniques. Thèse de Doctorat d'Etat, Université d'Abidjan, Côte d'Ivoire. 6 vol., 1206 p, 1984.
- [7] S. Raunkiaer, Types biologiques pour la géographie botanique. *Bull. Acad. R. Sc. Danemark*, 5; pp. 347-437, 1905.
- [8] Traoré H., Influence des facteurs agro-écologiques sur la constitution des communautés des adventices des principales cultures céréalières (sorgho, mil, maïs) du Burkina Faso. Thèse doctorat, USTL, Montpellier II, 180 pages + annexes, 1991.
- [9] Ipou Ipou J., Biologie et écologie d'*Euphorbia heterophylla* L. (Euphorbiaceae) en culture cotonnière, au nord de la Côte d'Ivoire. Thèse de l'Université de Cocody-Abidjan, UFR Biosciences ; 195 pages, 2005.
- [10] Touré A., Flore et la végétation adventice des cultures mises en place dans la forêt classée de Sanaïmbo et des agroécosystèmes environnants dans la région de N'Zi- Comoé; Centre Est de la Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody-Abidjan. Spé. Ecol. Végét., Opt. Malherbologie, 172 p, 2009.
- [11] Akobundu I. U., Weed Sciences in tropics. Principles and practices. Wiley, Chichester, UK, 522 p, 1987.
- [12] Maillet J., Évolution de la flore adventice dans le montpellierais sous la pression des techniques culturales. Thèse DDI, USTL, Montpellier, 20 pages + annexes, 1981.
- [13] Aman Kadio G., Inventaire floristique dans une parcelle de forêt défrichée. *Mém. D.E.A. Fac. Sc. Univers. d'Abidjan* ; 50 p, 1973.
- [14] Maillet J., Constitution et dynamique des communautés de mauvaises herbes des vignes de France et des rizières de Camargue. Thèse d'état, USTL, Montpellier, 179 p + annexes, 1992.

- [15] Ipou Ipou J., Importance relative d'*Euphorbia heterophylla* L. (Euphorbiaceae) dans la végétation adventice des systèmes culturaux à base cotonniers, dans le Worodougou, en Côte d'Ivoire. 79 p, 2000.
- [16] G. Aman Kadio, J. Ipou Ipou, Y. Touré, La flore des adventices des cultures cotonnières de la région du Worodougou, au Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Agron. Afr.*, XVI(1) ; pp. 16-14, 2004.
- [17] Hoffmann G., Caractérisation de la flore adventice de deux villages du terroir de Katiola (Côte d'Ivoire). Mémoire IAT ESAT- CNEARC- Montpellier, 51 p, 1986.
- [18] Traoré K., Etude comparée de la flore adventice des agro-écosystèmes du palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq. (Arecaceae)), en basse Côte d'Ivoire: cas du domaine de la Mé et de Dabou. Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody-Abidjan. Spé. Ecol. Végét., Opt. Malherbologie; 166 p, 2007.
- [19] Boraud N. K. M., Etude floristique et phytoécologique des adventices des complexes sucriers de Ferké 1 et 2 de Borotoukoro et de Zuénoula, en Côte d'Ivoire. Thèse de spécialité UFR Biosciences Université Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire), 181 p, 2000.
- [20] Benarab H., Contribution à l'étude des mauvaises herbes des vergers de la région nord de Sétif. Thèse de Mag. Univ., Ferhat Abbas, Sétif, 66 p, 2008.
- [21] Hammada S., Thèse de Doctorat d'Etat en sciences, Université Mohammed V-Agdal, Faculté des Sciences, Rabat 199 p, 2007.
- [22] Fenni M., Étude des mauvaises herbes céréales d'hiver des Hautes Plaines Constantinoises. Écologie, dynamique, phénologie et biologie des Bromes. Thèse Doc. Es Sci., UFA Sétif, 165 p, 2003.
- [23] Aman Kadio G., Flore et végétation des adventices dans l'hévéaculture en basse Côte d'Ivoire (Station expérimentale de L'I.R.C.A.). Etude écologique : Dynamique et Structure. *Thèse de spécialité. Fac. Sc.et Tech. Univ. Abidjan, Côte d'Ivoire.* 194 p, 1978a.
- [24] R. Nègre, Les Thérophytes. *Bulletin de la société botanique de France*, 92-108 p, 1966.
- [25] Sillans R., Les savanes de l'Afrique Centrale. Essai sur la physionomie, la structure et le dynamisme des formations végétales ligneuses des régions sèches de la République Centrafricaine Paris, Ed. Lecchevalier et ill., 423p, 1958.
- [26] Holm R. G., Plucknett D. L., Pancho J. V. et Herberger J.P., The world's worst weeds distribution and biology. East west center. University press of Hawaii, Honolulu, Hawaii. 609 p, 1977.
- [27] R. Lencse & J. Griffin, Itchgrass (*Rottboellia cochinchinensis*) interference in sugarcane (*Saccharum* sp.). *Weed Technology*. 5: pp 396-399, 1991.
- [28] R. Milloholon, Effect of itchgrass (*Rottboellia cochinchinensis*) interference on growth of sugarcane (*Saccharum* spp. Hybrids). *Weed Science*. 40: pp 48-53, 1992.
- [29] R. Strahan, G. James, R. Daniel & D. Miller, Interference between *Rottboellia cochinchinensis* and *Zea mays*. *Weed Science*. 48: pp 205- 211, 2000.
- [30] A. Anzalone, L. Meléndez, & Y. A. Gamez, Assessment of the influence of *Rottboellia cochinchinensis* on corn (*Zea mays* L.) through an additive method. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 2006, 23: pp 373-382, 2006.
- [31] Le Bourgeois T. et Merlier H., Adventrop. Les adventices d'Afrique soudano-sahélienne. Montpellier, France, CIRAD-CA éditeur, 640 p, 1995.
- [32] M. C. Smith, B. E. Valverde, A. Merayo & J. F. Fonseca, Integrated management of itchgrass in a corn cropping system: Modelling the effect of control tactics. *Weed Sci*. 49: pp 123-134, 2001.
- [33] D. Hall and D. Patterson, Itchgrass- Stop the trains? *Weed Technology*. 6: pp 239-241, 1992.
- [34] Mahamane A., Effet de la densité de *Rottboellia cochinchinensis* (Loureiro) W. Clayton (Poaceae) sur le maïs à M'Bahiakro (centre-est de la Côte d'Ivoire). *Mémoire de DEA*. 51p, 2013.
- [35] L. Pauwels & H. Breyne, Deux espèces rudérales nouvelles pour la Flore du Zaïre: *Croton hirtus* L'Hérit. (Euphorbiaceae) et *Eupatorium odoratum* L. (Compositae). *Bull. Jard. Bot. Nat. Belg. Bull. Nat. Plantentuin Belg.* (31-12-1978) 48: pp 433-435, 1978.

Modélisation du comportement statique et dynamique des joints labyrinthes dans les turbomachines

M. HMAMOU¹, M. TOUZANI¹, L. BOUKRIM², and M. SRITI³

¹Université Moulay Ismaïl, F.S.T. d'Errachidia, Département de Physique,
B.P. 509, Boutalamine, Errachidia, Maroc

²Faculté Polydisciplinaire Beni Mellal, Maroc

³Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Faculté Polydisciplinaire Taza, 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 labyrinth seals are the devices used in rotating machinery, they serve to restrict the leakage flow crossing a carter by a rotating shaft and to avoid the important friction at high rotating speeds. These devices can modify the dynamic characteristics of the line of the shaft in which they are integrated. The present work allows determining the effect of physical parameters on the dynamic coefficients. The object of this work consists to better control the flows within labyrinth seals and to be a better the stability of machinery.

KEYWORDS: Labyrinth Seals, Rotating Machinery, Rotor-Stator, Dynamic behaviour, Stiffness-Damping.

RESUME: Les joints labyrinthes sont des dispositifs utilisés dans les machines tournantes, ils servent à limiter le débit de fuite à la traversée d'un carter par un arbre tournant et éviter le frottement important aux vitesses de rotation élevées. Ces dispositifs peuvent modifier les caractéristiques dynamiques de la ligne d'arbre dans laquelle ils sont intégrés. Le travail présenté permet de déterminer l'influence des paramètres physiques et géométriques sur les coefficients dynamiques de raideur et d'amortissement. Le but de ce travail consiste à mieux maîtriser les écoulements dans ces types de joints et avoir une meilleure stabilité des machines.

MOTS-CLEFS: Joint labyrinthe, Machines Tournantes, Rotor-Stator, Comportement dynamique, Raideur-Amortissement.

1 INTRODUCTION

Les joints labyrinthes sont, en général, utilisés dans les turbomachines (turbines, pompes, compresseurs, ...). Ils se comportent comme des paliers hydrodynamiques et peuvent modifier les caractéristiques dynamiques de la ligne d'arbre dans laquelle ils sont intégrés. Il existe plusieurs types de joints labyrinthes correspondant à des conditions de fonctionnement spécifiques.

Depuis les années quatre-vingt, plusieurs auteurs ont mené des recherches théoriques et expérimentales pour tenter de donner des prédictions sur le comportement statique et dynamique des joints labyrinthes. Citons à titre d'exemples les travaux de Benkert et Wachter [1], Kirk [2], Childs et Scharrer [3,4] et Pelletti [5].

Depuis 1991, nous nous sommes penchés sur la détermination du comportement statique et dynamique de ces joints en utilisant des moyens théoriques et expérimentaux [6-9]. L'étude théorique est basée sur un modèle de Childs et Scharrer [4], dont l'expression du débit de fuite au droit des dents a été remplacée par une nouvelle corrélation, obtenue par un calcul local axisymétrique, tient compte de la géométrie du joint et du nombre de Reynolds associé à la vitesse de rotation [7-9].

Ce travail consiste à déterminer les effets des paramètres physiques et géométriques sur le comportement dynamique des joints labyrinthes pour un écoulement compressible. Au cours de ce travail, nous avons comparé le comportement de deux joints labyrinthes: l'un à dents portées par le rotor (JDPR), l'autre à dents portées par le stator (JDPS).

2 MODÈLE THÉORIQUE

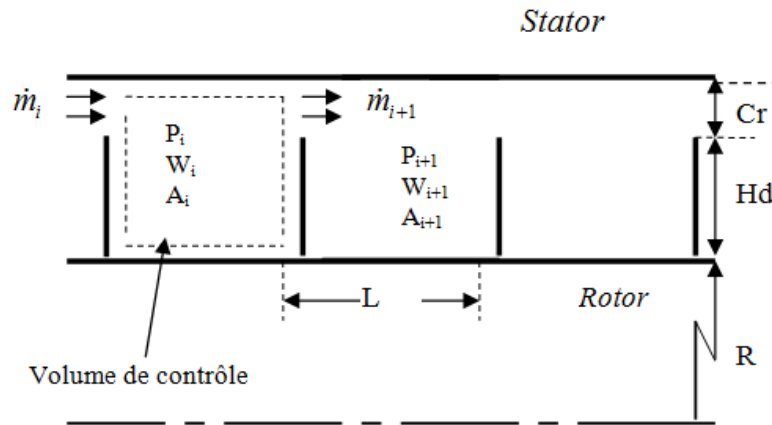


Fig.1: Modèle du joint labyrinthe

Pour déterminer le comportement statique et dynamique des joints labyrinthes pour un écoulement compressible, Childs et Scharer [4] ont mis en œuvre un modèle global basé sur les hypothèses suivantes:

- L'écoulement dans les chambres est essentiellement circonferentiel.
- Au droit des dents l'écoulement est essentiellement axial.
- La variation de pression axiale dans les chambres est négligeable, les pertes de pression se font uniquement au droit des dents dans la zone de rétrécissement.
- Les forces de pesanteurs sont négligeables, la température est supposée constante.

Les équations qui régissent l'écoulement dans les joints labyrinthes sont l'équation de continuité, l'équation de quantité de mouvement dans la direction circonferentielle et l'équation du débit de fuite axiale, liée à la conservation de quantité de mouvement axiale. L'équation d'état pour les gaz parfaits permet d'exprimer la masse volumique en fonction de la pression.

Le modèle proposé est montré dans la figure 1. Dans chaque cavité (i) de longueur L_i et de hauteur Hd_i , la section A_i varie en temps et en espace dans la direction circonferentielle. L'équation de continuité et l'équation de quantité de mouvement s'écrivent ainsi:

$$\frac{\delta}{\delta t}(\rho_i A_i) + \frac{1}{R} \frac{\delta}{\delta \theta}(\rho_i A_i W_i) + \dot{m}_{i+1} - \dot{m}_i = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\delta}{\delta t}(\rho_i A_i W_i) + \frac{1}{R} \frac{\delta}{\delta \theta}(\rho_i A_i W_i^2) + (\dot{m}_{i+1} - \dot{m}_i) W_i = - \frac{A_i}{R} \frac{\delta P_i}{\delta \theta} + (\tau_i ar_i - \tau_s as_i) L_i \quad (2)$$

P_i , W_i , A_i , ρ_i et $\dot{m}_i$ sont respectivement la pression, la vitesse circonferentielle, la section du volume de contrôle, la masse volumique et le débit massique par unité de longueur. R est le rayon du rotor et θ représente l'angle suivant la circonférence. ar et as sont des grandeurs sans dimensions qui représentent le rapport du contour mouillé sur la longueur équivalente de la cavité, respectivement pour le rotor et le stator. La forme de la cavité n'est prise en compte qu'à travers la valeur de la surface mouillée:

- si les dents sont portées par le rotor : $ar_i = (2Hd_i + L_i)/L_i$; $as_i = 1$.
- si les dents sont portées par le stator : $ar_i = 1$; $as_i = (2Hd_i + L_i)/L_i$

Les contraintes de frottement τ_r et τ_s respectivement pour le rotor et le stator, sont déterminées par le modèle de Blasius [10]:

$$\pi_i = \frac{\rho_i}{2} (R\omega - W_i)^2 n_o \left[(R\omega - W_i) \frac{D_i}{v_i} \right]^{m_o} \quad (3)$$

$$\pi_i = \frac{\rho_i}{2} W_i^2 n_o \left[W_i \frac{D_i}{v_i} \right]^{m_o} \quad (4)$$

où m_o et n_o sont les coefficients empiriques de Blasius ($m_o = -0.25$, $n_o = 0.079$). D_i représente le diamètre hydraulique équivalent de la chambre (i), défini par:

$$D_i = \frac{2(H_i + Hd_i)L_i}{(H_i + Hd_i + L_i)} \quad (5)$$

Au droit des dents, l'expression du débit de fuite donnée par Childs et Scharrer [4] a été remplacée par une corrélation qui résulte d'un calcul paramétrique à l'aide d'un code 3D axisymétrique [7,8]. Cette corrélation débit-pressions des chambres tient compte de la géométrie du joint et du nombre de Reynolds associé à la vitesse de rotation, ce qui n'était pas le cas dans le modèle de Childs et Scharrer [4]:

$$\dot{m}_i = \lambda \left(1 + 1.57 \frac{Cr_i}{L_i} \right) H_i \sqrt{\frac{P_{i-1}^2 - P_i^2}{R_c T}} \quad (6)$$

- Si $Re \leq 1250$; $\lambda = 0.8 Re^{-0.014}$: Le débit est presque indépendant de la vitesse de rotation (faibles vitesses de rotation).

- si $Re > 1250$, $\lambda = 3.65 Re^{-0.22}$; le débit dépend de la vitesse de rotation (vitesses de rotation élevées).

L'équation d'état pour les gaz parfaits permet d'exprimer la masse volumique en fonction de la pression.

$$P_i = \rho_i R_c T \quad (7)$$

Pour des petits mouvements du rotor par rapport à sa position d'équilibre initiale, les équations sont linéarisées en fonction de l'excentricité relative ($\varepsilon = e/Cr \ll 1$). Chaque grandeur physique est décomposée en une grandeur moyenne plus une fluctuation:

$$\begin{aligned} P_i &= P_{oi} + \varepsilon P_{1i}(\theta, t) & ; & & H_i &= Cr_i + \varepsilon H_i(\theta, t) \\ W_i &= W_{oi} + \varepsilon W_{1i}(\theta, t) & ; & & A_i &= A_{oi} + \varepsilon L_i H_1(\theta, t) \end{aligned} \quad (8)$$

Dans de nombreuses recherches [11], le centre du rotor décrit une trajectoire elliptique autour de sa position initiale. Le terme fluctuant de l'épaisseur du film H_1 est une fonction harmonique de la forme:

$$\begin{aligned} \varepsilon H_1 &= -a \cos(\omega t) \cos \theta - b \sin(\omega t) \sin \theta \\ &= -\frac{a}{2} [\cos(\theta + \omega t) + \cos(\theta - \omega t)] - \frac{b}{2} [\cos(\theta - \omega t) - \cos(\theta + \omega t)] \end{aligned} \quad (9)$$

Les fluctuations de pression et de vitesse sont recherchées sous la même forme. Le problème comprend une solution d'ordre zéro et une solution du premier ordre. La solution d'ordre zéro permet de déterminer les distributions de pressions moyennes et de vitesses circonférentielles moyennes dans les chambres du joint labyrinthe ainsi que le débit de fuite. La solution du premier ordre, utilisant ces grandeurs moyennes, permet de déterminer les fluctuations de pression et de vitesse. Les efforts exercés par le fluide sur le rotor sont déterminés en intégrant la fluctuation de pression le long du joint et le long de la circonférence (Fig.2).

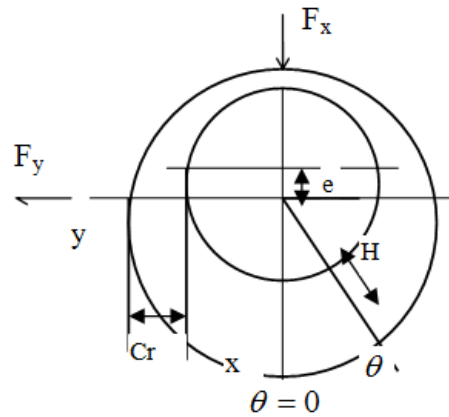


Fig.2: Section droite du joint labyrinthe

$$F_x = -\varepsilon R \sum_{i=1}^{N-1} \int_0^{2\pi} P_{li} L_i \cos \theta d\theta ; \quad F_y = \varepsilon R \sum_{i=1}^{N-1} \int_0^{2\pi} P_{li} L_i \sin \theta d\theta \quad (10)$$

L'équation dynamique (11) permet d'exprimer les composantes F_x et F_y de la résultante des forces en fonction du déplacement (x,y) et de la vitesse de déplacement $(\dot{x}, \dot{y})$ du centre du rotor.

$$-\begin{Bmatrix} F_x \\ F_y \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} K & k \\ -k & K \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} x \\ y \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} C & c \\ -c & C \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \end{Bmatrix} \quad (11)$$

$$\text{avec } \begin{cases} x = a \cos(\omega t) \\ y = b \sin(\omega t) \end{cases} ; \begin{cases} \dot{x} = -a\omega \sin(\omega t) \\ \dot{y} = b\omega \cos(\omega t) \end{cases} \quad (12)$$

où a et b représentent les amplitudes de la trajectoire elliptique. Les coefficients dynamiques de raideur (K,k) et d'amortissement (C,c) sont déterminés par identification avec l'équation (10). Cependant, dans l'ensemble des applications effectuées, on suppose que le centre du rotor décrit une orbite circulaire d'amplitude a autour de sa position initiale.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 INFLUENCE DES PARAMÈTRES PHYSIQUES

L'excitation d'un joint labyrinthe se manifeste par des forces exercées sur le rotor. Cette excitation est induite par un écoulement circonférentiel dans les chambres du joint labyrinthe.

L'écoulement circonférentiel résultant peut être provoqué soit par la rotation d'arbre qui entraîne le fluide dans les différentes chambres du joint labyrinthe, soit par la vitesse tangentielle initiale importante. Cette dernière est souvent contrôlée par une vanne permettant de varier sa valeur et peut être du même sens que la vitesse de rotation d'arbre ou de sens opposé.

Les conditions physiques susceptibles d'influer sur les coefficients dynamiques sont la vitesse tangentielle initiale, la vitesse de rotation et la pression d'alimentation.

Le calcul a été effectué sur les deux types de joints labyrinthes: l'un à dents sur le rotor (JDPR), l'autre à dents sur le stator (JDPS).

Les conditions de fonctionnement nominales sont: $Pe=5\text{bars}$, $Ps=1\text{bar}$, $Win=20\text{m/s}$, $\omega=6000\text{tr/min}$, $R=75\text{mm}$, $L=3\text{mm}$, $Hd=3\text{mm}$, $Cr=0.3\text{mm}$, $N=15$. Le fluide étudié est de l'air à une température de 300°K .

3.1.1 COEFFICIENT CROISÉ DE RAIDEUR (k)

Le coefficient croisé de raideur joue un rôle déstabilisant pour les machines tournantes, son signe dépend du signe de la différence des vitesses tangentielles entre l'entrée et la sortie du joint.

La figure 3 montre que le coefficient (k) croît relativement avec l'accroissement de la vitesse tangentielle initiale (W_{in}). Cependant, il reste constant pour des vitesses de rotation

$\omega \leq 10000$ tr/min, puis, augmente instantanément pour $\omega > 10000$ tr/min (Fig 4), ce qui témoigne le résultat de Pelletti et Childs [5]. La figure 5 indique que le coefficient (k) subit une légère augmentation pour le joint JDPR et croît distinctement pour le joint JDPS, avec l'accroissement du rapport des pressions (P_e/P_s).

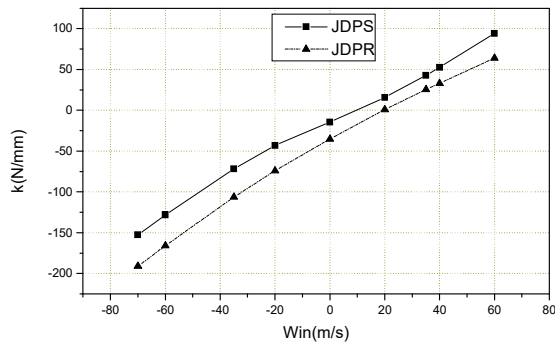


Fig.3: k en fonction de vitesse tangentielle initiale W_{in}

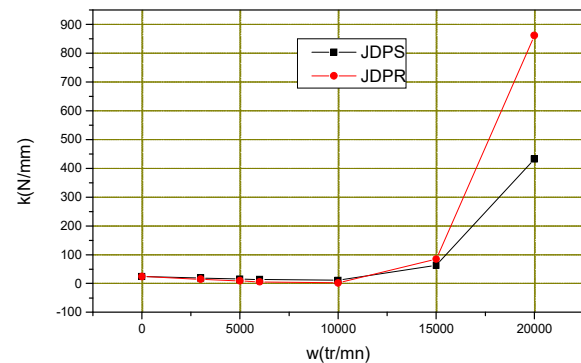


Fig.4: k en fonction de vitesse de rotation ω

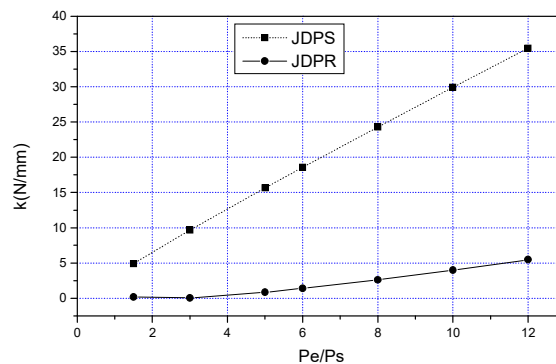
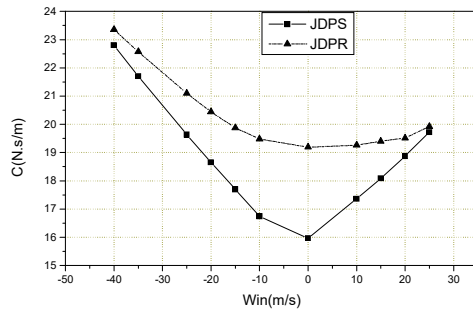
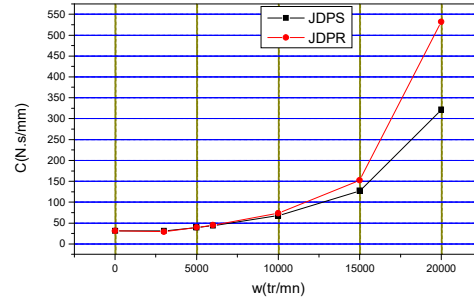
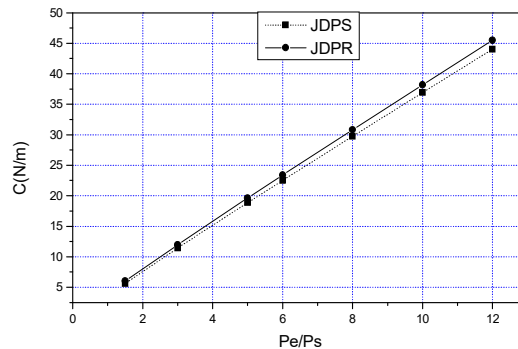


Fig.5: k en fonction du rapport des pressions (P_e/P_s)

3.1.2 COEFFICIENT DIRECT D'AMORTISSEMENT (C)

Le coefficient direct d'amortissement est précisément faible pour les joints labyrinthes, mais il a un sens concret pour l'étranglement de l'effet déstabilisant du coefficient croisé de raideur.

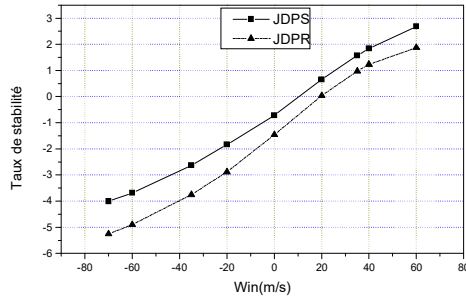
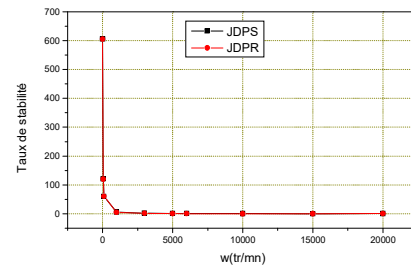
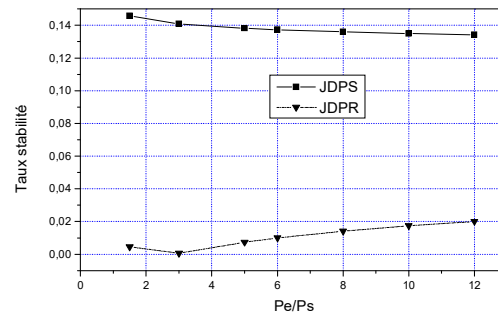
Le coefficient (C) présente un minimum pour la valeur nulle de la vitesse tangentielle initiale ($W_{in}=0$) (Fig 6) et croît régulièrement avec l'augmentation de la vitesse de rotation (Fig 7). La figure 8 montre que le coefficient (C) augmente lorsque le rapport des pressions (P_e/P_s) augmente.


Fig 6: C en fonction de W_{in}

Fig 7: C en fonction de vitesse de rotation ω

Fig 8: C en fonction de P_e/P_s

3.1.3 TAUX DE STABILITÉ σ :

Childs et al [12,13] ont défini un paramètre sans dimension appelé taux de stabilité ($\sigma = k/C\omega$), Caractérisé par l'effet d'instabilité dû au coefficient croisé de raideur (k) sur l'effet de stabilité dû au coefficient direct d'amortissement (C). ω Représente la fréquence de vibration qui dans de nombreuses applications est supposée égale à la fréquence de rotation d'arbre. Une valeur minimale du taux de stabilité est souhaitable pour assurer la stabilité des machines utilisant ces joints labyrinthes.

La figure 9 montre que les joints labyrinthes sont stables pour une vitesse tangentielle initiale négative et moins stables pour des valeurs positives. La fig 10 empreinte une chute brutale du taux de stabilité pour des vitesses de rotation $\omega < 1000$ tr/min, puis reste constant (presque nul) pour des valeurs de $\omega \geq 1000$ tr/min. Dans la fig 11, on observe que le rapport des pressions (P_e/P_s) n'a pas beaucoup d'influence sur le taux de stabilité. Dans l'ensemble des applications effectuées, nous avons constaté que les joints JDPR sont plus stables que les joints JDPS.

Fig 9: Taux de stabilité σ en fonction de W_{in} Fig 10: Taux de stabilité en fonction de ω Fig 11: Taux de stabilité en fonction de Pe/P_s

3.2 INFLUENCE DES PARAMÈTRES GÉOMÉTRIQUES

Les paramètres géométriques permettant aussi d'influer sur les coefficients dynamiques tels que le nombre de dents (N), la longueur des chambres (L), la hauteur des dents (Hd) et le rayon du rotor (R). Le calcul a été effectué sur les deux types de joints labyrinthes cités précédemment: l'un à dents portés sur le rotor (JDPR), l'autre à dents portés sur le stator (JDPS), ainsi les mêmes conditions de fonctionnement nominales.

3.2.1 COEFFICIENT CROISE DE RAIDEUR (k)

On observe aussi que le coefficient (k) est très sensible par rapport à la géométrie du joint, notamment le nombre de cavités N (Fig 12), la longueur des chambres L (Fig 13), la hauteur des dents Hd (Fig 14) et le rayon du rotor R (Fig 15). En outre, nous avons constaté que dans l'ensemble de ces figures, le joint JDPR possède un coefficient croisé de raideur inférieur à celui du joint JDPS.

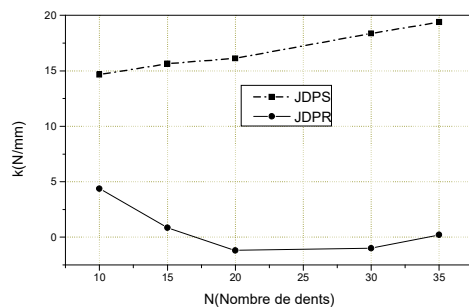


Fig 12: k en fonction du nombre de dents N

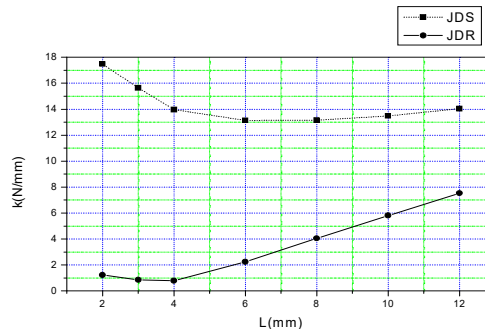


Fig 13: k en fonction de longueur de chambre L

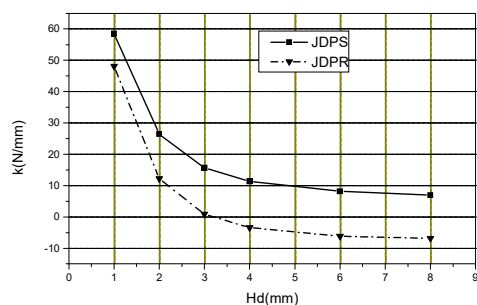


Fig 14: k en fonction de hauteur de dents H_d

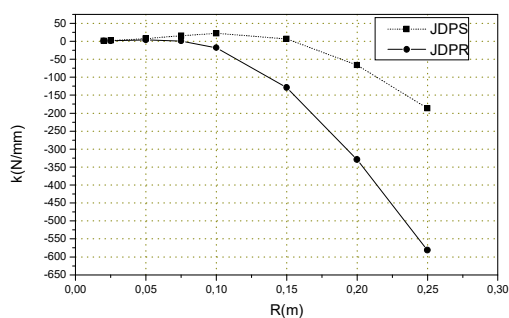


Fig 15: k en fonction du rayon du rotor R

3.2.2 COEFFICIENT CROISE DE RAIDEUR (C)

De même, on observe *que* le coefficient (C) est très sensible par rapport aux paramètres géométriques N , L , H_d et R (respectivement pour les fig 16, 17, 18 et 19). Par contre, dans ces applications, le joint JDPR présente un coefficient direct d'amortissement supérieur à celui du joint JDPS.

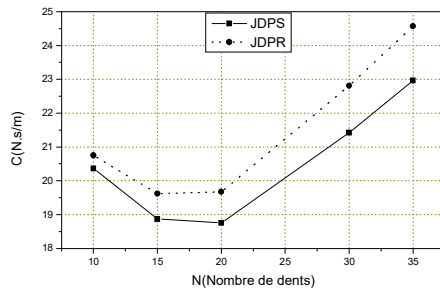


Fig 16: C en fonction de N

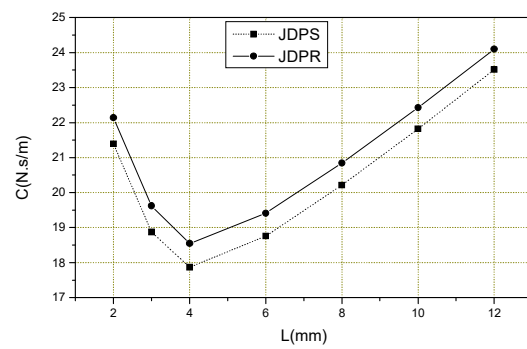


Fig 17: C en fonction de L

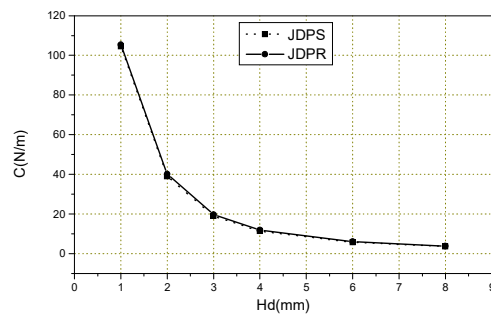
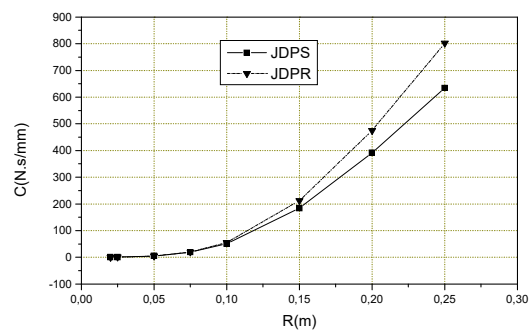
Fig 18: C en fonction de H_d 

Fig 19: C en fonction de rayon du rotor R

3.2.3 TAUX DE STABILITÉ σ :

La figure 20 montre que le taux de stabilité est minimal pour le joint JDPR et maximal pour le joint JDPS, pour le nombre de dents $N=20$. Dans la figure 21 désigne un accroissement du taux de stabilité en fonction de L pour le JDPR tandis qu'il y a une diminution pour JDPS. La figure 22 marque une diminution du taux de stabilité en fonction de l'accroissement de la hauteur des dents (H_d) pour JDPR et une augmentation en fonction de H_d pour JDPS, on note que les joints labyrinthes sont instables pour des faibles rayons du rotor ($R < 80mm$ ou $NcL/D > 0.3$) et stables pour des grandes valeurs de R. ($R \geq 80mm$ ou $NcL/D \leq 0.3$). De même, il diminue lorsque le rayon du rotor croît (Fig 23). Dans l'ensemble des applications effectuées, nous avons souligné que les joints JDPR sont plus stables que les joints JDPS.

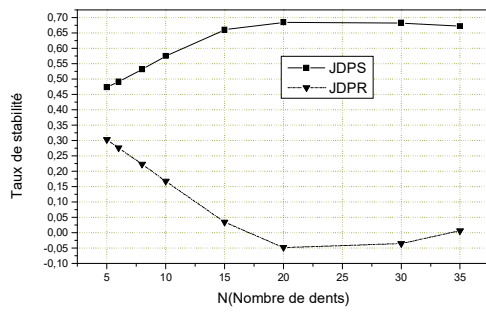


Fig 20: Taux de stabilité en fonction N

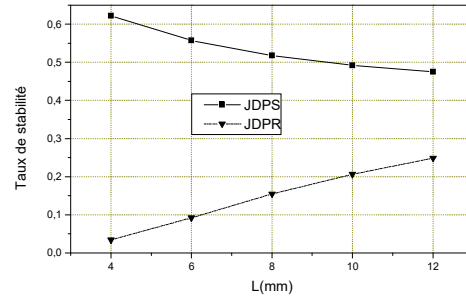


Fig 21: Taux de stabilité en fonction L

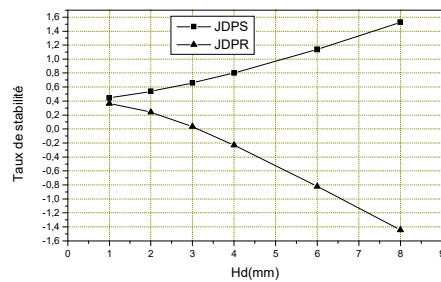


Fig 22: Taux de stabilité en fonction de Hd

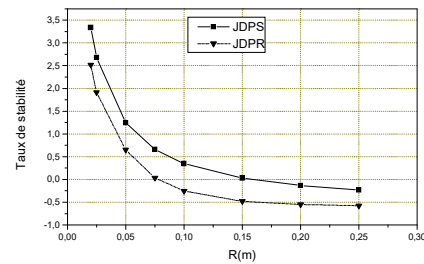


Fig 23: Taux de stabilité en fonction de R

4 CONCLUSION

Dans ce travail, nous avons testé l'influence des paramètres physiques sur les coefficients dynamiques ainsi que la stabilité ou l'instabilité des joints labyrinthes. Ces tests sont portés sur deux types de joints labyrinthes, l'un à dents portées par le rotor, l'autre à dents portées par le stator. Les résultats obtenus permettent de conclure:

- Les joints sont stables pour des vitesses tangentielles initiales opposées au sens de la vitesse de rotation.
- Le rapport de pression d'entrée (Pe) par rapport à celle de la sortie (Ps) a une faible influence sur la stabilité des joints.
- Les joints sont stables pour des vitesses de rotation $\omega > 1000$ tr/min.
- Les paramètres géométriques ont des effets importants sur la stabilité des joints.

Par ailleurs, les tests effectués dans les cas compressible et incompressible ont permis de montrer la sensibilité des coefficients de raideur à la vitesse tangentielle initiale, à la vitesse de rotation et à la différence de pression, ainsi à la géométrie du joint labyrinthe (N , L , H_d , R).

NOTATIONS:

A : section du volume de contrôle (l^2)
 C : coefficient direct d'amortissement ($M.t^{-1}$)
 c : coefficient croisé d'amortissement ($M.t^{-1}$)
 Cr : jeu radial (l)
 D : diamètre hydraulique (l)
 F_x : composante de force suivant x ($Ml.t^{-2}$)
 F_y : composante de force suivant y ($Ml.t^{-2}$)
 H : épaisseur du film (l)
 H_d : hauteur des dents (l)
 JDR : joint à dents sur rotor
 JDS : joint à dents sur stator
 K : coefficient direct de raideur ($M.t^{-2}$)
 k : coefficient croisé de raideur ($M.t^{-2}$)
 L : longueur des chambres (l)
 R : rayon du rotor (l)
 R_c : constante des gaz parfaits ($l^2.t^{-2}.k^{-1}$)
 W : vitesse circonférentielle ($l.t^{-1}$)
 W_a : vitesse de rotation d'arbre ($l.t^{-1}$)
 W_{in} : vitesse tangentielle initiale ($l.t^{-1}$)
 P : pression ($Ml^{-1}.t^{-2}$)
 P_e : pression en entrée du joint ($Ml^{-1}.t^{-2}$)
 P_s : pression en sortie du joint ($Ml^{-1}.t^{-2}$)
 m_o, n_o : constantes de Blasius
 $\dot{m}$: débit masse ($Ml^{-1}.t^{-1}$)
 N : nombre de dents
 T : température ($^{\circ}K$)
 t : temps
 x, y : coordonnées du centre du rotor (l)
 $\dot{x}, \dot{y}$: vitesse du centre du rotor ($l.t^{-1}$)
 e : excentricité (l)
 ε : excentricité relative
 ρ : masse volumique (Ml^{-3})
 σ : Taux de stabilité
 ν : viscosité cinématique ($l^2.t^{-1}$)
 ω : vitesse angulaire (t^{-1})
 π_r : contrainte sur rotor ($Ml^{-1}.t^{-2}$)
 π_s : contrainte sur stator ($Ml^{-1}.t^{-2}$)
 θ : angle suivant la circonférence
 π : ≈ 3.14159

REFERENCES

- [1] Benkert H. and Wachter J., 'Flow Induced Coefficients of labyrinth Seals of Applications in Rotordynamic', NACA CP 2133 Proceeding of a Workshop Held at Texas A&M University, May 1980, pp.189-212.
- [2] Kirk R.G., 'A method for Calculation Labyrinth Seal Inlet Swirl Velocity', Rotation Machinery Dynamics, ASME, New-York, 1987, Vol.2, pp.345-350.
- [3] Childs D. and Sharrer J., 'An Iwatsubo-Based Solution for Labyrinth Seals : Comparison to Experimental Results', Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, 1986, pp.325-331.
- [4] Childs D. and Sharrer J., 'Theory Versus Experiment for the Rotordynamic Coefficients of labyrinth Seals: Part II-A comparison to Experiment', Journal of Vibration Acoustics, Stress, Reliability and Design, 1988, Vol.110, pp.281-287.
- [5] Pelletti J. and Childs C., 'A Comparison of Theoretical Predictions for the Rotordynamic Coefficients of short ($L/D=1/6$) Labyrinth Seals', In Rotating Machinery and Vehicle Dynamics, Proceeding of the 13th Vibration Conference. AMSE, New York, 1991, vol.35, pp.69-76.
- [6] Sriti M. and Micheau P., 'Simulation Numérique d'Ecoulement Turbulent dans les Joints Labyrinthes', 11^e Congrès Français de Mécanique, Lille 1993, Vol.5 pp.241-244.
- [7] Sriti M., 'Comportement Statique et Dynamique des Joints Labyrinthes', Thèse de Doctorat de Mécanique de l'Université de Lille I, Mai 1994.
- [8] Sriti M., Agouzoul M., Ouazar D. and Micheau P., 'Simulation Numérique d'Ecoulement Compressible dans les Joints Labyrinthes', Journal de Physique III, France, Mai 1997, pp.1025-1037.
- [9] Sriti M., Agouzoul M., Ouazar D. and Micheau P., 'Experimental and Theoretical Static and Dynamic Behaviour in Labyrinth Seals', Journal AMSE, 1999, Vol.67, N°2, pp.15-35
- [10] Blasius H., Grenzschicht in Flüssigkeiten mit Kleiner Reibung. Z. Mathematik- Physik, 1908, N°1, p.56.
- [11] Brancacci R., Rocca E., Russo M., and Russo R., 'Orbits and their Stability for Rigid Unbalanced Rotors, Journal of Tribology, October 1995, Vol.117, pp.709-716.
- [12] Childs D.W., "Dynamic Analysis of Turbulent Annular Seals Based on Hirs", Texas A&M University, journal of Lubrification Technology, Gas Vol 105, 1983, PP. 429-436.
- [13] Childs, D. W. and Wade, J., 2004, "Rotordynamic-Coefficient and Leakage Characteristics for Hole-Pattern-Stator Annular Gas Seals - Measurements versus Predictions," ASME Journal of Tribology, **126** (2), pp. 326-333

Caractéristiques physicochimiques des eaux usées de la ville de M'irt, (Maroc)

[Physico-chemical characteristics of wastewater from the city of M'irt, (Morocco)]

Touria HACHI¹, Maryama HACHI², Hassan ECH-CHAFAY¹, Mouhcine ELGHABASSI¹, Hicham ETTAYEA¹, Khadija ELKHARRIM¹, Abderrazzak KHADMAOUI³, and DRISS BELGHYTI¹

¹Laboratoire de biotechnologie, environnement et qualité, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, Kénitra, Maroc

²Laboratoire de biodiversité et ressources naturelles, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, Kénitra, Maroc

³Laboratoire de génétique et biométrie, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, Kénitra, Maroc

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

ABSTRACT: In order to assess the degree of pollution of wastewater from the city of M'irt, we conducted during 2014; a study of physical and chemical characteristics of the waters of reference collector L6-Sp. it collects almost all wastewater from the city and is located right on the road to Meknes. The results showed that liquid waste is loaded into mineral matter in terms of electrical conductivity (Avg. = $3055,25\mu\text{S} / \text{cm} \pm 1428,79$), TDS (Avg = $1965,04\text{mg} / \text{L} \pm 932,16$) turbidity (NTU Moy = $444,06 \pm 152,61$) in Salinity (Avg = $1,68\text{mg} / \text{l} \pm 0,89$) and organic matter in terms of COD (Avg. = $972,92 \text{ mg} / \text{L} \pm 278,04$), BOD5 (Avg. = $492,92 \text{ mg} / \text{L} \pm 145,39$) MES (Avg. = $609,33 \pm 494,00$), with low dissolved oxygen (Avg = $/ \text{L} \pm 0,79$) and percentage of oxygen saturation (Avg = $6,79 \pm 7,74\%$). The pH is close to neutral (Avg = $7,18 \pm 0,36$), the temperature is $20,5^\circ \text{C} (\pm 4,33)$. Despite these wastewater has a high organic load BOD5 / COD = 0.51, MES / BOD5 = 1.24, they have satisfactory biodegradability. Examination of COD / BOD 5 = 1.97 underlines the biodegradability and domestic origin of these waters to which a biological treatment seems entirely appropriate. Therefore it was revealed from the results that the sewage of the city are concentrated and exceeds the national discharge standards.

KEYWORDS: Sewage, collector, physicochemical parameters, M'irt.

RESUME: Dans le but d'évaluer le degré de pollution des eaux usées de la ville de M'irt, nous avons mené, pendant l'année 2014, une étude des caractères physico-chimiques des eaux du collecteur de référence L6-Sp qui collecte presque la totalité des eaux usées de la ville et qu'est situé à la droite sur la route de méknes. Les résultats ont montrées que ce rejet liquide est très chargé en matière minérale en termes de conductivité électrique (Moy. = $3055,25\mu\text{S}/\text{cm} \pm 1428,79$), en TDS (Moy= $1965,04\text{mg}/\text{l} \pm 932,16$), en turbidité (Moy= $444,06 \text{ NTU} \pm 152,61$), en Salinité (Moy= $1,68\text{mg}/\text{l} \pm 0,89$) et en matière organique en terme de DCO (Moy. = $972,92 \text{ mg}/\text{L} \pm 278,04$), en DBO5 (Moy. = $492,92 \text{ mg}/\text{L} \pm 145,39$), en MES (Moy. = $609,33 \pm 494,00$), avec des teneurs faible en oxygène dissous (Moy= $0,67\text{mg}/\text{l} \pm 0,79$) et en pourcentage de saturation en oxygène (Moy= $6,79\% \pm 7,74$). Le pH est proche de la neutralité (Moy= $7,18 \pm 0,36$), la température est de $20,5^\circ\text{C} (\pm 4,33)$. Malgré que ces eaux usées présentent une charge organique élevée DBO5/DCO = 0,51, MES/DBO5 = 1,24, elles présentent une biodégradabilité satisfaisante. L'examen de DCO/DBO5 = 1,97 souligne bien le caractère biodégradable et l'origine domestique de ces eaux auxquelles un traitement biologique paraît tout à fait convenable. Aussi on a dévoilée d'après les résultats que les eaux usées de la ville sont concentrés et dépasse les normes de rejet national.

MOTS-CLEFS: Eaux usées, collecteur, paramètres physico-chimique, M'irt.

1 INTRODUCTION

L'accroissement démographique et le développement de l'urbanisation s'accompagne essentiellement par une augmentation de la consommation en eau potable surtout en milieu urbain. Cependant, une faible fraction de l'eau livrée aux utilisateurs est consommée et le reste est restitué au réseau d'assainissement après utilisation, ce qui entraîne une importante augmentation du volume des rejets des eaux usées.

Au Maroc, le volume des eaux usées brutes était de 506 mm³ en 2012 et il peut atteindre plus de 741 mm³ à l'horizon 2030. Par ailleurs, plus de 60% de ces eaux usées sont localisées dans les grands bassins du Bouregreg et du Sebou [1]. En effet, au Maroc Le sous-secteur de l'assainissement urbain en eaux usées accuse un important retard par rapport à celui de l'eau potable [2]. Ce retard rejaillit sur les conditions sanitaires des populations et entraîne une dégradation continue de leur cadre de vie et de l'environnement d'une façon générale.

Suite au fléau de l'exode rural la ville de M'irt a connu pendant les dernières années un accroissement démographique qui s'accompagne par une expansion des habitats, ce qui a poussé la municipalité de la ville à entreprendre des travaux de réhabilitation de l'ancien réseau ainsi que son élargissement. Ce qui a permis l'augmentation du taux de branchement au réseau existant et par conséquent l'élévation du débit des eaux usées. D'où la nécessité de la réalisation d'une station d'épuration [3].

Le présent travail a pour objectif de déterminer à travers les résultats obtenus des analyses de certains paramètres physico-chimiques les degrés de pollutions des eaux usées de la ville de M'irt. Aussi confirmer le caractère domestique de ces eaux usées en comparant les rapports DCO/DBO₅ et MES/DBO₅ avec les ratios habituels des eaux usées urbaines et les concentrations de ces paramètres de pollution avec les normes marocaines des eaux usées.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODE

2.1 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La ville de M'irt est située à 30 Km au Nord-Est de la ville de Khénifra (Figure 1) selon les coordonnées Lambert X (48400) et Y(285000). La ville de M'irt est répartie sur une superficie de 17 km² Avec une population de 42 730 habitants [4], [5]. Elle est dotée d'un réseau d'assainissement de type pseudo-séparatif d'une longueur de 78,75 Km dont 11,17 Km fait partie du réseau d'assainissement pluvial, avec un taux de raccordement de 96,80% à la fin de l'année 2011 [6].

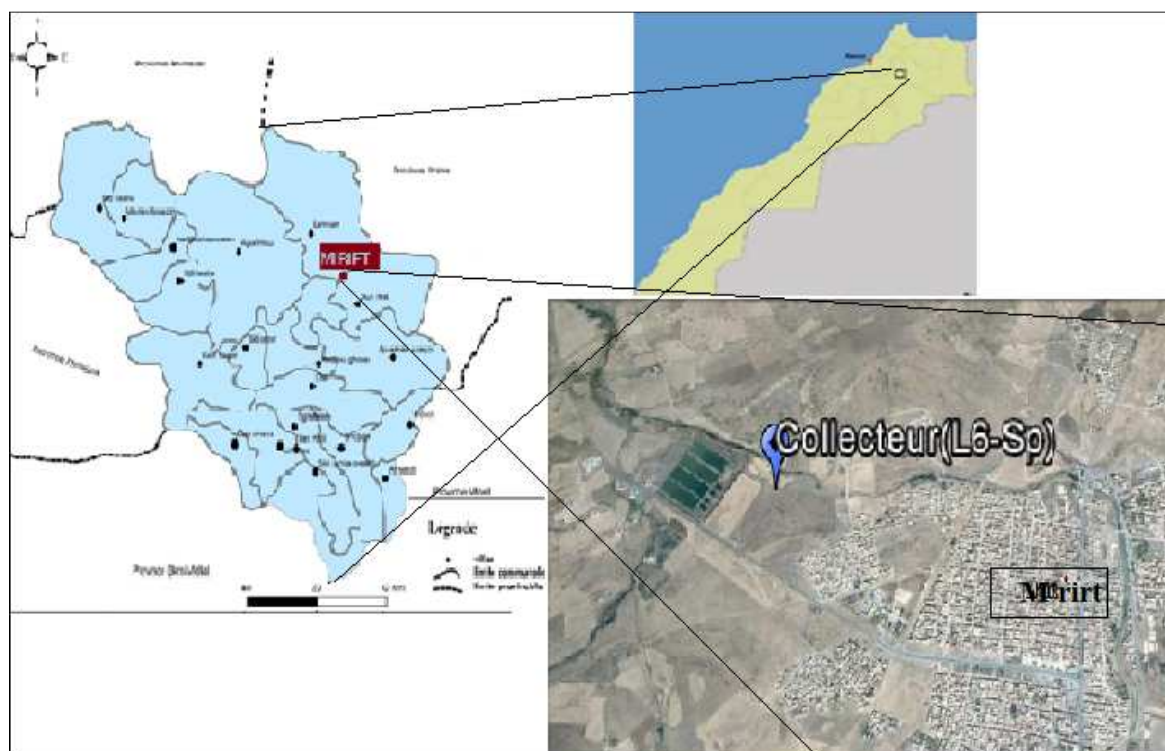


Fig. 1. La situation géographique de la ville de M'irt et le site de prélèvement [7]

2.2 PRELEVEMENT ET ANALYSES DES EAUX USEES

L'échantillonnage des eaux usées a été effectué mensuellement durant l'année 2014, à partir du collecteur de référence L6-Sp situé à la sortie de la ville vers la route du Meknès (figure 1). Les échantillons des eaux usées destinés à l'analyse physico-chimique, ont été conservés selon le guide général pour la conservation et la manipulation des échantillons d'après ISO 5667/3 [8] et Guide de bonne pratique [9]. L'analyse de la température, le pH, le Potentiel redox, la conductivité électrique, le TDS, le % de saturation en oxygène, l'Oxygène dissout et la Salinité sont déterminés "in situ" à l'aide d'un analyseur multi-paramètre Modèle CONSORT 535. L'analyse de la DBO5 est déterminée par la méthode respiratoire à l'aide d'un DBO-mètre (OxiTop) et la DCO par la méthode ST-DCO (méthode à petite échelle en tube fermé) selon Rodier [10]. La turbidité est mesurée par un turbidimètre optique HaCH 2100N suivant la méthode néphélométrique (90°) [10]. Les Matières en Suspension (MES) sont déterminées par filtration d'un volume d'eau usée (100ml) sur filtre cellulosique présentant un diamètre de pores de l'ordre de 0,45 µm. Le filtre et son substrat sont séchés soigneusement dans l'étuve à 105°C pendant 24h. La différence de masse avant et après séchage donne la teneur en matières en suspension, exprimé en mg/l d'eau usée [11].

3 RÉSULTAT ET DISCUSSION

L'évaluation de la pollution d'une eau usée brute au niveau du collecteur se fait d'après la détermination d'un certain nombre de paramètres physico-chimiques. Les résultats de cette analyse sont regroupés dans le tableau 1.

Tableau 1. Paramètres physico-chimiques des eaux usées de la ville de M'irt.

paramètres	Unité	Moy	Max	Min	Ecart-type
T (°C)	°C	20,50	27	13	4,662
pH	-	7,18	8	6,73	0,406
Conductivité	µS /cm	3055,25	6330	1002	1632,178
TDS	(mg/l)	1965,04	4115	651	1064,378
Turbidité	NTU	444,06	740	245,4	165,311
Salinité	(mg/l)	1,68	3,4	0,4	0,971
O2 dissous	(mg/l)	0,67	3,03	0	0,954
%saturation O2	%	6,79	29,6	0	9,474
P.redox	(mV)	26,57	42,5	-2,1	14,979
MES	(mg/l)	609,33	1677	95	539,075
DBO5	(mg/l)	492,92	650	240	151,316
DCO	(mg/l)	972,92	1265	450	293,449

Moy : moyenne ; Max : maximum ; Min : minimum ; T°C : température

3.1 VARIATION DE LA TEMPERATURE

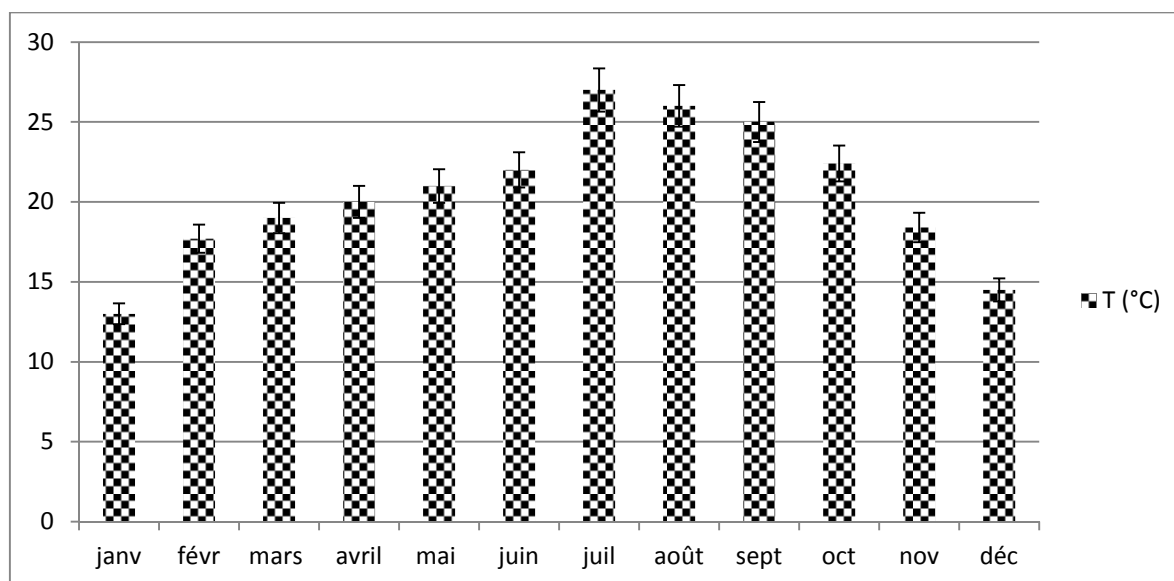


Fig.2. Evolution de la Température des eaux usées brutes de la ville de M'rirt (Maroc)

La température moyenne des eaux usées recueillies dans le site de prélèvement « collecteur urbain (L6-Sp) » pendant la période d'échantillonnage est de 20,50 °C, avec une température minimale de 13°C, affichée pendant le mois de janvier et une température maximale de 27°C enregistré en mois de juillet (tableau 1 et figure 2). Les valeurs de la température enregistrées sont inférieures à 30°C considérée comme valeur limite de rejet direct dans le milieu récepteur [12]. De même, ces valeurs sont inférieures à 35°C, considérée comme valeur limite indicative pour les eaux destinées à l'irrigation [12].

3.2 VARIATION DU PH

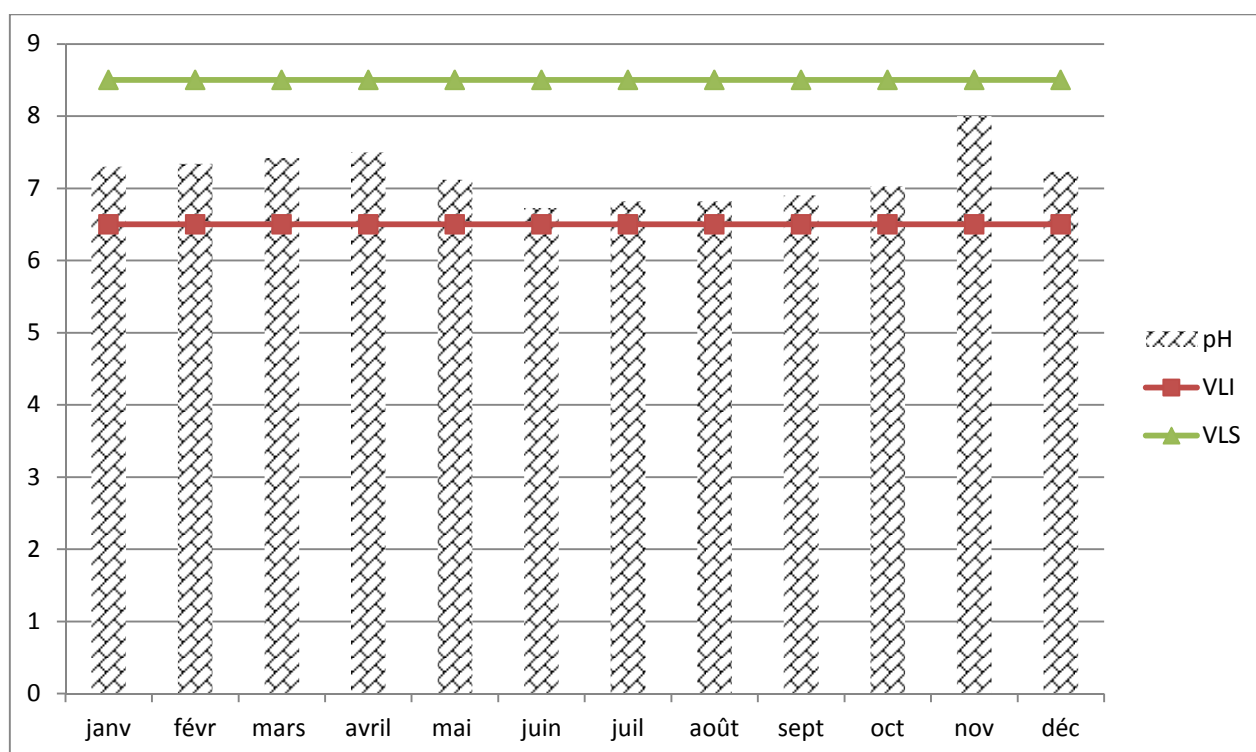


Fig.3. Evolution du pH des eaux usées brutes de la ville de M'rirt (Maroc)

L'évolution du pH des rejets de la ville de M'rirt durant toute la période d'étude (janvier 2014 à décembre 2014) a montré que les eaux usées du collecteur L6-Sp sont relativement neutres avec une valeur moyenne de 7,18 et des valeurs extrêmes de 6,73 enregistré en mois de juin et 8,00 en novembre (Tableau 1 et figure 3). Ces valeurs de pH sont incluses dans la fourchette des valeurs limites de rejet direct dans le milieu récepteur et dans la fourchette des normes marocaines de qualité des eaux destinées à l'irrigation [12].

3.3 VARIATION DE LA CONDUCTIVITE

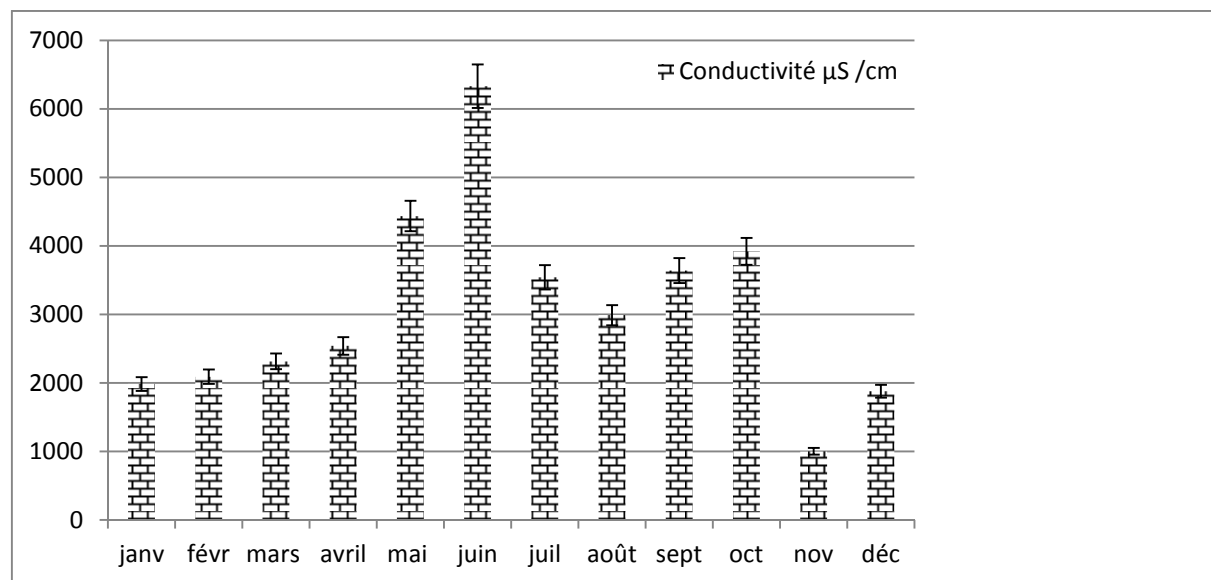


Fig.4. Evolution de la conductivité des eaux usées brutes de la ville de M'rirt (Maroc)

La conductivité électrique est probablement l'une des plus simples et des plus importantes pour le contrôle de la qualité des eaux usées. Elle traduit le degré de minéralisation globale, elle nous renseigne sur le taux de salinité. Les valeurs de la conductivité enregistrées au niveau des eaux usées brutes de la ville de M'rirt varient entre 1002 µS/cm et 6330 µS/cm. Avec une moyenne de 3055,25 µS/cm (Tableau 1), Les résultats obtenus mettent en évidence une variation plus ou moins importante de la minéralisation entre les mois de suivi, Nisbet [13] a signalé que des valeurs moyennes, comprises entre 449,7µS/cm et 1037,3µS/cm, mettent en évidence une forte minéralisation des eaux usées. La comparaison des valeurs de la conductivité électrique au niveau des eaux usées analysées avec les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation permet de déduire que ces eaux usées sont acceptables pour l'irrigation des cultures. Mais, la valeur moyenne est supérieure à 2700µS/cm, considérée comme valeur limite de rejet direct dans le milieu récepteur [12].

3.4 VARIATION DES SOLIDES TOTAUX EN SOLUTION (TDS)

La variation mensuelle des TDS (Solides totaux en solution) suit la même évolution que celle de la conductivité électrique, il oscille entre 651 mg/l enregistré en novembre et 4115 mg/l en juin avec une moyenne de 1965,04 mg/l (tableau 1). La comparaison de ces valeurs avec la grille de qualité de l'eau recommandée par l'OMS pour l'irrigation classe ces eaux dans les type modérés à sévères [14].

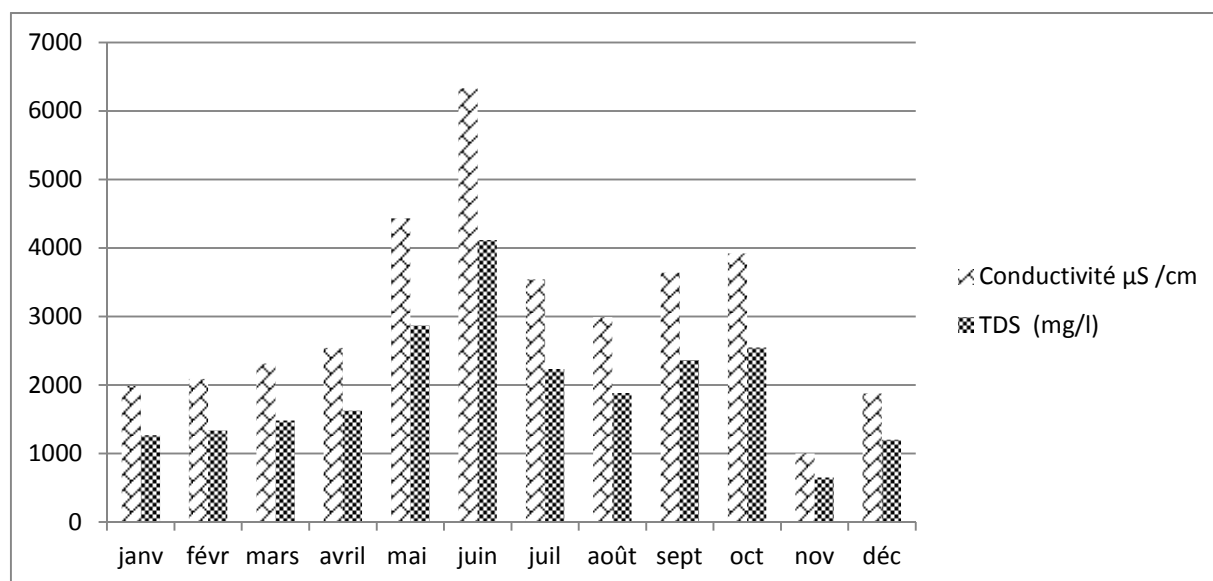


Fig.5. Évolution temporelle de la conductivité et du TDS

3.5 VARIATION DE LA TURBIDITE

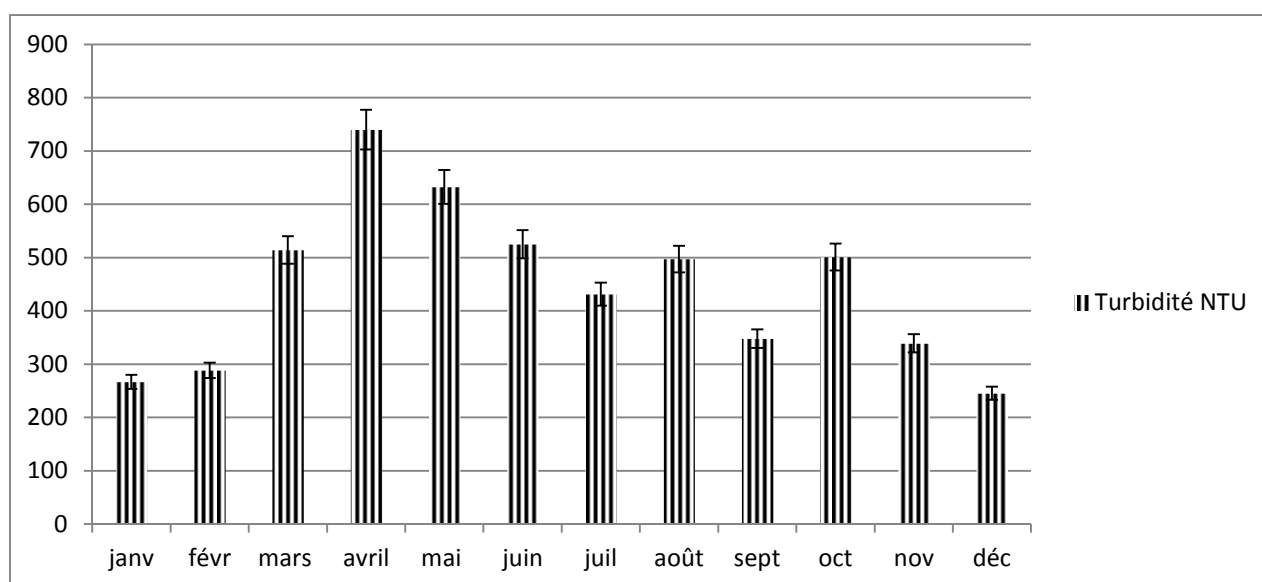


Fig. 6. Evolution de la turbidité des eaux usées brutes de la ville de M'irt (Maroc)

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisées: argile, limons, grains de silice, matières organiques, etc. L'appréciation de l'abondance de ces matières mesure son degré de turbidité [15]. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace. Les valeurs de la turbidité relevé pendant la période de suivi varient entre 245,4 NTU et 740 NTU avec une moyenne de 444,06 NTU (tableau 1), ceci permet de conclure que les eaux usées de la ville de M'irt sont fortement troubles et dépassent de loin les normes de rejets marocains qui sont comprise entre 5 et 30 [12].

3.6 VARIATION DE LA SALINITE

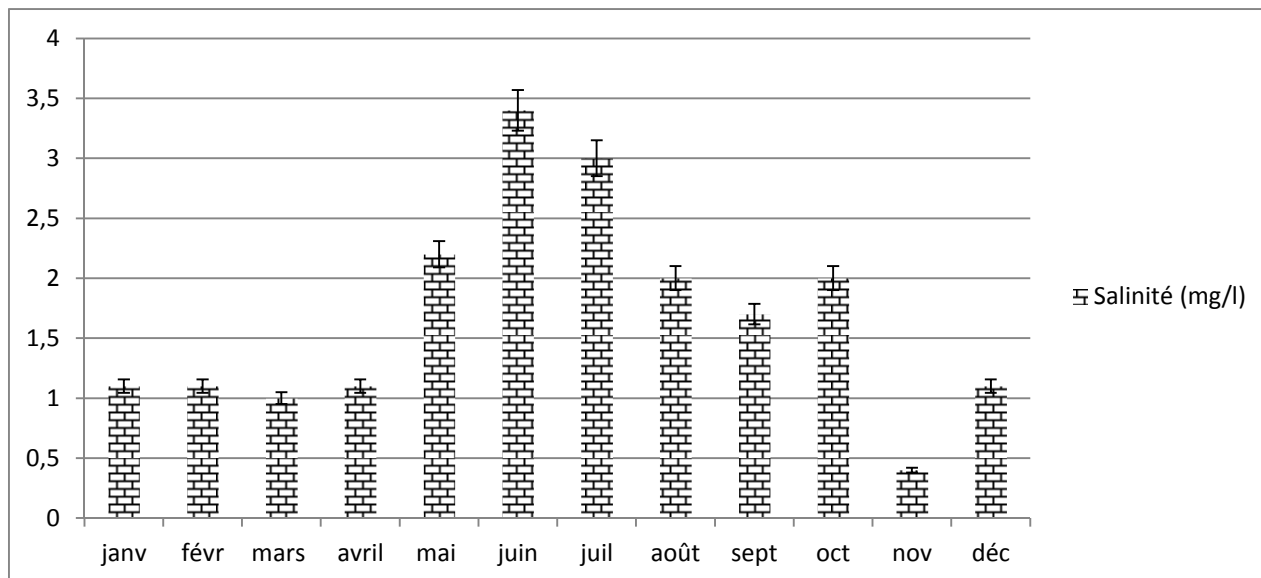


Fig.7. Evolution de la salinité des eaux usées brutes de la ville de M'irt (Maroc)

En générale, la salinité suit les mêmes tendances que la conductivité électrique. Les résultats obtenus montrent que les valeurs oscillent entre 0,4 mg /l et 3,4 mg /l. La valeur moyenne de la salinité est 1,68 mg /l (tableau1). La comparaison des valeurs de la salinité au niveau des eaux usées analysées avec les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation permet de déduire que ces eaux usées sont acceptables pour l'irrigation des cultures (inférieur à 76800mg/l) [12].

3.7 VARIATION DU POTENTIEL REDOX

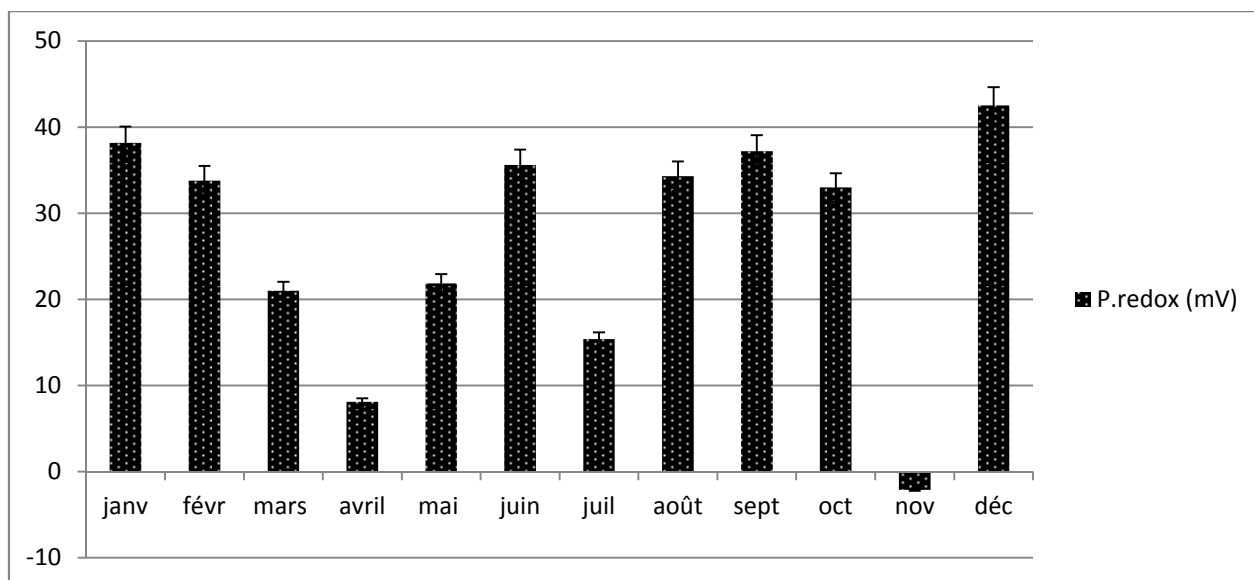


Fig. 8. Evolution du potentiel redox des eaux usées brutes de la ville de M'irt (Maroc)

Le potentiel redox est une grandeur de mesure permettant de quantifier la présence d'oxydant dans un fluide dans certaines conditions. Lorsqu'il est positif il traduit une activité électronique faible, donc une capacité à prendre des électrons (pouvoir oxydant), inversement quand les valeurs du potentiel redox sont négatives (ils absorbent des électrons), il entend une capacité importante à prendre les électrons. Durant notre étude, presque toutes les valeurs du potentiel redox sont

positives, avec une valeur moyenne de 26,57 mV un minimum de -2,1 mV affichée pendant le mois novembre et un maximum de 42,5 mV enregistré en mois décembre (tableau 1).

3.8 VARIATION DE L'OXYGENE DISSOUS

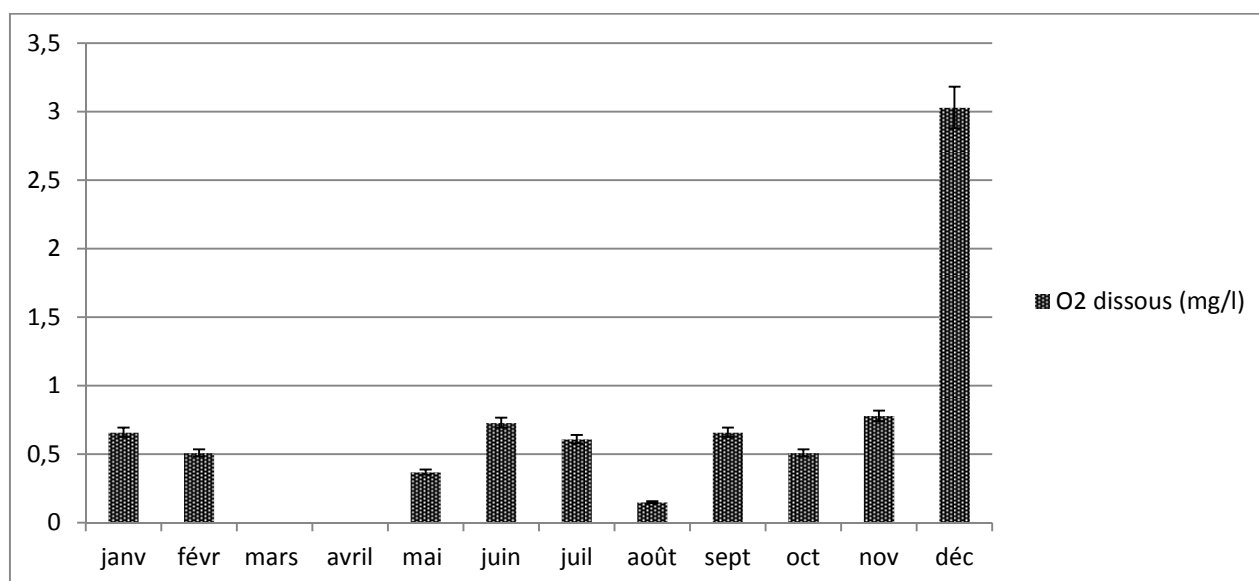


Fig.9. Evolution de l'oxygène dissous des eaux usées brutes de la ville de M'irt (Maroc)

La signification de paramètre de l'oxygénation des eaux est très claire puisque la présence d'oxygène dissous conditionne les réactions de dégradation -aérobie- de la matière organique et plus généralement l'équilibre biologique des milieux hydriques. Dans les réseaux d'assainissement des eaux usées, sa disparition complète s'accompagne généralement de l'apparition d'H₂S dans l'air, provenant de la réduction des composés soufrés présents dans les effluents, et corrélativement du phénomène d'attaque acide du béton des canalisations [16]. Par contre sa présence inhibe les activités dénitrifiantes de la flore spécialisée.

L'état d'oxygénation des rejets de la ville de M'irt montre que, les valeurs extrêmes minimales et maximales de la teneur en oxygène dissous sont de 0,00 mg/L et 3,03 mg/L avec une concentration moyenne de 0,67 mg/L (Tableau 1). Ce qui montre que ces eaux sont pauvres en oxygène ce qui favorise la fermentation anaérobie pour la dégradation de la matière organiques qui s'accompagne par un dégagement des mauvaises odeurs.

La comparaison des valeurs en oxygène dissous dans nos échantillons d'eaux usées analysées avec la grille de qualité des eaux de surface permet de déduire que ces eaux usées sont de qualité très mauvaise (<1) pendant toute l'année de suivi à l'exception du mois de décembre ou en les qualifiés de mauvaise (de 1 à 3 mg/l) [12].

La variation du pourcentage de saturation en oxygène est proportionnelle à la variation de l'oxygène dissous. Dans notre étude, ce paramètre, au niveau du collecteur L6-Sp, a enregistré une valeur maximale de 29,6% en mois de décembre et une valeur minimale de 0% en mois de mars et avril avec une moyenne de 6,79 % (tableau 1).

3.9 LA DEMANDE BIOLOGIQUE EN OXYGENE DBO5

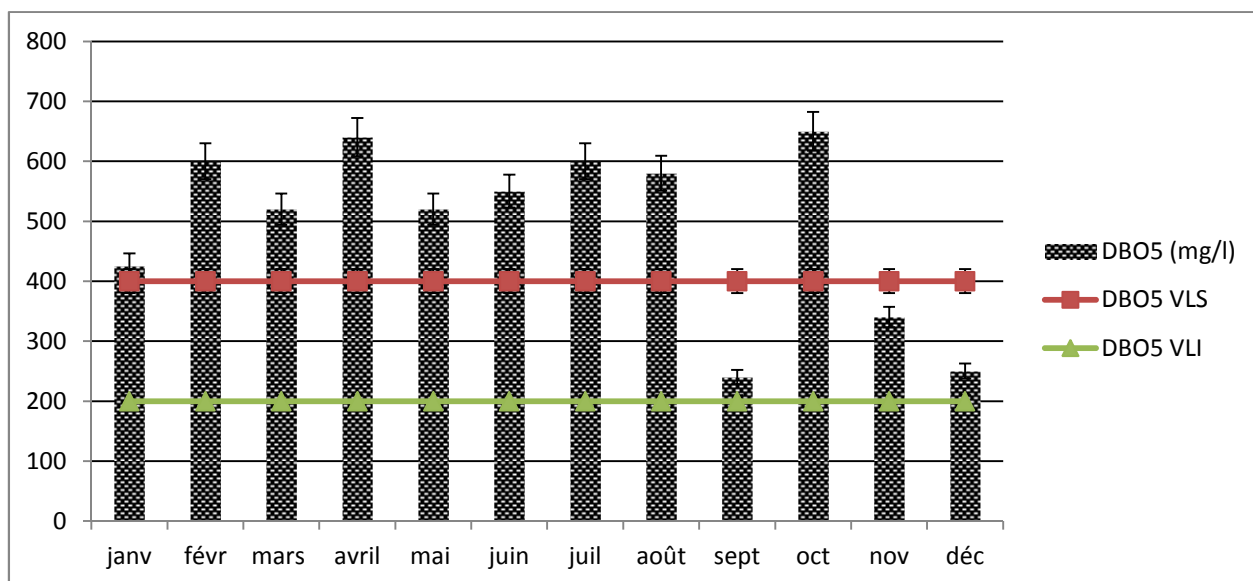


Fig.10. Evolution mensuelle de la DBO5 au niveau du collecteur durant l'année 2014

La demande biologique en Oxygène exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique biodégradable d'une eau par le développement de microorganismes, dans des conditions données (5 jours à 20°C, à l'abri de la lumière et de l'air) on parle alors de la DBO5. Les valeurs de pollution organique exprimée en DBO5 présentent des variations non négligeables entre les différentes campagnes de prélèvements. Les valeurs de DBO5 enregistrées varient entre 240 mg O₂/L (valeur minimale) et 650 mg O₂/L (valeur maximale) avec une valeur moyenne de 492,92 mg O₂/L (Tableau 1). Les valeurs élevées de la DBO5, pourraient être expliquées par l'abondance de la matière organique, ainsi, 75% des valeurs de DBO5 sont en dessus des gammes habituelles des eaux usées urbaines (EEU) marocaines et 25% sont inclus aux mêmes gammes [17], [18] enregistrées pour les campagnes du mois Septembre, Novembre et Décembre (figure 10). La valeur moyenne est inférieure à 500 mg/l, considérée comme valeur limite de rejet indirect [12] et supérieure à 100 mg/l, considérée comme valeur limite de rejet direct [12]. Par ailleurs, ces eaux usées sont classées très mauvaises selon les normes de qualité des eaux de surface [12]. La valeur moyenne est supérieure à celle trouvée à Marrakech (240 mg d'O₂/l) [19], Souk Elarba du Gharb (162,08 mg d'O₂/l) [20], Kénitra (335,5 mg d'O₂/l) [21], oujda (140 mg d'O₂/l) [22], Errachidia (176,9 mg d'O₂/l) [23] et à l'Algérie dans la station de Sidi Senoussi (209.74 mg d'O₂/l) et à la station d'El Emir Abel Kadere (467,27 mg d'O₂/l) [24]. En revanche, elle est inférieure à celle trouvée à Nouakchott (534,98 mg d'O₂/l) [25] et à Sanaa (Yémen) (1137 mg d'O₂/l) [26].

3.10 LA DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE DCO

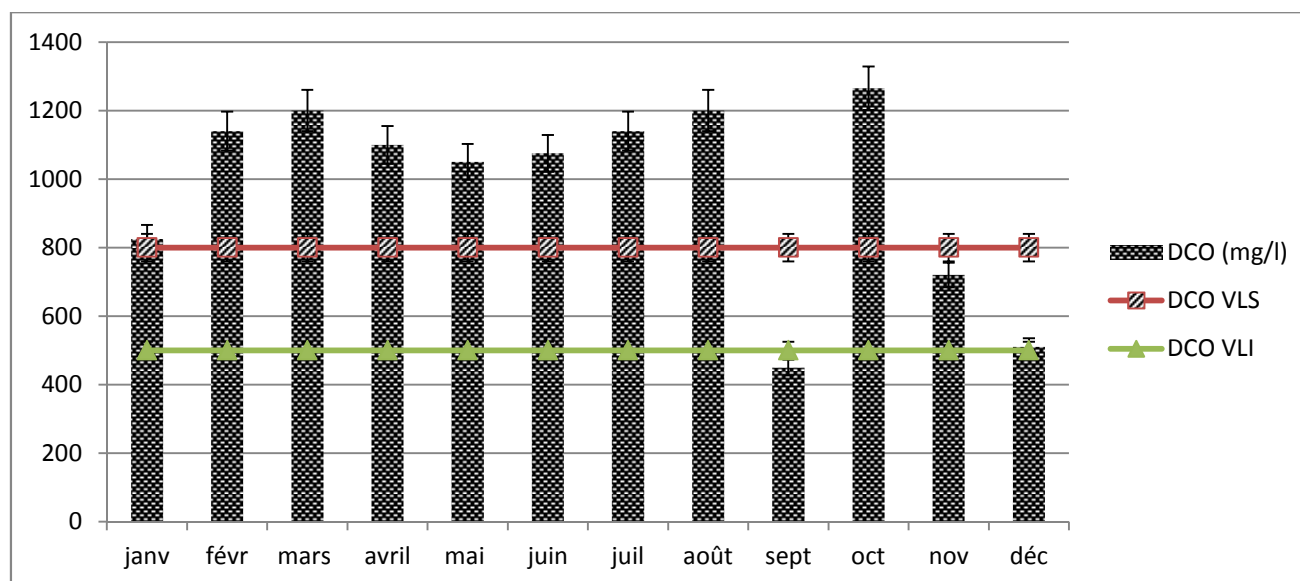


Fig.11 : Evolution mensuelle de la DCO au niveau du collecteur durant l'année 2014

La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales, dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale [11]. Les valeurs de la DCO présentent aussi une variation non négligeable au cours de la période d'étude. Les valeurs varient entre 450 mg O₂/L et 1265 mg O₂/L avec une moyenne de 972,92 mg O₂/L (Tableau 1). En effet, 75% des valeurs de DCO sont en dessus des gammes habituelles des eaux usées urbain national, 17% sont inclus et 8% sont en dessous des mêmes gammes [17], [18].

La valeur moyenne des eaux usées brute de la ville de M'rtit est supérieure à 500 mg d'O₂/l considérée comme valeur limite de rejets direct [12], et proche mais reste inférieure à 1000 mg d'O₂/l considérée comme valeur limite de rejets indirect [12]. Par ailleurs, ces eaux usées sont de très mauvaise qualité (> 80mg/l) selon les normes de qualité des eaux de surface [12]. En outre, La valeur moyenne de DCO enregistrées est inférieure à celles trouvées à Sanaa (Yémen) (1888,53 mg d'O₂/l) [26], à Nouakchott (Mauritanie) (1810,63 mg d'O₂/l) [25] et à Marrakech (2983 mg d'O₂/l) [19]. En revanche, elle est supérieure à celles trouvées à Kénitra (500,7 mg d'O₂/l) [21], Oujda (514 mg d'O₂/l) [22] et à Souk Elarba du Gharb (235,2 mg d'O₂/l) [20].

3.11 LES MATIERES EN SUSPENSION MES

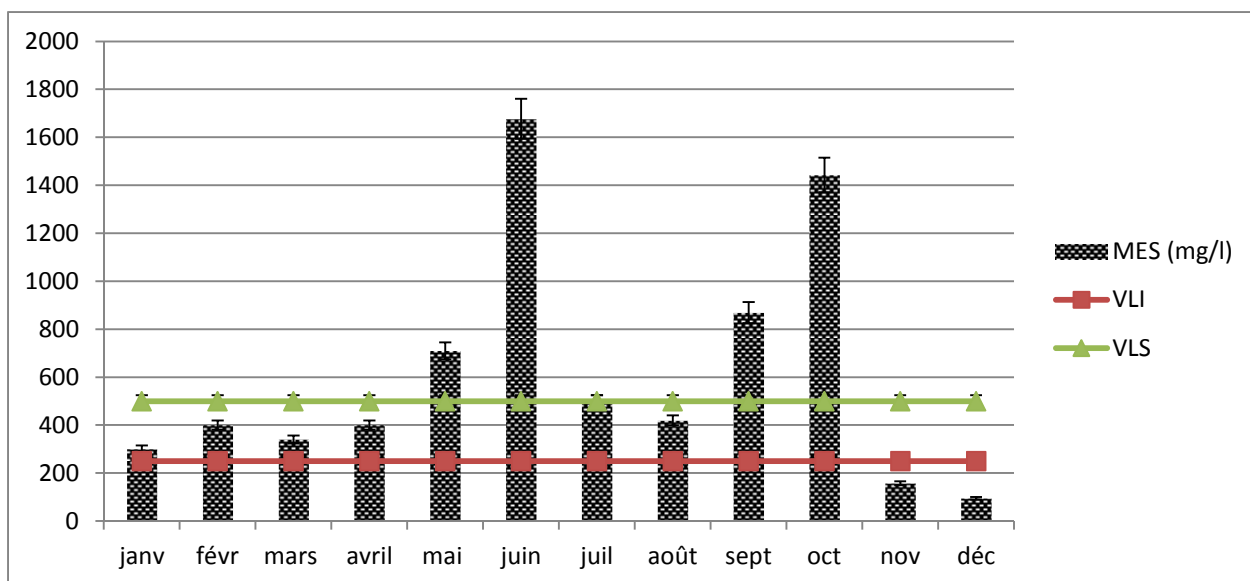


Fig.12 : Evolution mensuelle de la MES au niveau du collecteur durant l'année 2014

La matière en suspension représente l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux usées. Elle intervient dans la composition de l'eau par son effet d'échanges d'ions ou d'absorption aussi bien sur les éléments chimiques à l'état de traces que sur les microorganismes. Les concentrations en MES des eaux usées analysées varient entre 95 mg/L et 1677 mg/l avec une moyenne de 609,33 mg/L (Tableau 1). Les variations mensuelles de la MES est indiquée dans la figure 12. D'après les résultats, on note que 50% Des eaux usées de la ville de M'irt sont inclus dans la fourchette des gammes habituelle des EEU marocaines (entre 250 et 500mg/l), 33% sont en dessus des mêmes gammes habituelles et 17% restants en dessous [17], [18]. Par ailleurs, la valeur moyenne de la MES est largement supérieure à la valeur limite de rejet direct (50 mg/l) mais proche à la valeur limite de rejet indirect (600 mg/l) [12]. Aussi la valeur moyenne trouvée est moins élevée par rapport aux résultats trouvés par Raweh et al, (2011) à Sanaa (Yémen) (813,5 mg/l) [26] et par Cheikhna et al, (2015) à Nouakchott (Mauritanie) (658,45 mg /l) [25] et supérieures à ceux rencontrés à Marrakech (194,34 mg/l) [19], à Souk Elarba du Gharb (224,25 mg/l) [20] et à Oujda (275 mg/l) [22].

4 EVALUATION DE LA POLLUTION ORGANIQUE DES EAUX USEES

Pour une meilleure appréciation de l'origine des eaux usées de la ville de M'irt, le calcul des rapports DCO/DBO5, DBO5/DCO, MES/DBO5 et l'estimation de la Matière Oxydable (MO) présente des intérêts très importants.

Tableau 2. Rations des eaux usées brutes de la ville de M'irt

	moy	max	min	Ecart-type
MO (mg/l)	970,68	1647	310	523,573
DCO/DBO5	1,97	1,95	1,88	0,133
DBO5/DCO	0,51	0,58	0,43	0,04
MES/DBO5	1,24	2,58	0,40	1,051

Moy : moyenne ; Max : maximum ; Min : minimum

L'utilisation de ces paramètres de caractérisation constitue un bon moyen pour donner une image du degré de pollution des effluents bruts et aussi pour optimiser les paramètres physico-chimiques de ces eaux usées afin de proposer un mode de traitement convenable.

4.1 RATIO DCO/DBO5

Le rapport DCO/DBO5 permet de déduire la biodégradabilité d'un effluent [11], et fournit des indications importantes sur l'origine de la pollution des eaux usées et le traitement convenable à réaliser. Si le rapport est supérieur à 3 la matière organique est considérée mal biodégradable et le traitement convenable est tout à fait chimique à l'inverse s'il est inférieur à 3 dans ce cas la charge organique est biodégradable par un traitement biologique [17], [18]. Les eaux usées de la ville de M'irt présentent un ratio DCO/DBO5 qui ne montre pas de grande variation durant la période de suivi 1,88mg/l comme valeur minimale et 1,95mg/l comme valeur maximal avec une moyenne de 1.97 mg/l (tableau 2). Il est conforme avec celui des eaux usées urbaines à dominance domestique présentant un rapport DCO/DBO5 inférieur à 3 [17]. Donc, on peut conclure que même si les eaux usées du rejet urbain de notre ville d'étude présentent une charge organique élevée, elles sont facilement biodégradables, et confirme leur caractère biodégradable et leur origine domestique. En effet un traitement biologique paraît tout à fait convenable à ces rejets. Ces résultats concordent avec ceux reportés par Belghyti et al (2009) [27], Gnagne et Brissaud (2003) [28] et Zerhouni (2003) [29].

4.2 RATIO DBO5/DCO

Pour caractériser une pollution industrielle, on considère souvent le rapport DBO5/DCO, qui donne des indications très intéressantes sur l'origine d'une pollution des eaux usées et ses possibilités de traitement. Pour notre étude, ce rapport est relativement élevé de l'ordre de 0,51. C'est le cas général pour les rejets chargés en matière organique. Cette charge organique rend ces eaux usées assez instables, c'est à dire qu'elles évolueront vite vers des formes "digérées" avec le risque de dégagement d'odeurs. En effet, les eaux usées de ce collecteur sont à dominante organique.

4.3 RATIO MES/DBO5 ET MATIERES OXYDABLES (MO)

Au niveau des eaux usées de la ville de M'irt, le rapport DBO5/DCO est élevé (0,51), ce qui confirme que les eaux usées drainées par ce collecteur sont fortement chargées en matières organiques. Ce résultat obtenu est confirmé par l'estimation de la Matière Oxydable, qui est de l'ordre de 970,68 mg/l avec un rapport moyen de MES/DBO5 de 1,24. Par ailleurs, le rapport DCO/DBO5 est faible (1,97), ce qui nous permet de déduire que la charge en matières organiques dans les eaux usées de ce collecteur est facilement biodégradable selon Henze et al. (1997) [30].

5 CONCLUSION

A la lumière de ces résultats, les teneurs des paramètres physico-chimiques étudiés dans les eaux usées de la ville de M'irt présentent des valeurs des paramètres majeurs de pollution qui dépassent relativement les valeurs limites générales des rejets directs et indirects dans le milieu récepteur (oued Tighza), ce qui représente un risque de pollution environnementale pour ce dernier d'où la nécessité d'un traitement de ces eaux usées brutes.

Au terme de l'évaluation de degré de pollution organique, on peut constater que l'ensemble des paramètres étudiés (en particulier avec la DBO5, la DCO et les MES) situent les eaux usées analysées dans la tranche a concentration moyenne à élever [31]. Par ailleurs, selon la classification des effluents urbains réalisée par l'Office National de l'Eau Potable, ces eaux usées entrent dans la gamme des eaux usées concentrées [17], [18]. L'examen du rapport DCO/DBO5 souligne bien le caractère biodégradable et l'origine domestique des eaux usées du collecteur auxquelles un traitement biologique paraît tout à fait convenable.

Le traitement de ces eaux usées est nécessaire afin de produire un effluent qui respecte les normes de rejets directs et indirects selon le Ministère de l'Environnement du Maroc (2002). Via des procédés biologiques convenables aux conditions climatiques et économiques locale.

REFERENCES

- [1] Ministère délégué auprès du Ministre de l'Energie des Mines de l'Eau et de l'Environnement chargé de l'Eau., « Etat De Qualité Des Ressources En Eau Au Maroc Année 2009-2012 », Rapport Final, juin 2014.p13
- [2] Revue Stratégique du Programme National d'Assainissement, Royaume du Maroc, Rapport No. 40298-MA, Rapport Final, Mai 2008.
- [3] Anonyme. 1989. Etablissement d'avant-projet détaillé de l'ouvrage d'assainissement de la ville de M'irt. ONEP- Direction des études et de l'assainissement/Groupement d'Ingénieurs Conseils
- [4] HCP., Haut-Commissariat au plan, recensement Général de la Population et de l'Habitat, Maroc, 2014.

- [5] Royaume Du Maroc, Ministère De L'intérieur Région- Meknès- Tafilalet, Province De Khenifra, Municipalité De M'irt, Service De Développement Local. « Monographie De La Commune Urbain De M'irt ».
- [6] Anonyme, 2011. Fiche descriptive du service d'assainissement dans la municipalité de M'irt province Khenifra. ONEP.
- [7] <https://www.google.com/intl/fr/earth/>
- [8] ISO 5667/3., Qualité de l'eau - échantillonnage - guide pour la conservation et la manipulation des échantillons, 1994.
- [9] ONEP, Caractérisation quantitative et qualitative des eaux usées, Guide de bonne Pratique, Direction Laboratoire de la Qualité des Eaux, ONEP, Rabat, 1999.
- [10] Rodier J, Legube B, Merlet N et coll., L'analyse de l'eau, 9ème Edition, Dunod, Paris, 2009.
- [11] Rodier J., L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eau de mer, 8ème Edition, Denod, Paris, 1383p, 1996.
- [12] Ministère de l'Environnement du Maroc, 2002. Normes marocaines, Bulletin officiel du Maroc, N° 5062 du 30 ramadan 1423. Rabat.
- [13] Nisbet Verneaux J. 1970. Composantes chimiques des eaux courantes. Discussion et proposition de classes en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques. Ann Limnol 1970 ; 6: 161-9.
- [14] Organisation Mondiale de la Santé (OMS) (2006). Good irrigation practice. In OMS. Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume 2: Wastewater use in agriculture [En ligne] http://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/wwwvol2ann1.pdf
- [15] A. Jemali et A. Kefati, "Réutilisation des eaux usées au Maroc, " Forum sur la gestion de la demande en eau, Mars 2002, Direction du Développement et de la Gestion D'irrigation /Madref/Rabat, 2002.
- [16] Thomas O. 1995. Métrologie des eaux résiduaires. Ed. Cebedoc / Tec. et Doc. 11, Liège -75384. Paris.
- [17] ONEP, Schéma Directeur National d'Assainissement Liquide (SDNAL), mai 1998, projet. MOR/92/020 Mission II.6, Epuration, DEA, DGCL, Ministre de l'intérieur ;
- [18] ONEP. Approche de la typologie des eaux usées urbaines au Maroc. ONEP et GTZ. Rabat (1998)
- [19] L. Gebrati, et A. Nejmedine, "Traitement photocatalytique et biodégradabilité des effluents textiles de la ville de Marrakech, « Actes du Colloque International sur l'eau dans le bassin Méditerranéen: Ressources et Développement Durable », Monastir (Tunisie), pp.330-334, 2002.
- [20] A. Kbibch, D. Belghyti, K. Elkharrim, et K. El Khokh, "Analyse de la pollution de l'oued Mda par les eaux usées domestiques de la ville de Souk Elarba du Gharb Maroc," Science Lib Editions Mersenne, Vol. 3, n °. 110203, Février 2011.
- [21] S. Oulkheir, "Caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des eaux usées de la ville de Kénitra, " Mémoire de 3ème cycle, Faculté des Sciences, Kénitra, pp. 79, 2002.
- [22] M.ABOUELOUAGA, H. ELHALOUANI, M. KHARBOUA et A. BERRICHI. « Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux usées brutes de la ville d'Oujda: canal principal et Oued Bounaïm », Actes Inst. Agron. Vet. Vol. 22 (3), (Maroc) 2002.
- [23] H. Chaouki, L. ELWATIK, Y. RAMCHOUN, A. CHAOUCH, A. RASSAM, "Caractérisation physico-chimique des eaux usées de la ville d'Errachidia (Maroc) », Science Lib Editions Mersenne, Vol. 5, N ° 130512, Mai 2013.
- [24] M. CHACHOUA et A SEDDINI, « Étude de la qualité des eaux épurées par le lagunage naturel en Algérie », *Afrique SCIENCE*, 09(3), pp. 113 – 121, 2013.
- [25] Cheikhna Ould Abdelkader, Mohamed Vall Mohamed Abdellali, Ould Djeh Talib khyar, Eby Ould Mohamedou, Ould Sid'Ahmed Ould Kankou, Ould Mohamed Daha, Dieng Mamadou, Mint Mohamed Khadijetou, Oumar Rhaouat, Khadija El Kharrim, Driss Belghyti, « Caractérisation physico - chimique des eaux usées brutes de la ville de Nouakchott (Mauritanie) », International Journal of Innovation and Applied Studies, Vol. 11, No. 4, pp. 96-102, 2015.
- [26] S. Raweh, D. Belghyti, A. AL Zaemey, Y. EL Guamri et K. El kharrim "Qualité physico-chimique des eaux usées de la station d'épuration de la ville de S'Anaa (Yemen), " International Journal of Biological and Chemical Sciences, Vol. 5, n°. 1, 2011.
- [27] Belghyti D., Elguamri Y., Ztit G., My Ouahidi L., My brahim J., Harchrass A., Amghar H, Bouchouata O ., El kharrim K., Bounouira H. Caractérisation physico-chimique des eaux usées d'abattoir en vue de la mise en oeuvre d'un traitement Oadéquat : cas de Kénitra au Maroc, *Afrique Science* 05(2), pp 153 – 216, 2009.
- [28] Gnagne T. et Brissaud F. 2003. Etude des potentialités d'épuration d'effluents d'abattoir par infiltration sur sable en milieu tropical. *Sud Sciences & Technologies*. N°11. Décembre 2003.
- [29] Zerhouni R. A. 2003. Flore algale des eaux usées de la ville de Fès et étude de la capacité de certaines espèces à éliminer la charge azotée, phosphatée et quelques métaux lourds (Chrome et Cadmium). Thèse de Doctorat. Fac. Sci.Dhar El Mahraz.Fès.Maroc.146p.
- [30] Henze M., Harremoës P., Jansen J. L.C. and Avrin E. 1997. Wastewater treatment. 2nd ed. springerverlag. Berlin.
- [31] Metcalf et Eddy, INC. "Wastewater engineering: Traetment, Disposal and Reuse". 3ème Edition Library of Congress Cataloging in publication data. (1991) D. 645. T34.

Activité antifongique d'extraits aqueux de *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf., *Eclipta alba* (L.) Hassk. et *Portulaca oleracea* (L.) contre les principaux champignons transmis par les semences d'oignon (*Allium cepa* L.) au Burkina Faso

[Antifungal activity of *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf., *Eclipta alba* (L.) Hassk. and *Portulaca oleracea* (L.) aqueous extracts against the main seed-borne fungi of Onion (*Allium cepa* L.) in Burkina Faso]

Tobdem Gaston DABIRE^{1,2}, Schémaeza BONZI¹, Irénée SOMDA¹, and Anne LEGREVE²

¹Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso,
Institut du Développement Rural,
01 BP 1091, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

²Université Catholique de Louvain-la-Neuve,
Faculté des Bio ingénieurs,
Earth and Life Institute,
Croix du Sud 2 box L7.05.03,
1348 Louvain-la-Neuve, Belgium

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

ABSTRACT: *Aspergillus* and *Fusarium* species are the major seed-borne fungi occurring on onion in Burkina Faso according to a previous study. In order to work out effective, available and healthy method of seed treatment against these fungi, this study aimed to evaluate the antifungal activity of three local botanical species. Mycelial growth of *Aspergillus niger*, *Fusarium moniliforme*, *Fusarium oxysporum* and *Fusarium solani* was evaluated *in vitro* on media prepared with aqueous extracts of *Cymbopogon citratus*, *Eclipta alba* and *Portulaca oleracea*. The health and germination quality of seeds previously treated with the best aqueous extracts were then evaluated. The aqueous extract of *C. citratus* significantly inhibited the mycelial growth of all *Fusarium* species at rates ranged from 42,8 to 92,0% but stimulated the growth of *A. niger*. Those of *P. oleracea* inhibited the mycelial growth of all tested fungi at rates ranged from 3,2 to 42,4% while those of *E. alba* stimulated the mycelial growth of all tested fungi. Seed treatment with the extracts of *C. citratus* and *P. oleracea* allowed reducing their infection rates by fungi of over 50%. However, the emergence and growth of seedlings were respectively reduced by *P. oleracea* and *C. citratus* compared to those of untreated seeds. Our study concludes that both aqueous extracts have proven antifungal properties. The appropriated shape and dose of use, that does not affect the seedling emergence and growth, should be sought.

KEYWORDS: Antifungal activity, Aqueous extracts, Onion, Seed-borne fungi, Seed treatment.

RÉSUMÉ: Une évaluation de la mycoflore des semences d'oignon utilisées au Burkina Faso a révélé qu'elles sont contaminées par des espèces de *Aspergillus* et de *Fusarium*. En guise de recherche d'une méthode saine et efficace de traitement des semences contre ces champignons, la présente étude a eu pour objectif d'évaluer le pouvoir antifongique de trois espèces botaniques locales. La croissance mycélienne de *Aspergillus niger*, *Fusarium moniliforme*, *Fusarium oxysporum* et *Fusarium solani* a été appréciée *in vitro* sur des milieux préparés avec des extraits aqueux de *Cymbopogon citratus*, *Eclipta alba* et *Portulaca oleracea*. La qualité sanitaire et germinative des semences traitées avec les meilleurs extraits ont ensuite été

évaluées. L'extrait de *C. citratus* a inhibé la croissance mycélienne de toutes les espèces de *Fusarium* à des pourcentages compris entre 42,8 et 92,0% mais a stimulé celle de *A. niger*. Ceux de *P. oleracea* ont inhibé la croissance de tous les champignons testés à des pourcentages compris entre 3,2 et 42,4% tandis que ceux de *Eclipta alba* ont stimulé la croissance des champignons. Le traitement des semences avec les extraits de *C. citratus* et de *P. oleracea* a permis de réduire de plus de 50%, les taux d'infection par les champignons. Cependant, l'émergence et la croissance des plantules ont été réduites par *P. oleracea* et *C. citratus* comparativement à celles des semences non traitées. Notre étude conclue que ces deux extraits aqueux ont des propriétés antifongiques avérées. La forme et/ou la dose d'utilisation, qui n'affecte pas la germination des semences, devront être recherchées.

MOTS-CLEFS: Activité antifongique, Extraits aqueux, Oignon, Champignons, Traitement de semences.

1 INTRODUCTION

L'oignon (*Allium cepa* L.) occupe la première place parmi les cultures maraîchères du Burkina Faso depuis 2007 devant la tomate et le chou [1]. Eu égard aux niveaux de revenus générés pour les producteurs et au rôle joué dans la résorption du chômage en milieu rural, la filière oignon occupe aujourd'hui une place de choix dans les politiques agricoles du Burkina Faso.

Cependant, la production de l'oignon fait face de plus en plus à de nombreuses contraintes biotiques dont les maladies fongiques. Parmi ces maladies fongiques, les fontes de semis et mortalité des plantules, la pourriture basale causée par des espèces de *Fusarium* ainsi que la moisissure noire causée par *Aspergillus niger* constituent les plus dommageables [2], [3], [4]. Les fontes de semis et manques à la levée entraînent une utilisation trop importante de semences (qui coûtent chères) et les autres maladies occasionnent des pertes de récoltes importantes estimées entre 2,9 et 80% [5]. Bien que connus comme des champignons telluriques, ces agents pathogènes sont aussi transmis par les semences [3]. Au terme d'une récente étude réalisée sur la qualité sanitaire des semences d'oignon utilisées par les producteurs Burkinabé, il est ressorti que la majorité des lots de semences était fortement infectée par les espèces de *Aspergillus* et de *Fusarium* (Dabiré et al., soumis).

Des semences de bonne qualité issues de variétés améliorées sont disponibles mais leur coût élevé conduit certains producteurs à produire et à utiliser leurs propres semences sans souvent aucun respect des normes de production semencière. Il en découle que ces semences produites localement sont de mauvaise qualité car infectées par un nombre considérable de champignons pathogènes.

Quelques fongicides comme le Calthio C 50 WS (25% de Thirame, 25% de Chlorpyrifos-éthyl), l'Apron Star 45 WS (20% de Thiamethoxam, 20% de Mefenoxam et 2% de Difenoconazole) et le Topsin 70 WG (70,4% de Thiophanate-méthyl) sont utilisés en traitement de semences. Cependant, l'efficacité de ces produits chimiques, leurs coûts et leur disponibilité font parfois défaut. A cela s'ajoute la mauvaise manipulation et la non maîtrise des normes d'utilisation des pesticides chimiques (typologie, manipulation, conservation) car la plupart des producteurs sont analphabètes et bénéficient d'un très faible encadrement technique [6]. Par ignorance, certains producteurs utilisent même des insecticides pour combattre des maladies fongiques [7]. Toutes pratiques présentent d'importants risques de toxicité et d'écotoxicité comme l'action négative sur la faune et la flore non cible, les pollutions des eaux et de l'air [8]. De plus, la santé de l'utilisateur est directement menacée par une exposition aux intoxications, aux irritations et aux cancers [7]. Les risques élevés liés aux intoxications, à la pollution environnementale et au phénomène de résistance font que l'usage des pesticides est de nos jours déconseillé et fortement régulé dans plusieurs pays.

Dans ces conditions et dans le contexte du développement durable, les chercheurs travaillent à la mise au point de méthodes de contrôle des ennemis des cultures qui soient efficaces, accessibles et saines vis-à-vis de l'environnement. Des extraits de plusieurs espèces botaniques se sont révélés avoir des propriétés antifongiques et antibactériennes [9], [10], [11], [12]. Ces extraits peuvent être utilisés en agriculture pour contrôler les ennemis des cultures. Etant des produits locaux, ils sont accessibles aux producteurs et pourraient être peu polluants et peu toxiques comparés aux fongicides de synthèse [13]. L'utilisation de ces espèces botaniques en protection des cultures nécessitent des expérimentations pour confirmer leur efficacité et pour vulgariser une forme appropriée d'utilisation. Des universités et des institutions de recherche Burkinabé se sont lancées dans ce programme de recherche depuis plusieurs années. Leurs travaux ont permis de confirmer les propriétés antifongiques de plusieurs plantes locales du pays. Réf [11] ont rapporté que l'extrait aqueux de *Eclipta alba* dosée à 25 et 30% permettait de réduire significativement par trempage pendant une heure, les taux d'infection des semences de mil et de sorgho par les principaux champignons. Il a aussi été souligné que l'extrait aqueux et l'huile essentielle de *Cymbopogon citratus* étaient efficaces *in vitro* et en traitement de semences contre *Fusarium verticillioides* sur maïs, *Phoma sorghina* sur le

sorgho et le mil [10], [12], [14]. L'extrait aqueux de *Portulaca oleracea* a été également testé avec satisfaction sur les champignons transmis par les semences de sorgho [12].

Ce travail se fixe comme objectif d'évaluer l'efficacité des extraits aqueux de *Cymbopogon citratus*, *Eclipta alba* et de *Portulaca oleracea* *in vitro* et en traitement de semences contre les espèces de *Fusarium* et de *Aspergillus* transmis par les semences d'oignon au Burkina Faso.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 LES ISOLATS FONGIQUES UTILISÉS

Quatre isolats fongiques dont trois espèces de *Fusarium* (*F. oxysporum*, *F. moniliforme* et *Fusarium solani*) et une espèce d'*Aspergillus* (*A. niger*) ont été utilisés pour l'étude. Ces isolats fongiques proviennent tous de semences d'oignon naturellement infectés. Leur isolement sur les semences a été effectué après désinfection de ces dernières à l'alcool 70% pendant 30 secondes et à l'hypochlorite de sodium 1% pendant une minute suivi d'un triple rinçage à l'eau stérile et d'un séchage sous hotte à flux laminaire. Les semences séchées ont ensuite été déposées sur un milieu PDA puis mises en incubation pendant trois jours à 22-25°C sous un cycle alternatif de lumière proche ultra-violet et d'obscurité (12h/12h). Les colonies fongiques ont été transférées dans de nouvelles boîtes de pétri pour être purifiées.

2.2 L'ÉCHANTILLON DE SEMENCES UTILISÉ

Un échantillon de semences produit localement et infecté par *Fusarium oxysporum* (12,5%), *Fusarium solani* (34%) et *Aspergillus niger* (6,75%) (Dabiré et al., soumis) a été utilisé dans cette étude.

2.3 LES EXTRAITS BOTANIQUES ET LES FONGICIDES UTILISÉS

Cinq extraits aqueux de plantes locales dosées à 30% ont été utilisés pour l'étude. Des plantes entières de *Eclipta alba* et de *Portulaca oleracea* (deux écotypes chacune) et les feuilles de *Cymbopogon citratus* (Tableau 1) ont été récoltées et séchées à l'ombre pendant environ un mois. Au terme du séchage, les plantes ont été réduites en poudre à l'aide d'un moulin électrique puis tamisées pour obtenir une poudre fine qui a été soigneusement conservée dans des sachets plastiques transparents à la température ambiante (25-30°C) avant usage. Les extraits aqueux ont été préparés suivant la procédure décrite par Somda et al., (2003). La poudre a été mise en macération dans de l'eau pendant environ 24 heures à 25°C. Le mélange a ensuite été filtré à l'aide d'un papier Whatman n°1 puis le filtrat décanté. La solution aqueuse obtenue a été utilisée pour les tests d'inhibition de la croissance des champignons. Pour obtenir la dose de 30% de l'extrait aqueux, 30 g de poudre ont été mise en macération dans 100 ml d'eau stérile.

Le fongicide chimique Calthio C 50 WS (25% de thirame et 25% de chlorpyrifos-éthyl) largement utilisé au Burkina Faso en traitement de semences a été utilisé comme témoin de référence à la dose recommandée de 0,4%.

Tableau 1. Les espèces botaniques testées dans cette étude

Les espèces botaniques	Familles	Nom commun	Organes utilisés	Lieu /année de récolte
<i>Cymbopogon citratus</i> (D.C.) Stapf.	Poaceae	Citronnelle	Feuilles	Banfora/2013
<i>Portulaca oleracea</i> L.	Portulacaceae	Pourpier	Plante entière	Niassan /2014
<i>Portulaca oleracea</i> L.	Portulacaceae	Pourpier	Plante entière	Bama /2013
<i>Eclipta alba</i> (L.) Hassk.	Asteraceae	"Arbre à serpent"	Plante entière	Toronsso/2013
<i>Eclipta alba</i> (L.) Hassk.	Asteraceae	"Arbre à serpent"	Plante entière	Soumouso /2013

2.4 L'ÉVALUATION DE L'ACTIVITÉ ANTIFONGIQUE DES EXTRAITS AQUEUX *IN VITRO*

Un isolat de chaque espèce fongique a été testé en utilisant la méthode de diffusion dans l'agar. Un milieu PDA a été préparé avec chaque extrait aqueux à 30% puis stérilisé à 120°C pendant 30 minutes. Après refroidissement au bain marie (à 50°C), le milieu a été repartitionné dans des boîtes de Pétri. Des milieux PDA ont également été préparés avec de l'eau distillée ou en y ajoutant le fongicide Calthio C (0,4%) et utilisés comme témoins négatif et positif. Pour chaque champignon, des explants mycéliens de 5 mm de diamètre, prélevés à l'aide d'un emporte-pièce sur une culture pure de 7 jours ont été déposés chacun au centre d'une boîte de Pétri contenant le milieu de culture à tester puis scellé avec du Parafilm. Les boîtes

de Pétri ainsi inoculées ont ensuite été mises en incubation à la température de 22-25°C sous un cycle alternatif de lumière proche ultra-violet et d'obscurité (12h/12h) pendant 7 jours. Le dispositif expérimental est un bloc complet randomisé à quatre répétitions (soit quatre boîtes de Pétri par milieu de culture et par champignon). Le diamètre des colonies a été mesuré dans chaque boîte les 4^{ème} et 7^{ème} jours après l'incubation des explants. Le résultat, exprimé en millimètres, a été la moyenne de deux diamètres mesurés perpendiculairement l'un à l'autre, ôté de 5 mm (diamètre de l'explant). Les données ainsi collectées ont été traitées puis les taux d'inhibition dès la croissance des champignons par les extraits aqueux ont été calculés comme suit [15]:

$$\text{Inhib (\%)} = [(DMC_t - C_{tt}) / DMC_t] \times 100$$

Avec:

Inhib (%) = Pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne ;

DMC_t = diamètre moyen des colonies du témoin négatif ;

C_{tt} = diamètre moyen des colonies de chaque traitement.

2.5 LE TRAITEMENT DES SEMENCES AVEC LES EXTRAITS AQUEUX

Le traitement des semences a été effectué avec les extraits aqueux (30%) qui ont été les plus efficaces à l'issu des tests réalisés *in vitro*. Après préparation de l'extrait aqueux à la concentration désirée, 600 graines par traitement ont été trempées dans 37,5 ml d'extrait pendant 24 heures. Les graines ont ensuite été séchées aseptiquement. Les graines non traitées ont été utilisées comme témoin négatif. Les graines trempées dans l'eau distillée et les graines traitées au Calthio C (25% de chlorpyrifos-éthyl et 25% of thiram) à la dose de 2,5g/Kg de semences ont été utilisés comme témoins de référence.

2.6 EVALUATION DE LA QUALITÉ SANITAIRE DES SEMENCES TRAITÉES

La qualité sanitaire des graines traitées a été évaluée suivant la méthode du papier Buvard telle que décrite par [16]. Les graines traitées ont été disposées dans des boîtes de Pétri contenant trois couches de papier Buvard humidifié. Vingt cinq (25) graines ont été disposées à équidistance dans chaque boîte de pétri. Les boîtes ainsiensemencées ont été mises en incubation à 22-25°C sous un cycle alternatif de lumière proche ultra-violet et d'obscurité (12 h/12h) pendant sept jours. Au terme du temps d'incubation, les graines ont été individuellement observées sous un stéréomicroscope pour identifier les champignons présents sur la base des caractéristiques morphologiques et les descriptions de [16]. Au total quatre cent graines ont été utilisées par traitement en 16 répétitions (chaque boîte de pétri étant considéré comme une répétition). Pour chaque espèce fongique retrouvée, le nombre de graines infectées a été évalué par comptage et les pourcentage d'infection par chaque champignon ont été calculés et comparés. La réduction du taux d'infection des semences traitées par rapport aux semences non traitées (témoin négatif) a été calculé comme suit [11]:

$$\text{Réd (\%)} = [(I_{gnt} - I_{gt}) / I_{gnt}] \times 100$$

Avec:

Réd (%) = Pourcentage de réduction du taux d'infection ;

I_{gnt} = taux d'infection des semences non traitées ;

I_{gt} = taux d'infection des semences traitées.

2.7 EVALUATION DE L'EFFET DES EXTRAITS AQUEUX SUR L'ÉMERGENCE ET LA CROISSANCE DES PLANTULES

Cette expérimentation visait à évaluer l'effet du traitement des semences avec les extraits aqueux sur l'émergence et la croissance des plantules. Pour ce faire les graines ont été semées dans des plateaux contenant 800 ml de substrat composé de terreau et de sable (¾; ¼) doublement stérilisé à 120°C pendant 30 minutes. Cent (100) graines ont été utilisées par traitement en cinq (5) répétitions de vingt (20) graines, chaque plateau étant considéré comme une répétition. Les plateauxensemencés ont ensuite été disposés dans les conditions ordinaires puis quotidiennement arrosés pendant 12 jours. L'émergence des plantules a été évaluée aux 6^{ème} et au 12^{ème} jours après semis et les taux d'émergence pour chaque traitement ont été calculés. Les longueurs de 10 plantules prises au hasard dans chaque pot ont été mesurées puis les moyennes comparées entre les traitements.

2.8 ANALYSES DES DONNÉES

Les moyennes des taux d'inhibition de la croissance des champignons *in vitro*, des taux de réduction des indices d'infection des semences, des taux d'émergence et des longueurs des plantules pour chaque traitement ont été comparées par une analyse de variance à un facteur en utilisant le test de classification multiple de Duncan au seuil de 5% réalisé avec le logiciel IBM SPSS Stat.23.

3 RÉSULTATS

3.1 EFFET DES EXTRAITS AQUEUX SUR LA CROISSANCE MYCÉLIENNE DES PATHOGÈNES *IN VITRO*

Les cinq extraits aqueux testés ont significativement affecté la croissance mycélienne de tous les pathogènes testés. Les extraits aqueux des deux écotypes de *P. oleracea* ont inhibé la croissance mycélienne de tous les pathogènes testés à 4 et 7 JAI. L'extrait aqueux de l'écotype de Bama a été plus efficace dans l'inhibition de la croissance mycélienne de tous les pathogènes par rapport à l'extrait aqueux de l'écotype de Niassan. L'extrait aqueux de la poudre de citronnelle (*C. citratus*) a également inhibé de façon significative, la croissance mycélienne de tous les pathogènes testés à 4 JAI mais à 7 JAI il a stimulé la croissance mycélienne de *Aspergillus niger*. Les extraits aqueux de *Eclipta alba* ont stimulé la croissance mycélienne des pathogènes à 4 et à 7 JAI à l'exception de l'extrait aqueux de l'écotype de Toronsso qui a légèrement réduit la croissance mycélienne de *Fusarium solani* à 4 JAI (Tableau 2). Parmi les espèces botaniques testées, la citronnelle (*C. citratus*) a été la plus efficace dans l'inhibition de la croissance mycélienne des pathogènes à l'exception de *A. niger* sur lequel le *Portulaca oleracea* a été le plus efficace (Tableau 2). Pour tous les traitements, les effets sur la croissance mycélienne ont varié entre le 4^{ème} et le 7^{ème} JAI. En général les pourcentages d'inhibition ont baissé entre les deux dates d'évaluation. L'analyse des résultats permet de conclure que les extraits aqueux de *C. citratus* et de l'écotype de *P. oleracea* de Bama ont été les plus efficaces dans l'inhibition de la croissance mycélienne des pathogènes *in vitro*.

Tableau 2. Pourcentages d'inhibition de la croissance mycélienne de quatre pathogènes fongiques à 4 et 7 JAI en fonction des traitements (%)

Traitements	Agents Pathogènes							
	<i>A. niger</i>		<i>F. moniliforme</i>		<i>F. oxysporum</i>		<i>F. solani</i>	
	4 jai	7 jai	4 jai	7 jai	4 jai	7 jai	4 jai	7 jai
Fongicide Calthio C	100,0 ^e	100,0 ^e	100,0 ^e	87,7 ^e	100,0 ^e	84,2 ^f	100,0 ^e	84,5 ^f
<i>E. alba</i> de Soumousso	-40,7 ^a	-53,8 ^b	-26,8 ^a	4,5 ^b	-16,3 ^a	-29,6 ^a	-21,6 ^a	-44,3 ^a
<i>E. alba</i> de Toronsso	-39,8 ^a	-72,1 ^a	-16,5 ^b	-18,6 ^a	-09,8 ^a	-10,9 ^b	14,0 ^c	-01,1 ^b
<i>P. oleracea</i> de Bama	73,0 ^d	41,3 ^d	54,3 ^d	42,4 ^d	27,4 ^c	19,0 ^d	19,3 ^d	20,2 ^d
<i>P. oleracea</i> de Niassan	34,5 ^c	12,7 ^c	20,1 ^c	14,3 ^c	06,5 ^b	03,2 ^c	07,0 ^b	08,3 ^c
<i>C. citratus</i>	23,9 ^b	-54,3 ^b	100,0 ^e	92,0 ^f	62,3 ^d	42,8 ^e	100,0 ^e	68,5 ^e
Valeur de F.	362,5	1783,1	465,7	1983,9	320,6	318,2	896,4	355,1
Valeur de P	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Signification	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS

Les moyennes dans une même colonne suivies de la même lettre alphabétique ne sont pas significativement différentes selon le test de classification multiple de Duncan au seuil de 5%.

HS: Hautement significatif

3.2 EFFET DES EXTRAITS AQUEUX SUR LA QUALITE SANITAIRE DES SEMENCES

Les semences non traitées aux deux extraits aqueux ont été infectées par tous les pathogènes testés de 1,8%, 8,3%, 9,8% et 18,8% respectivement par *Fusarium moniliforme*, *Aspergillus niger*, *F. oxysporum* et *F. solani* (Tableau 3). Les taux d'infection des semences traitées ont présenté des différences significatives par rapport à ceux des semences non traitées. Les taux d'infection des semences par les pathogènes visés ont baissé avec les différents traitements réalisés. Les semences traitées au Calthio C ont été complètement désinfectées (0%) de tous les pathogènes. Le traitement des semences avec les extraits aqueux de *C. citratus* et de *P. oleracea* a permis de réduire significativement leurs taux d'infection par les différents pathogènes ciblés. L'extrait aqueux de *C. citratus* a permis de mieux réduire les taux d'infection des semences par les espèces de *Fusarium* tandis que *P. oleracea* a permis de mieux réduire le taux d'infection des semences par *A. niger* (Tableau 3). Le

traitement des semences à l'eau distillée a également permis de réduire les taux d'infection par tous les pathogènes ciblés (Tableau 3).

Tableau 3. Effet des extraits aqueux sur les indices d'infection des semences

Traitements	Indices d'infection des semences (et pourcentage de réduction des indices d'infection) par les pathogènes			
	<i>A. niger</i>	<i>F. moniliforme</i>	<i>F. oxysporum</i>	<i>F. solani</i>
Semences non traitées	8,6 ^c	1,8 ^b	9,8 ^c	18,8 ^d
Semences traitées à l'eau	1,0 ^{ab} (87,9%)	0,0 ^a (100%)	2,0 ^b (79,5%)	7,8 ^c (58,7%)
Semences traitées au Calthio C	0,0 ^a (100%)	0,0 ^a (100%)	0,0 ^a (100%)	0,0 ^a (100%)
Semences traitées avec <i>P. oleracea</i>	1,5 ^{ab} (81,8%)	1,0 ^{ab} (42,9%)	3,5 ^b (64,1%)	9,3 ^c (50,7%)
Semences traitées avec <i>C. citratus</i>	3,8 ^b (54,6%)	0,5 ^a (71,4%)	2,3 ^b (76,9%)	5,5 ^b (70,7%)
Valeur de F.	10,886	3,860	32,683	80,542
Valeur de P	0,000	0,007	0,000	0,000
Signification	HS	S	HS	HS

Les moyennes dans une même colonne suivies de la même lettre alphabétique ne sont pas significativement différentes selon le test de classification multiple de Duncan au seuil de 5%.

HS : Hautement significatif S : Significatif

3.3 EFFET DES EXTRAITS AQUEUX SUR L'ÉMERGENCE DES PLANTULES

Six jours après semis (JAS), les taux d'émergence des plantules ont varié selon les traitements de 24 à 92%. Le traitement des semences avec l'extrait aqueux de *P. oleracea* a entraîné une réduction significative du taux d'émergence des plantules par rapport aux semences non traitées. Par contre, le traitement des semences avec le Calthio C a permis d'améliorer significativement le taux d'émergence des plantules. Les taux d'émergence des plantules issues des semences traitées à l'eau distillé et à l'extrait aqueux de *C. citratus* n'ont pas été significativement différents du taux d'émergence des semences non traitées. (Tableau 4). Douze (12) jours après semis, les taux d'émergence ont varié suivant les traitements de 22 à 94% avec les mêmes tendances. Le traitement des semences au Calthio C a permis d'accroître le taux d'émergence des plantules tandis que le traitement des semences avec l'extrait aqueux de *P. oleracea* a entraîné une réduction du taux d'émergence par rapport aux semences non traitées. Bien que inférieurs, les taux d'émergence des plantules obtenus avec les semences traitées à l'extrait aqueux de *C. citratus* n'ont pas été significativement différents du taux d'émergence des semences non traitées à toutes les dates d'évaluation (Tableau 4). En fonction des dates d'évaluation, les taux d'émergence ont augmenté entre le 6^{ème} et le 12^{ème} JAS à l'exception des taux d'émergence des plantules issues des semences traitées aux deux extraits aqueux où les taux d'émergence ont baissé entre les deux dates (Tableau 4).

Tableau 4. Effet du traitement des semences sur les taux d'émergence, 6 et 12 JAS

Traitements	Taux d'émergence (%)	
	6 JAS	12 JAS
Semences non traitées	56,0 ^b	62,0 ^b
Semences traitées à l'eau	58,0 ^b	67,0 ^b
Semences traitées au Calthio C	92,0 ^c	94,0 ^c
Semences traitées avec <i>P. oleracea</i> de Bama	24,0 ^a	22,0 ^a
Semences traitées avec <i>C. citratus</i>	52,0 ^b	58,0 ^b
Valeur de F.	33,803	55,782
Valeur de P	0,000	0,000
Signification	HS	HS

Les moyennes dans une même colonne suivies de la même lettre alphabétique ne sont pas significativement différentes selon le test de classification multiple de Duncan au seuil de 5%.

HS : Hautement significatif

3.4 EFFET DES EXTRAITS AQUEUX SUR LA CROISSANCE DES PLANTULES

Douze jours après semis, les longueurs des plantules ont varié de 7,9 cm à 13,4 cm. Les plantules issues des semences traitées au Calthio C ont été en moyenne les plus longues (13,4 cm) suivies des plantules issues des semences non traitées

(12,6 cm) et des plantules issues des semences trempées dans l'eau distillée (11,0 cm). Les plantules issues des semences traitées aux extraits aqueux de *C. citratus* et de *P. oleracea* ont été significativement moins longues comparées aux plantules des semences non traitées (respectivement 10,6 et 7,9 cm) (Tableau 5). Il en découle que les deux extraits aqueux ont entraîné des retards de croissance des plantules par rapport aux autres traitements.

Tableau 5. Effet du traitement des semences sur la longueur des plantules 12 JAS

Treatments	Longueur des plantules (cm)
Semences non traitées	12,6 ^c
Semences traitées à l'eau	11,0 ^b
Semences traitées au Calthio C	13,4 ^c
Semences traitées avec <i>P. oleracea</i> de Bama	07,9^a
Semences traitées avec <i>C. citratus</i>	10,6^b
Valeur de F.	43,423
Valeur de P	0,000
Signification	HS

Les moyennes dans une même colonne suivies de la même lettre alphabétique ne sont pas significativement différentes selon le test de classification multiple de Duncan au seuil de 5%.

HS : Hautement significatif

4 DISCUSSION

La mauvaise qualité des semences constitue l'un des plus sérieux problèmes de l'agriculture burkinabé. Les nombreuses fontes de semis, les rabougrissements et flétrissements des plantes pendant la phase de croissance sont par parfois les conséquences de l'utilisation de semences infectées par les agents pathogènes sans traitement quelconque [17] (Hofs et al., 2004). *Aspergillus niger*, *Fusarium oxysporum*, *F. solani* et *F. moniliforme* ont été les champignons les plus fréquentes dans les échantillons de semences d'oignon utilisées au Burkina selon les résultats d'une étude antérieure (Dabiré et al., soumis). *Aspergillus niger*, *Fusarium oxysporum*, *F. solani* et *F. moniliforme* ont toutes été rapportées comme agents causaux des fontes de semis et manques à la levée de l'oignon dans le monde [2], [3].

Les extraits aqueux de plantes, disponibles et faciles à produire, pourraient constituer un outil intéressant permettant aux petits producteurs sans moyens de contrôler les ennemis de leurs cultures dans un environnement sain, à moindre coût et sur une base durable. L'utilisation des extraits aqueux de plantes locales contre les champignons phytopathogènes a été explorée par plusieurs auteurs [10], [11], [12], [15]. La présente étude a eu pour objectif global d'évaluer l'activité antifongique d'extraits aqueux de plantes locales dans la perspective de les utiliser en traitement des semences d'oignon pour les désinfecter des champignons et préserver leur qualité intrinsèque.

Les données collectées et analysées ont indiqué que les extraits aqueux des plantes testées ont, à la concentration de 30%, affecté la croissance mycélienne des champignons à divers degrés. Les extraits aqueux des deux écotypes de *E. alba* ont favorisé la croissance mycélienne des champignons *in vitro*. Ce résultat est similaire à celui de [18] qui a indiqué que l'extrait aqueux de *E. alba* a stimulé la croissance mycélienne de *Colletotrichum graminicola*, *F. moniliforme*, *F. oxysporum* et *Rhizoctonia solani* à la même concentration de 30%. Cependant, [11], a mis en évidence les propriétés antifongiques de cette plante en traitement de semences contre les principaux champignons transmis par les semences de mil et de sorgho à savoir *Phoma sorghina*, *Fusarium moniliforme*, *Curvularia lunata* et *Exserohilum rostratum*. Cette contradiction pourrait résider dans l'écotype utilisé parce que cette étude a montré qu'il y'avait une différence d'action entre les deux écotypes utilisés. Cette contradiction pourrait également résider dans le stade de développement de la plante pendant la récolte parce que la concentration des constituants à propriétés antifongiques fongiques dans la plante pourrait varier avec son stade phénologique. Enfin *E. alba* a été retenu pour cette étude à cause de son utilisation en pharmacopée traditionnelle. La poudre de cette herbe est utilisée pour soigner la dysenterie et certaines mycoses des doigts et des pieds [19]. Les propriétés antifongiques de cette plante seraient-elles spécifiques aux champignons pathogènes de l'homme ?

L'extrait aqueux de *C. citratus* a significativement inhibé la croissance mycélienne de toutes les espèces de *Fusarium* à des intensités plus élevées que celles du fongicide chimique de synthèse. Toutefois, cet extrait aqueux a stimulé la croissance de *A. niger*. Plusieurs travaux ont abouti aux mêmes résultats. Réf [20] et [12] ont indiqué l'efficacité de l'extrait aqueux de *C. citratus* dans l'inhibition de la croissance mycélienne de *F. solani*, *F. verticillioïdes* à des concentrations variables mais toutes inférieures à 30%. Le traitement des semences de sorgho avec l'extrait aqueux des feuilles de *Cymbopogon citratus*

concentrée à 30% a permis une réduction significative de leur taux d'infection par *Phoma sorghina* [11]. Des huiles essentielles extraites de cette même espèce ont exhibé des propriétés antifongiques [21] [22] [23] [14]. En outre un extrait méthanolique des rhizomes de *C. citratus* s'est révélé efficace contre *Phytophthora infestans* [24]. Les résultats obtenus avec l'extrait aqueux de *C. citratus in vitro* sont cohérents avec ceux obtenus *in vivo* en traitement de semences. Ce qui confirme que l'extrait a des propriétés antifongiques certaines. Toutefois, à la concentration de 30%, l'extrait a présenté des effets de phytotoxicité selon les résultats obtenus sur la longueur des plantules. Cette concentration pourrait être trop forte pour les semences d'oignon. Sur les graines de sorgho et de maïs l'effet négatif sur la vigueur des plantules traitées avec cet extrait a été également prouvé [11], [12]. Des études similaires avec des concentrations plus basses permettraient de mettre en évidence la concentration appropriée pour les semences d'oignon.

L'extrait aqueux de *P. oleracea* a présenté des effets antifongiques contre tous les champignons pathogènes testés. Ce résultat confirme celui de [12] qui ont indiqué l'efficacité de cet extrait aqueux dans l'inhibition de la croissance radiale de *F. moniliforme*, *Phoma sorghina*, et *Colletotrichum graminicola* à la concentration de 30%. L'extrait aqueux de cette plante a été plus efficace que l'extrait aqueux de *C. citratus* sur la croissance mycélienne de *A. niger*. Toutefois, cet extrait aqueux a été exhibé une propriété phytotoxique plus prononcée que l'extrait aqueux de *C. citratus*. En dehors de la question de concentration élevée, il reste possible que les deux extraits pourraient contenir des composés qui agissent négativement sur la levée et la croissance des plantules d'oignon. Par conséquent, l'utilisation de ces extraits aqueux en traitement de semences nécessite que des travaux biochimiques soient réalisés en vue de comprendre l'origine des propriétés phytotoxiques et de travailler à la mise au point d'une forme et d'une dose appropriées d'utilisation.

5 CONCLUSION

L'évaluation de l'activité antifongique de *Cymbopogon citratus*, *Eclipta alba* et *Portulaca oleracea* effectuée à la clinique des plantes de l'université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso a permis d'obtenir des résultats qui peuvent constituer des préliminaires pour d'autres études plus poussées dans l'utilisation des extraits aqueux de plantes locales comme bio pesticides. L'étude a confirmé les propriétés antifongiques de *C. citratus* contre *Fusarium oxysporum F. solani* et *F. moniliforme* et ceux de *P. oleracea* contre *Aspergillus niger*. L'extrait aqueux de *E. alba* n'a pas présenté des propriétés antifongiques sur les pathogènes testés. En traitement des semences, les deux extraits aqueux de *C. citratus* et de *P. oleracea* ont permis une réduction significative des taux d'infection des semences par les pathogènes visés. Toutefois, à cette concentration de 30%, les deux extraits aqueux ont négativement affecté le taux d'émergence et la longueur des plantules d'oignon. Par conséquent la présente étude conclut que les deux extraits aqueux possèdent des propriétés antifongiques avérées. Ils doivent faire l'objet d'autres études axées sur la recherche d'une forme et d'une concentration appropriées, qui n'affectent pas la qualité intrinsèque des semences traitées.

ACKNOWLEDGMENTS

Cette activité de recherche a été conduite à la Clinique des Plantes de l'université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, un projet financé par les programmes de la coopération Belge au développement, ARES. Les auteurs réitèrent leurs sincères remerciements à ARES pour le financement de cette activité. Ils expriment également leurs gratitude à tous les travailleurs de l'équipe santé des plantes du laboratoire SYNAIE à l'Institut du Développement rural (Burkina Faso) et ceux de l'Unité de Phytopathologie de l'Université catholique de Louvain en Belgique (UCL) pour leurs diverses contributions dans la réalisation de ce travail.

REFERENCES

- [1] Tarpaga W.V., *Contribution à l'étude de la montaison prématurée des variétés tropicales d'oignon (Allium cepa L.) : Cas du Violet of Galmi cultivé au Nord du Burkina Faso*. Thèse de doctorat, Université de Ouagadougou, Ouagadougou, Burkina Faso, 2012.
- [2] Özer N., Köycü N.D., *Seed-borne fungal diseases of onion and their control* In: Mukerji K. G. (ed.), *Disease Management of Fruits and Vegetables*, Vol. 1, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 281-306, 2004.
- [3] Schwartz H. F. and Mohan K. S., *Basal rot of onion*. In: Schwartz F. H and Mohan Krishna S. (Eds.), *Compendium of Onion and Garlic Diseases*. The American Phytopathological Society press (2nde ed.), pp 23-25, 2008.
- [4] D. Zlata, T. Jelena, N. Stevan, M. Jelica, A. Mijana, R.Svjetlana, "Fusarium rot of onion and possible use of bioproduct" *Proceedings of Natural Science*, vol. 114, pp. 135-148, 2008.
- [5] R. Somkuwar, R. Veere-Gowda, T. H. Singh, C. S. Pathak, "Screening of onion for resistance to onion basal rot", *Madras Agricultural Journal*, vol. 83, pp. 273-275, 1996.

- [6] Illy, L., Belem J., Sangaré N., Kaboré M., *Contribution des cultures de saison sèche à la réduction de la pauvreté et à l'amélioration de la sécurité alimentaire*. In : Rapport d'étude du Centre d'Analyse des Politiques Economiques et Sociales, Ouagadougou, Burkina Faso, 2007.
- [7] Oyono Ele, M. E. A., *Risques environnementaux et sanitaires liés à l'utilisation des pesticides dans le maraîchage au Burkina : cas des sites de Tanghin, Boulmiougou et Yitenga*. Mémoire de Diplôme d'ingénieur en équipement rural, Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, Burkina Faso, 2008.
- [8] Comité permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS), *La gestion concertée des pesticides, un moyen de protéger la santé humaine, animale et l'environnement au sahel*, In : 17^{ème} journée du CILSS, 12 Septembre 2002, Ouagadougou, Burkina Faso.
- [9] E. Coventry, E. J. Allan, "Microbiological and chemical analysis of neem (*Azadirachta indica*) extracts: New data on antimicrobial activity", *Phytoparasitica*, vol. 29, no. 5, pp. 441-450, 2001.
- [10] I. Somda, P. Sanou, J. M. Michaud, J. Sanou, "Efficacité des extraits aqueux de citronnelle et de pourpier dans la lutte contre les champignons transmis par les semences de maïs", *Science et technique, Série Sciences naturelles et Agronomie*, vol. 27, no.1, pp. 29-40, 2003.
- [11] P. E. Zida, P. Séremé, V. Leth, P. Sankara, "Effect of Aqueous Extracts of *Acacia gourmaensis* A. Chev and *Eclipta alba* (L.) Hassk. on seed health, Seedling Vigour and Grain Yield of Sorghum and Pearl Millet", *Asian Journal of plant Pathology* vol. 2, no. 1, pp. 40-47, 2008.
- [12] S. Bonzi, I. Somda, P. E. Zida and P. Séremé, "In vitro antifungal activity of various local plant extracts in the control of *Phoma sorghina* (Sacc.) Boerema et al. and *Colletotrichum graminicola* (Ces.) Wilson, as sorghum seed mold pathogen in Burkina Faso", *Tropicicultura*, vol. 30, no. 2, pp. 103-106, 2012.
- [13] D.Bassolé, L. Ouédraogo, *Problématique de l'utilisation des produits phytosanitaires en conservation des denrées alimentaires et en maraîchage urbain et péri urbain au Burkina Faso : cas de Bobo, Ouahigouya et Ouagadougou*, 2007. [Online] Available: <http://www.youscribe.com/catalogue/tous/ressources-professionnelles/rapport-de-l-etude-phyto-final-539508> (20/02/2016).
- [14] I. Somda, V. Leth, P. Séremé, "Antifungal activity of *Cymbopogon citratus*, *Eucalyptus camaldulensis* and *Azadirachta indica* Oils Extracts on Sorghum Seed-Borne fungi", *Asian Journal of Plant sciences*, vol. 6, no. 8, pp. 1182-1189, 2007.
- [15] S. A. Parveen, H. Wani, A. A. Ganie, S. A. Pala, R. A. Mir, "Antifungal activity of some plant extracts on some pathogenic fungi", *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, vol. 43, no. 3, pp. 279-284, 2014.
- [16] Mathur and Kongsdal 2003, *Common laboratory seed health testing methods for detecting fungi*, 1st Ed. Kandrup's Bogtrkkeri Publication, Denmark, 2003.
- [17] A. Hofs, L. O. B. Schuch, S. T. Peske and A. C. S. A. Barros, "Emergence and initial growth of rice seedlings according to seed vigour", *Revista Brasileira Sementes*, vol.26 no. 1, pp. 92-97, 2004.
- [18] Soalla W. R., *Efficacité d'extraits aqueux de plantes contre les champignons pathogènes du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) au Burkina Faso*, Mémoire d'ingénieur du Développement Rural, Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 2011.
- [19] Zida P. E., *Une alternative à la lutte chimique contre les champignons transmis par les semences de sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) et de mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) par l'utilisation des extraits de plantes du Burkina Faso*. Thèse de doctorat, Université de Ouagadougou, Ouagadougou, Burkina Faso, 2009.
- [20] S. A. Bankole, A. Adebajo, "Inhibition of growth of some plant pathogenic fungi using extracts from some Nigerian plants", *International Journal of Tropical Plant Diseases*, vol. 13, no. 1, pp. 91-95, 1995.
- [21] M. Saleem, N. Afza, M. A. Anwar, S. M. A. Hai, M. S. Ali, S. Shujaat, Atta-Ur-Rahman, "Chemistry and Biological Significance of Essential Oils of *Cymbopogon citratus* from Pakistan", *Natural Product Research*, vol. 17, no. 3, pp. 159-163, 2003.
- [22] A. S. Bankole, A. O. Joda, J. S. Ashidi, "The use of powder and essential oil of *Cymbopogon citratus* against mould deterioration and aflatoxin contamination of 'egusi' melon seeds", *Journal of Basic Microbiology*, vol. 45, no.1, pp. 20-30, 2005.
- [23] P. S. Sessou, S. Farougou, S. Kaneho, G. A. Djenontin, P. Alitonou, I. Azokpota, D. Youssao, Sohounhloué, "Bioefficacy of *Cymbopogon citratus* essential oil against foodborne pathogens in culture medium and in traditional cheese wagashi produced in Benin", *International Research Journal of Microbiology*, vol. 3 no. 12, pp. 406-415, 2012.
- [24] F. J. Djeugap, D. A. Fontem, A. L. Tapondjou, "Efficacité in vitro et in vivo des extraits de plantes contre le mildiou (*Phytophthora infestans*) de la morelle noire", *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 5, no. 6, pp. 2205-2213, 2011.

Yield Components and Oil Content of Safflower in Eastern Algeria

Mouloud Bouhouhou¹ and Samy Mostafa Mohamed²

¹Genetics, Biochemistry and Plant Biotechnologies Laboratory,
University Mentouri 1,
Constantine, Algeria

²Department of Cultivation and Production of Medicinal and Aromatic Plants,
National Research Centre, Dokki,
Giza (12622), Egypt

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

ABSTRACT: Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) is a member of the family Compositae (Asteraceae), cultivated mainly for its seeds, which is used as a source of edible oil and as birdseed. Traditionally, the crop was grown for its flowers, used for coloring, flavoring foods, making dyes (carthamidin and carthamin), and in medicine. Since Safflower is a drought tolerant crop, the objective of this research was the investigation of the seed yield and oil content of safflower under semi-arid conditions in eastern Algeria.

The results showed that 'SYPRUS' variety gave the highest seeds number per plant (800.17) and seeds yield (420.53 g/m²). While 'OT-455' variety gave the highest weight of one hundred seeds (4.44 g). Considering the seeds fixed oil (%), 'GILA' variety produced the highest percentage (38.47 %). The research revealed that the most suitable safflower variety, under semi-arid conditions of eastern Algeria was 'SYPRUS' variety which's providing from ICARDA (International Center for Agricultural Research in Dry Areas, Aleppo, Syria). Analyses of variance (ANOVA) showed highly significant differences among the varieties for yield components and oil content. Correlation coefficients between variables (5 traits) are calculated, and the cluster analysis of observations (varieties) is also used to clarify the clustering pattern of genotypes tested.

KEYWORDS: *Carthamus tinctorius* L., yield components, oil seed, drought tolerant, semi-arid areas.

1 INTRODUCTION

Safflower (*Carthamus tinctorius* L.), which is a member of the family Asteraceae (Compositae), is a multi-purpose plant cultivated since ancient times not only for the dye contained in its flowers, the oil in its achenes, and its medicinal properties, but also for the ornamental value of its colorful inflorescences. In ancient Egypt, safflower wreaths or garlands were used at funerals [1].

Most countries in West Asia and North Africa (WANA) have a critical and growing shortage of edible vegetable oils, which are healthier and cheaper than animal fats. The demand for vegetable oils, both from the shift in consumer behavior, and from population growth has been met nearly in total by imports, which drains the countries money reserves [2].

In 2007, world safflower acreage and production were around 725.000 ha and 536.000 tones respectively. The world safflower acreage constitutes less than 0.5% of total area planted with oilseed crops [3].

The objective of this research was the investigation of the seed yield and oil content of different safflower varieties under semi-arid conditions in eastern Algeria.

2 MATERIALS AND METHODS

Nine safflower (*Carthamus tinctorius* L.) varieties ('SYPRUS' from ICARDA and the others from USDA germplasm of Maryland, USA) (Table 1) were cultivated in a split plot design experiment with three replicates. Each plot had 3 rows of 2m length with inter and into row spacing of 50 and 10cm, respectively. The investigation was conducted during the 2007-2008 season (sowing in the last week of December) in the experimental area of the regional station of INPV (National Institute of Plant Protection) in Constantine (Elevation: 555.96m, Latitude: 36°20' N, Longitude: 06°38' E).

Table 1: Origins and names of varieties used in the study

N°	Varieties	Origin	Source
1	80/482/3S	USA	USDA germplasm, Maryland, USA
2	FINCH		
3	GILA		
4	KUSUMBA	Pakistan	
5	OLE	USA	
6	OT-455	India	
7	RIO	USA	
8	ROYAL		
9	SYPRUS	Syria	ICARDA, Aleppo, Syria

All agronomic practices were applied on time according to the recommendations except the fertilization which's not applied. Where, weed control was done mechanically by hoeing the row space in the first week of March.

The climatic data of the region are representing in Table 2 and was obtained from reference [4].

Table 2: Climatic data of experimental area in 2007-2008 season (in growth period)

Months	Precipitation (mm)	Temperature (°C)			Relative humidity (%)
		Low	Average	High	
December	103,20	3,25	6,50	9,37	92,00
January	14,50	1,77	7,38	13,00	80,87
February	11,40	2,28	8,14	14,00	76,33
March	114,00	2,94	9,03	15,13	78,74
April	29,60	5,80	12,98	20,17	68,67
May	71,60	11,32	18,22	25,13	67,23
June	15,00	13,40	21,13	28,87	61,17
July	7,20	18,58	26,63	34,68	51,58

Samples were harvested in the first week of August, where the plant population was 13.3 plants/m².

Seeds number per plant, hundred (100) seeds weight and yield of seeds were determined on ten randomized plants/plot. Fixed oil percent in the seeds of the different varieties was determined separately using 5.0g of the seeds with Soxhlet apparatus with petroleum ether (40 – 60 °C).

Finally, the data of yield components and oil content were subjected to statistical analyses using MINITAB for evaluation of variance and correlation between varieties and agronomic components.

3 RESULTS AND DISCUSSION

Analysis of variance (ANOVA) revealed significant differences between the nine safflower genotypes for all yield components and oil content (Tables 3 & 4).

Table 3: Yield components and oil content of safflower varieties

Number	Varieties	Number of seeds/plant (NS)	100 seeds Weight (HSW)	Yield of seeds (g/m ²) (YS)	Yield of Oil (% of seeds) (PO)	Yield of Oil (g/m ²) (YO)
1	80/482/3S	575,53	3,98	306,47	26,53	80,29
2	FINCH	388,23	2,91	150,63	36,13	54,57
3	GILA	379,37	3,79	187,92	38,47	72,11
4	KUSUMBA	402,32	3,40	181,67	23,30	42,33
5	OLE	458,23	3,68	224,31	34,60	77,40
6	OT-455	244,49	4,44	144,68	28,87	40,63
7	RIO	378,83	3,69	186,02	35,00	65,93
8	ROYAL	458,67	3,85	235,97	36,60	86,53
9	SYPRUS	800,17	3,94	420,29	27,27	114,56

Table 4 : ANOVA for Yield components (NS, HSW, YS) and oil content (PO, YO) for safflower varieties tested.

Source	SS	MS	F	P
V1(NS)	590251	73781	5.29	0.002**
V2 (HSW)	4.24587	0.53073	20.97	0.000***
V3 (YS)	184898	23112	6.56	0.000***
V4 (PO)	700.35	87.54	6.75	0.000***
V5 (YO)	12913.8	1614.2	3.70	0.010*

*, **, *** : significant at 0.05, 0.01 and 0.001 level of probability using the F test

Reference [5] stated that seed yield and oil content are the primarily selection criteria for safflower breeding. The correlation among the all pairs of variables (NS, HSW, YS, PO and YO) are shown in Table 5. The highest positive correlations were obtained between YS with NS ($r = 0.976^{***}$) and YO ($r = 0.866^{***}$) (see also Figure 1), and between YO and NS ($r = 0.862^{***}$).

Table 5: Correlation coefficients between variables (NS, HSW, YS, PO and YO) measured.

	V1(NS)	V2 (HSW)	V3 (YS)	V4 (PO)
V2 (HSW)	-0,020			
P	0,923 ^{ns}			
V3 (YS)	0,976	0,194		
P	0,000***	0,333 ^{ns}		
V4 (PO)	-0,256	-0,199	-0,296	
P	0,198 ^{ns}	0,320 ^{ns}	0,134 ^{ns}	
V5 (YO)	0,862	0,102	0,866	0,196
P	0,000***	0,613 ^{ns}	0,000***	0,328 ^{ns}

***: significant at 0.001, ns: non significant level of probability using the F test

PO is negative non-significantly correlated with NS ($r = -0.256^{ns}$), HSW ($r = -0.199^{ns}$) and YS ($r = -0.296^{ns}$). Similar results were observed by [6], who reported that improvement of seed yield in safflower could be decline through oil content and 100-seed weight due to negative association between these traits with seed yield.

It can concluded, that selection for increasing seed yield in safflower may have considerable effect on oil content [6].

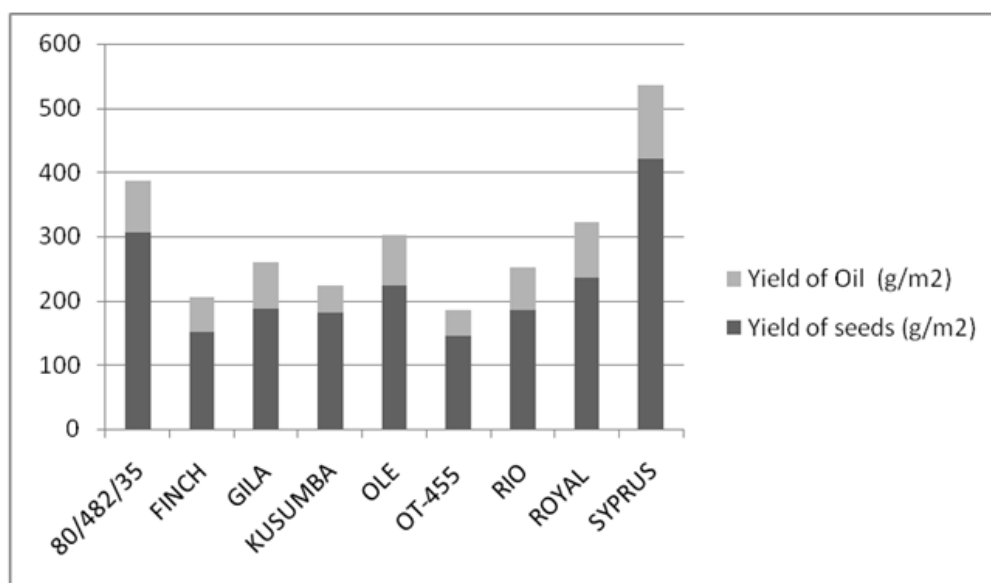


Figure 1: Yield of seeds and oil contents of safflower varieties

The dendrogram (Figure 2) based on 5 variables (NS, HSW, YS, PO, YO) showed four groups of varieties at similarity coefficient of 87.05. The first (I) contains the six USA varieties (1, 2, 3, 5, 7, 8), where, any of the three other groups contains only one variety. At higher coefficient, the first group is divided into 4 sub-groups: 1, 2, (3 & 7) and (5 & 8).

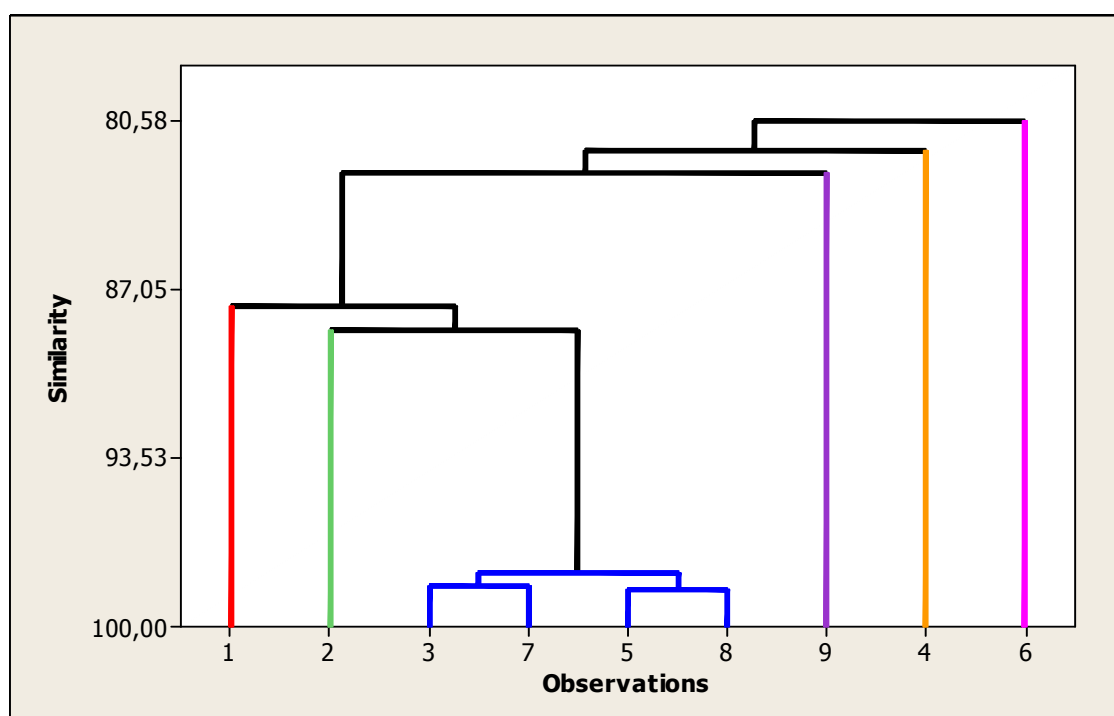


Figure 2 : Cluster analysis (Dendrogram) of safflower varieties (Observations) using 5 variables (NS, HSW, YS, PO, YO)

This shows that there is genetic divergence between the tested genotypes. The clustering pattern indicated that genotypes from different areas were grouped together which can be attributed to free exchange of breeding material or selection. The main factor affecting genetic response was diverse and depended on the area where the material was collected. Reference[7] observed similar results in domestic and foreign safflower germplasm.

The similarity matrix (Figure 3) clarifies the analyses by computing similarity coefficients between any two varieties. The high levels of similarity were recorded between varieties in group (I) (originating in USA). The low levels of similarity were observed between the variety number 1 (from the group I) and the varieties 6, 4 and 9.

Cluster Analysis of Observations (varieties) Squared Pearson Distance, Single Linkage Amalgamation Steps					
Step	Number of clusters	Similarity level	Distance level	Clusters joined	
1	8	98,6111	0,47329	5	8
2	7	98,4132	0,54071	3	7
3	6	97,9540	0,69719	3	5
4	5	88,5698	3,89493	2	3
5	4	87,6964	4,19256	1	2
6	3	82,5570	5,94386	1	9
7	2	81,7254	6,22721	1	4
8	1	80,5781	6,61817	1	6

Figure 3 : Cluster analysis (Similarity matrix) of safflower varieties (Observations) using 5 variables (NS, HSW, YS, PO, YO)

Hence, selecting parents for hybridization, must receive greater emphasis specially those varieties falling in the most distant clusters for maximum heterosis since it is expected to produce new recombinants with desired traits. Reference [8] observed similar results in sesame.

4 CONCLUSION

The results obtained in this study indicate that oil seed production can be increased by growing drought tolerant safflower in regions where annual precipitation is not adequate [9], [10], and the introduction of safflower in the Mediterranean type climate will, to a small extent, help in increasing local production of edible oil [11].

From all varieties tested, 'SYPRUS' may be recommended as elite genotype for cultivation in semi-arid area of Mediterranean climate as it showed high relative yield performance and oil content.

Since the highest seed yields are expected when all components of seed yield are maximized [12], we concluded that hybridization program is recommended between 'OT-455' (the highest weight of one hundred seed variety), 'SYPRUS' (the variety which's presented the highest seeds number per plant and yield of seeds) and 'GILA' (the variety which's presented the highest fixed oil percentage of seeds).

ACKNOWLEDGMENT

This research was supported by Algerian Ministry of Higher Education and Scientific Research. The authors thank USDA and ICARDA gemplasms for providing safflower varieties. Our thanks are due to Dr Mezedjri L. for his help concerning the statistical analysis.

The technical support of Constantine INPV Director and staff is acknowledged with gratitude.

REFERENCES

- [1] J. Uher, "Safflower in world floriculture: a review", *Sesame and Safflower Newsletter*, 20, 2005.
- [2] S. K. Yau, "Optimal sowing date for rainfed safflower in the high elevation Bekaa valley of Lebanon", *Sesame and Safflower Newsletter*, 18, 2003.
- [3] FAO (2008). Available: <http://www.faostat.fao.org>.
- [4] <http://www.wunderground.com>
- [5] Gencer *et al.* (1987) in A. Burhan, "The path analysis of yield and its components in safflower (*Carthamus tinctorius* L.)", *Journal of Biological Sciences*, 7(4), pp. 668-672, 2007.

- [6] M. H. Pahlavani, "Some technological and morphological characters of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) from Iran", *Asian Journal of Plant Sciences*, 4, pp. 234-237. 2005.
- [7] S. Kang-Bo, B. Seok-Bok, L. Si-Kyu, S. Duck-Yong, J. Fernández-Martínez, "Analysis of morphological and genetic diversity of domestic and foreign safflower germplasm. *Sesame and Safflower Newsletter*, 19, 2004.
- [8] D. Kumaresan, N. Nadarajan, "Genetic divergence analysis in sesame", *Sesame and Safflower Newsletter* 18, 2003.
- [9] O. Kolsarici, E. Güney, "Effects of Different Row Distances and Various Nitrogen Doses on the Yield Components of a Safflower Variety", *Sesame and Safflower Newsletter*, 17, pp. 108-111, 2002.
- [10] M. D. Kaya, A. İpek, A. Öztürk, Ö. Kolsarici, "Variation of some morphological traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown different soil salinity levels in the first development stage", *Turkish Journal of Field Crops*, 9 (1), pp. 53-61, 2004.
- [11] B. Akhtar, S. S. Pourdad, P. Mustafa, O. Theib, "Influence of supplementary irrigation and variety on yield and some agronomic characters of safflower under rainfed conditions in Northern Syria", *Sesame and Safflower Newsletter* 21, 2006.
- [12] M.J. Mahasi, R. S. Pathak, F. N. Wachira, T. C. Riungu, J. W. Kamundia, "Development and evaluation of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars for the marginal rainfall areas of Kenya: morphological characterization, genetic diversity and adaptation studies", *Sesame and Safflower Newsletter*, 20, 2005.

Hypertension artérielle et hypokaliémie: Association significative

[Hypertension and hypokalemia: Significant Association]

Aziza LAARJE¹, Miriem BORYAL², Amina ASADI¹, Nadia EZZOUBIR¹, Anass ASSAIDI¹, and Rachida HABBAL¹

¹Service de Cardiologie, CHU Ibn Rochd, Casablanca, Maroc

²Service de Néphrologie, CHU Ibn Rochd, Casablanca, Maroc

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

ABSTRACT: The arterial hypertension (HTA) of endocrine origin, account for over half of secondary hypertension causes. This etiological entity comprises several distinct disorders, the most common being primary aldosteronism (PAHs). Its symptoms are very unspecific, but the association of hypertension with hypokalemia, should guide the investigations to confirm PAH. We report the case of a woman of 40 years old, who has a resistant hypertension to triple therapy, the systolic blood pressure is 170 mmHg and diastolic blood pressure is 120 mmHg, with hypokalemia 1.9 mEq/L, and a high urinary potassium at 87 mEq/24h. The report Aldosterone / Renin was very high. The scan showed an adrenal mass of 23.3 mm, without abnormality of the renal arteries. A treatment based on Spironolactone has been established, and adrenalectomy thereafter. The evolution was marked by normalization of blood pressure, of serum potassium, and the rate of aldosterone. Primary aldosteronism by Conn adenoma, now covers 10% of hypertensive patients, and should be suspected when hypokalemia is present in untreated hypertensive, or resistant to antihypertensive drugs. The diagnostics have refined: they are now more sensitive, specific and indications are more accurate, allowing better management of patients.

KEYWORDS: Hypertension, Primary aldosteronism, Hypokalemia, Conn's syndrome, spironolactone.

RESUME: Les hypertensions artérielles (HTA) d'origine endocrine représentent plus de la moitié des causes secondaires d'HTA. Cette entité étiologique regroupe plusieurs pathologies distinctes, la plus fréquente étant l'hyperaldostéronisme primaire (HAP). Sa symptomatologie est très peu spécifique mais l'association de l'hypertension artérielle avec l'hypokaliémie doit orienter les investigations pour confirmer l'HAP.

Nous rapportons l'observation d'une femme de 40 ans qui présente une HTA résistante à une trithérapie, la pression artérielle est de 170 mmHg de systolique et de 120 mmHg de diastolique avec une hypokaliémie à 1,9 mEq/l et une kaliurèse élevée à 87 mEq/24h. Le rapport Aldostérone/ Rénine était très élevé. Le scanner a montré une masse surrénalienne de 23,3 mm sans anomalie des artères rénales. Un traitement à base de Spironolactone a été instauré et une surrénalectomie par la suite. L'évolution a été marquée par la normalisation des chiffres tensionnels, de la kaliémie et du taux d'Aldostérone.

L'hyperaldostéronisme primaire par adénome de conn concerne aujourd'hui 10% des patients hypertendus et doit être suspectée lorsqu'une hypokaliémie est présente chez hypertendu non traité ou qui résiste aux traitements antihypertenseurs. Les moyens diagnostiques se sont affinés : ils sont aujourd'hui plus sensible, spécifique et leurs indications sont plus précises, permettant une meilleure prise en charge des patients.

MOTS-CLEFS: Hypertension artérielle, Hyperaldostéronisme primaire, Hypokaliémie, Adénome de Conn, spironolactone.

1 INTRODUCTION

L'hypertension artérielle est une pathologie fréquente atteignant près d'un quart de la population mondiale. La gravité de l'HTA réside dans sa forte morbi-mortalité cardiovasculaires et ses complications oculaires et rénales [1]. Les hypertension artérielles endocrines constituent des causes rares d'HTA dont le diagnostic n'est pas toujours facile. L'hyperaldostéronisme primaire (HAP) est la cause classique d'HTA secondaire correspondant à la production excessive d'aldostérone par la zone glomérulée de la surrénale ou par un adénome de Con. Il s'exprime par une HTA et une hypokaliémie dans 30 à 40% des cas [2]. Sa prévalence est en nette augmentation. Cette surproduction d'aldostérone peut venir d'une seule surrénale, nodulaire ou non, ou des deux surrénales. Le diagnostic nécessite beaucoup d'investigation, d'où la grande valeur d'un simple dosage de la kaliémie pouvant rapidement orienter le diagnostic, et la mesure du rapport aldostérone/ rénine plasmatique qui est le principal marqueur de dépistage.

2 CAS CLINIQUE

Une jeune femme de 40 ans consulte pour une hypertension artérielle résistante à une trithérapie. L'anamnèse ne révélait pas d'antécédents médicochirurgicaux personnels ou familiaux. L'examen physique était normal en dehors d'une pression artérielle 170/120 mmHg. Les examens biologiques montraient une hypokaliémie à 1,9 mEq/l, une natrémie à 148 mEq/l et une réserve alcaline à 37 mEq/l et une kaliurèse de 24 h élevée à (87 mEq/24 h). Le dosage matinal de l'aldostérone plasmatique montrait une concentration supérieure à 8000 pg/ml et celui de la rénine active plasmatique une concentration basse à 1,2 mUI/l. Le rapport (Aldostérone plasmatique/ Rénine active plasmatique) était supérieur à 1642, suggérant un HAP.

L'imagerie par tomodensitométrie mettait en évidence une surrénale droite hypertrophiée siège d'une masse mesurant environ 23.3 mm sur 18 mm (Figure 1).

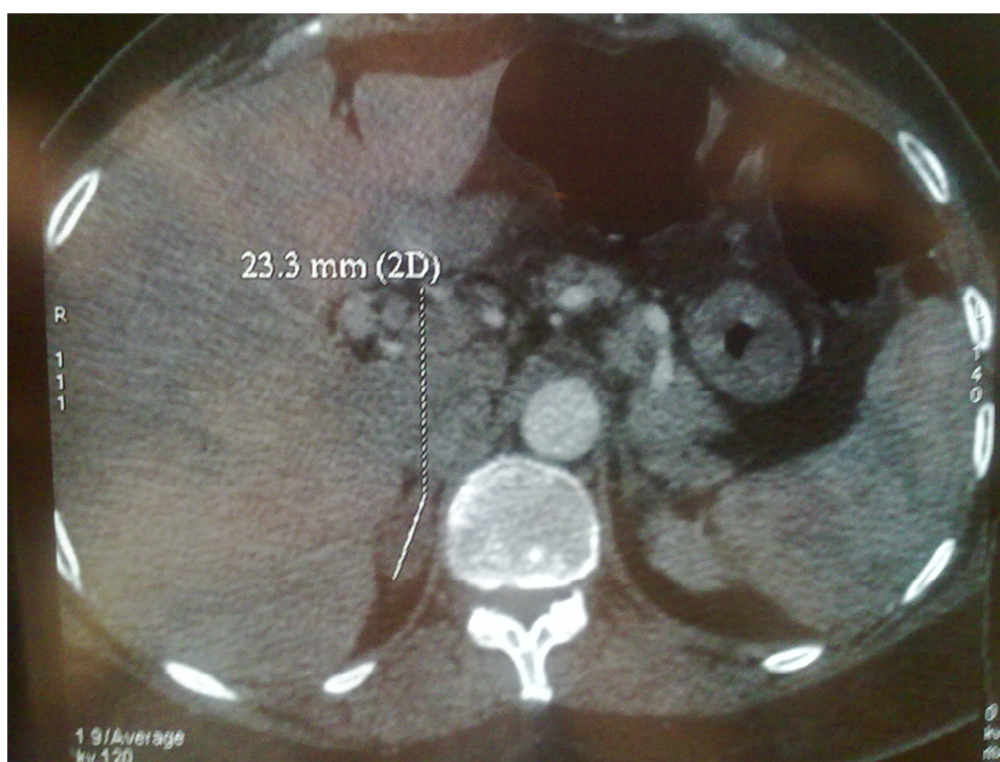


Fig. 1. TDM montrant une masse surrénalienne droite

L'angioscanner des artères rénales était normal (Figure 2) :



Fig. 2. Angioscanner normal des artères rénales

L'électrocardiogramme montrait des anomalies liées à l'hypokaliémie (absence d'onde T dans toutes les dérivations sauf en D1 et D2, dépression du segment ST) et des signes d'hypertrophie ventriculaire gauche (augmentation de R en V6, majoration légère de la durée du QRS) liés à l'hypertension artérielle. Le fond d'œil était normal.

Un traitement à base de spironolactone a été instauré, associé à une supplémentation potassique. Une surrénalectomie droite a été réalisée 10 jours plus tard. L'examen histologique de la pièce opératoire montrait la présence d'une population cellulaire d'allure spongiocytaire à cytoplasme abondant spumeux.

L'évolution postopératoire était marquée par un hypoaldostéronisme transitoire. La pression artérielle restait élevée, justifiant un traitement par nifédipine.

Deux semaines après la surrénalectomie, les valeurs de potassium, de sodium et d'aldostérone étaient redevenues normales.

3 DISCUSSION

L'hyperaldostéronisme primaire représente la première cause d'hypertension artérielle secondaire d'origine endocrine. Sa prévalence a longtemps été considérée très faible, et a été réévaluée aux alentours de 10% [3].

L'adénome de Conn correspond à une autonomisation relative de la synthèse d'aldostérone par une ou les deux surrénales. Elle s'associe donc à une diminution de la rénine. Elle va induire une rétention hydrosodée conduisant à l'apparition d'une HTA et une augmentation de la kaliurèse pouvant entraîner une hypokaliémie [4].

L'hypokaliémie, généralement définie par une kaliémie $\leq 3,5$ mmol/l, n'est présente que chez une minorité de patients [5]. Ainsi la présence d'une hypokaliémie oriente vers le diagnostic d'HAP, mais son absence ne permet pas d'éliminer le diagnostic [4].

Les recommandations internationales proposent de rechercher un HAP [6] chez les patients ayant une HTA modérée à sévère (HTA de grade 2 ou 3), une HTA résistante, une HTA associée à une hypokaliémie spontanée ou induite par des diurétiques, ou une HTA associée à un incidentalome surrénalien [4].

Il peut avoir un caractère familial ou sporadique, unilatéral ou bilatéral [7].

Les formes unilatérales regroupent :

- L'adénome de Conn : hypersécrétion localisée au sein d'un adénome unique, Les contributions ne doivent pas plagier, entièrement ou partiellement, d'autres travaux de recherche.
- Les hyperplasies unilatérales des surrénales : hypersécrétion unilatérale d'aldostérone sans adénome visualisé au scanner.
- Les corticosurrénalomes (exceptionnelles formes malignes).

Les formes bilatérales regroupent les hyperplasies bilatérales des surrénales et les formes familiales [4].

L'HAP induit une HTA qui peut être associée à une hypokaliémie. Il n'y a cependant pas de signe clinique spécifique. Dans notre cas aucun symptôme clinique n'a été retrouvé en dehors de l'HTA. Mais parfois l'hypokaliémie peut être symptomatique avec des crampes, des dysesthésies et peut provoquer des troubles du rythme cardiaque, tel dans notre cas, l'ECG objectivé une dépression du segment ST avec des ondes T négatives.

Le diagnostic d'HAP repose sur des critères biologiques à savoir le dosage de l'aldostérone, de la rénine et la détermination du rapport aldostérone/rénine (RAR).

Pour éviter toute interférence médicamenteuse, il convient d'arrêter au moins 6 semaines avant tout dosage l'administration d'amiloride et d'antagoniste du récepteur des minéralocorticoïdes. Il est également nécessaire de normaliser la kaliémie, car l'hypokaliémie peut avoir un effet inhibiteur sur la sécrétion d'aldostérone.

Un taux bas de rénine plasmatique (< 1 ng/ml/h) associé à un taux élevé d'aldostérone (> 15 ng/dl), suggère le diagnostic d'HAP, surtout si le rapport aldostérone plasmatique (en ng/dl)/activité de la rénine plasmatique (en ng/ml/h) est supérieur à 20.

Une fois le diagnostic hormonal d'HAP confirmé, il convient ensuite d'identifier le sous-type d'HAP. L'imagerie par tomodensitométrie permet, dans la plupart des cas, de préciser le caractère uni- ou bilatéral de la lésion. Une anomalie unilatérale est présente en cas d'adénome, d'adénocarcinome et d'hyperplasie primaire unilatérale. Dans notre observation l'adénome de Conn a été visualisé au scanner.

Ainsi, le traitement de l'HAP a trois objectifs : le contrôle de la kaliémie, la guérison de l'HTA ou l'amélioration de son contrôle, et la réduction de l'hypersécrétion d'aldostérone [4].

D'un point de vue thérapeutique, on différencie les formes unilatérales des formes bilatérales. En effet les formes unilatérales peuvent bénéficier d'un traitement chirurgical et les formes bilatérales seront traitées médicalement.

La surrénalectomie unilatérale par coelioscopie est le traitement de l'adénome, de l'hyperplasie primaire unilatérale et du carcinome. Elle permet de normaliser la kaliémie et de bloquer l'hypersécrétion d'aldostérone chez plus de 90% des patients ayant un HAP unilatéral.

Elle est envisagée après correction préopératoire de l'hypokaliémie, par des suppléments en potassium ou un antagoniste du récepteur de minéralocorticoïdes [7]. Une amélioration de la pression artérielle en postopératoire est observée chez tous les patients. Lorsque la surrénalectomie ne guérit pas l'HTA, elle amène une réduction de pression artérielle systolique de -25 à -40 mmHg, associée ou non à une réduction du score de traitement (généralement -1 à -2 classes de médicaments). Dans le cas clinique, après stabilisation de la pression artérielle sous spironolactone et correction de l'hypokaliémie, le geste de surrénalectomie unilatérale a permis de reprendre une PA normale, une kaliémie des taux d'aldostérone et de rénine normaux.

Le traitement médicamenteux est le traitement de référence des formes bilatérales. Il repose en premier lieu sur les antagonistes du récepteur minéralocorticoïde : la spironolactone et l'éplérénone [4].

4 CONCLUSION

L'hyperaldostéronisme primaire par adénome de Conn concerne aujourd'hui 6 à 12 % des patients hypertendus et doit être suspecté lorsqu'une hypokaliémie est présente chez un hypertendu non traité ou qui résiste aux traitements

antihypertenseurs. Les moyens diagnostiques se sont affinés : ils sont aujourd'hui plus sensibles, spécifiques et leurs indications sont plus précises, permettant une meilleure prise en charge des patients.

REFERENCES

- [1] Siham El Aziz, Asma Chadli, Fatima Louda et Al, « Apport de l'orientation clinique dans le diagnostic des hypertension artérielles endocriniennes ». Pan African Medical Journal. 2014; 18:171.
- [2] Jihad Drissi, Mounia Zyadi, Jaouad Kouach et Al, « Adénome de Conn révélé par une hypokaliémie découverte au cours d'une grossesse : A propos d'un cas ». International Journal of Innovation and Applied Studies. May 2015, Vol. 11 No. 2, pp. 476-478.
- [3] Fogari R, Preti P, Zoppi A, Rinaldi A, Fogari E, Mugellini A. Prevalence of primary aldosteronism among unselected hypertensive patients : a prospective study based on the use of an aldosterone/renin ratio above 25 as a screening test. Hypertens Res. 2007 ; 30(2):111-7.
- [4] Laurence AMAR, « HTA et hypokaliémie - Hyperaldostérisme primitif », HTA et hypokaliémie Hyperaldostérisme primitif DUHTA. MAJ 2014. <http://duhta.unistra.fr/2/spip.php?article398>
- [5] Rossi GP, Bernini G, Caliumi C, Desideri G, Fabris B, Ferri C, et al. A prospective study of the prevalence of primary aldosteronism in 1,125 hypertensive patients. J Am Coll Cardiol. 2006 ;48(11):2293-300.
- [6] Funder JW, Carey RM, Fardella C, Gomez-Sanchez CE, Mantero F, Stowasser M, et al. Case detection, diagnosis, and treatment of patients with primary aldosteronism : an endocrine society clinical practice guideline. J Clin Endocrinol Metab. 2008 ;93(9):3266-81.
- [7] P. Rossignol, P.F. Plouin, Traitement médical ou chirurgical de l'hyperaldostérisme primaire?, REPERES PRATIQUES-Hypertension artérielle, 2010.

Communication haut débit sur le réseau électrique automobile: Amélioration de la forme d'onde OFDM

[Broadband communication on the automotive power network: Improving the OFDM waveform]

Mohammed Fattah¹, Said Mazer², Mohammed El Ghazi², Tarik Tahri³, Rabah Ouremchi², and Moulhime El Bekkali²

¹Equipe de Traitement et de Transmission de l'Information, Université My Ismail, FPE, Meknès, Maroc

²Laboratoire de Transmission et de Traitement d'Information, Université Sidi Mohamed Ben Abdallah, Fès, Maroc

³Institut supérieur d'électronique et du numérique, 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: In this paper, we propose a new communication strategy for transmitting high speed information over an electric propagation channel, type vehicle, based on the OFDM waveform (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). The main objective is to highlight the effectiveness of the OFDM waveform for embedded PLC (Power Line Communication). Simulations are performed to validate the model transmission via the electric vehicle network. Two approaches face, one operator optimizing the channel coding and the other the number of used subcarriers. Results of the study of the bit error rates are presented, as well as the important parameters of the transmission chain to adjust depending on the channel and data to be transmitted. Suites to different simulation results, we can say that the OFDM waveform has certain robustness in the HomePlug standard for transmissions in the automotive network type direct channel. Thus, the optimization work on the duration of OFDM symbols and the size of the FFT is needed to counter the frame losses related to the use of an indirect channel and impulsive noise your abstract.

KEYWORDS: intra-vehicle communication; HomePlug standard; electric vehicle channel; Multi-carrier modulation; equalization.

RESUME: Dans ce papier, nous proposons une nouvelle stratégie de communication pour la transmission haut débit de l'information sur un canal de propagation électrique type véhicule, basée sur la forme d'onde OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing).

L'objectif principal est de mettre en évidence l'efficacité de la forme d'onde OFDM, pour une communication CPL (courant porteur en ligne) en embarquée. Des simulations sont réalisées pour valider le modèle de transmission via le réseau électrique d'un véhicule. Deux approches sont confrontées, l'une exploitant l'optimisation du codage de canal, et l'autre le nombre de sous-porteuses utilisées. Des résultats sur l'étude du taux d'erreur binaire sont présentés, ainsi que les paramètres importants de la chaîne de transmission à ajuster en fonction du canal et des données à transmettre. Suites aux différents résultats de simulations, nous pouvons affirmer que la forme d'onde OFDM présente une certaine robustesse dans le standard HomePlug, pour les transmissions sur le réseau automobile de type canal direct. Ainsi, des travaux d'optimisation concernant la durée des symboles OFDM et la taille de la FFT sont nécessaires pour contrer les pertes de trames liées à l'utilisation d'un canal indirect et aux bruits impulsifs.

MOTS-CLEFS: Communication intra-véhicule ; Standard HomePlug ; Canal électrique véhicule ; modulation Multi-porteuses ; Egalisation.

1 INTRODUCTION

Actuellement les voitures sont devenues de véritables champs d'investigation qui est bourré d'électronique. Ce sont de véritables ordinateurs sur roues, en raison de la montée en puissance des fonctions liées à la sécurité, la communication et les loisirs. La part de l'électronique dépasse les 35 % du prix du revient d'un véhicule de nos jours, et ce chiffre va passer à 45 % d'ici 2020 sur les modèles haut de gamme, dont 13 % pour les logiciels. À cette date, le contenu électronique se répartira essentiellement entre ce qu'on appelle l'infotainment (50 %), le contrôle moteur et les transmissions (30%), le contrôle châssis (10%) et le confort (10%) [1]. Cependant, il est impossible d'augmenter le nombre d'organes électroniques sans multiplier le nombre de connexions et de réseaux dédiés pour rendre possible les liaisons entre les capteurs, les actionneurs, les calculateurs et les diverses interfaces. On risque ainsi, d'une part d'aboutir à très court terme à une dégradation de la fiabilité des systèmes due, notamment, à la multiplicité des connectiques et, d'autre part, à un nombre de câbles prohibitif, compte tenu de leur poids et de leur coût. Le besoin se fait donc sentir de se tourner vers d'autres technologies pour transporter l'information et notamment celle utilisée par "courants porteurs en ligne" (CPL) qui utilisent, comme support physique, les fils d'alimentation en énergie du réseau 12V d'une batterie du véhicule. C'est cette approche qui fait l'objet de nos travaux de recherche.

Dans le domaine automobile, les débits envisagés pour les communications intra-véhicule basées sur cette approche sont, dans la plupart des cas, inférieurs à 2Mbits/s. Compte tenu des nouveaux équipements que les constructeurs implémentent, il s'avère que la limite de 2Mbits/s se trouve déjà dépasser. L'objectif de ce papier se situe dans ce cadre, on s'intéresse aux techniques de modulations de codages et d'estimations possibles pour créer une image complète de l'architecture de transmission via le réseau électrique embarqué des véhicules, basée sur la forme d'onde OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing).

2 DESCRIPTION DE LA CHAÎNE DE TRANSMISSION

2.1 CONFIGURATION DE LA CHAÎNE DE TRANSMISSION

Pour l'ensemble des simulations, la chaîne de transmission se compose d'un émetteur, d'un canal de transmission et d'un récepteur. Ils utilisent la forme d'onde OFDM de 128 sous-porteuses, modulée en QPSK ou DQPSK associé à un codage de canal.

Concernant les simulations, le standard HomePlug1.0 [2] a été la base de départ. La figure 1 représente la transmission dans l'environnement CPL qui utilise les lignes de distribution d'énergie du système embarqué type véhicule sur la bande 20 Mhz, comme dans la norme HomePlug1.0. La transmission du signal sur les lignes de distribution d'énergie du système embarqué représente la transmission entre l'émetteur (actionneur) et le récepteur (capteur). Les simulations sont réalisées par l'outil Simulink Matlab [3].

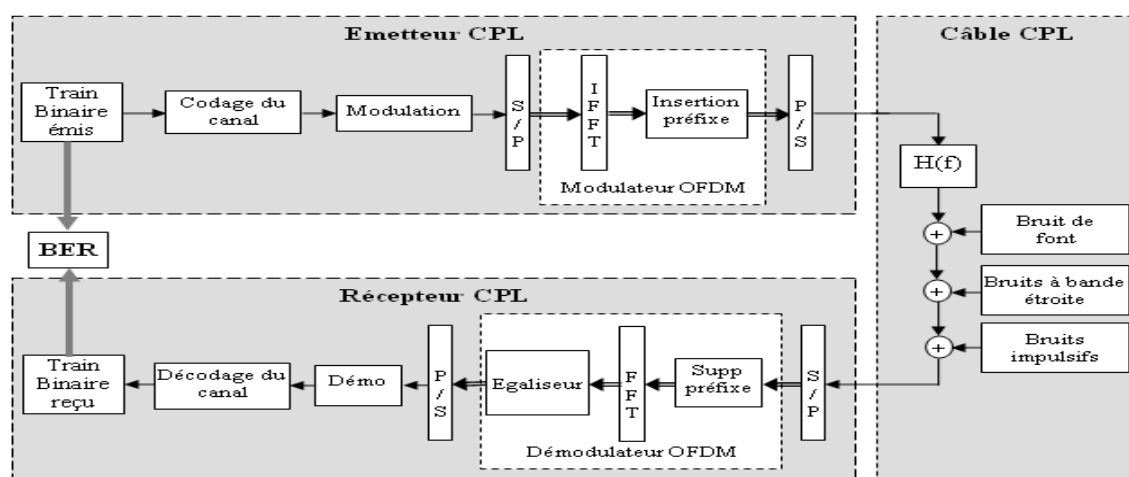


Fig. 1. Synoptique de la chaîne de transmission

Le choix de ces différents paramètres dépend de type de canal. Plusieurs choix ont été effectués pour la conception de la couche physique. Puisque le standard HomePlug1.0 est la base de départ. Le tableau 1 résume les différentes caractéristiques de la chaîne de transmission.

Tableau 1. *Caractéristiques de la transmission*

Paramètres de base	Dimensions
Bande de fréquence	20 MHz
Modulation	QPSK/ DQPSK
Codage	Convolutif / Reed Solomon
Entrelacement	Brasseur / Matriciel / Bloc
Egalisation	Zero Forcing
Taille de la FFT	128
Sous-porteuses utiles	84
Zero padding	44
Espacement inter-porteuses	150 KHz
Durée utile du symbole OFDM	14,13 μ s
Durée de Préfixe cyclique	1 μ s

2.2 CANAL DE PROPAGATION

A titre d'exemple, une architecture de câblage multi-trajets a été définie et choisie comme base pour notre étude (Figure 2). Comme montre la Figure 2, cette architecture été divisée en quatre parties : le compartiment moteur, le tableau de bord, l'habitacle et le coffre. La longueur totale de fils est de 60 m.

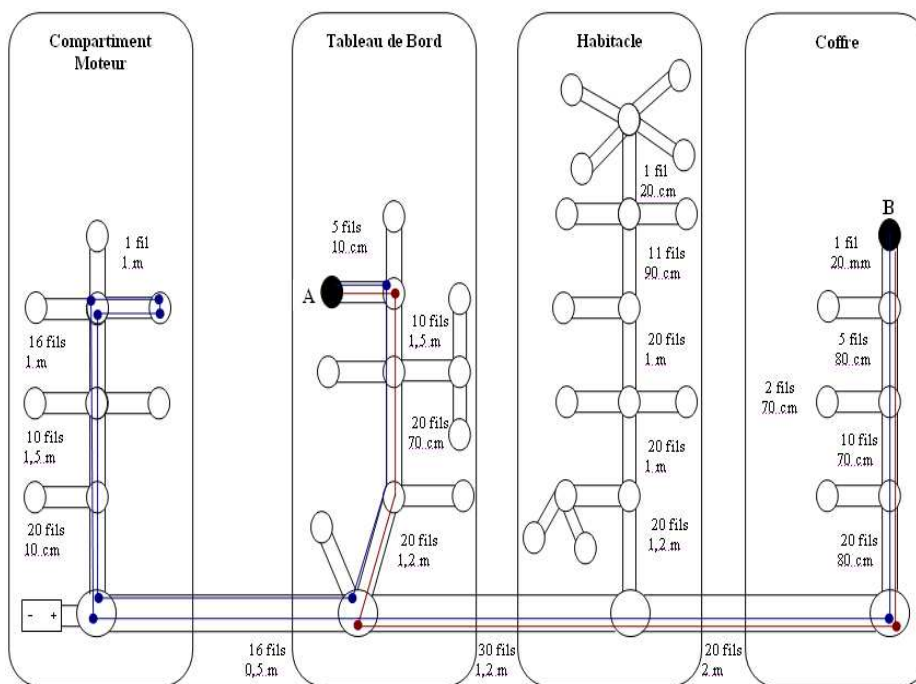


Fig. 2. *Schéma arborescent correspondant au réseau électrique sur véhicule*

Deux cas de figures ont été étudié (trajet direct et trajet indirect) de manière à mettre en évidence la présence de salves d'erreurs. Dans les 2 configurations, l'émetteur du signal est localisé au nœud A, le récepteur au nœud B.

Dans une liaison directe, le câble d'alimentation reliant les deux nœuds A et B ne passe pas par la batterie : le trajet n°1 à 9 m (couleur rouge). Dans une liaison indirecte, le câble d'alimentation reliant les deux nœuds A et B passe par la batterie : le trajet n°2 à 17,6 m (couleur bleu).

Durant cette étude, le canal implanté est une fonction de transfert caractérisée par un filtre numérique d'ordre 30, trajet direct et indirect représentées par la figure 2 [4].

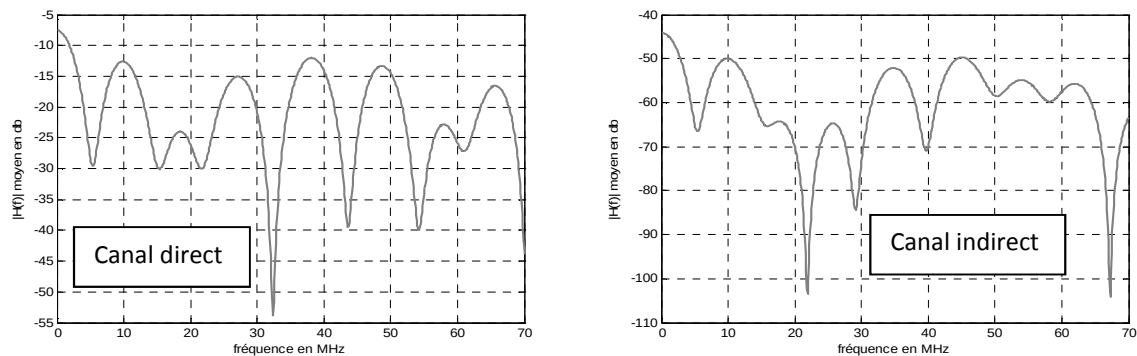


Fig. 3. Fonction de transfert canal direct (trajet n°1) et canal indirect (trajet n°2)

Pour voir l'effet simultané de bruits sur le canal, la figure 4 représente les fonctions de transferts caractérisées au-dessus par un filtre numérique d'ordre 30 auxquels nous additionnons un modèle de bruit [5] [6].

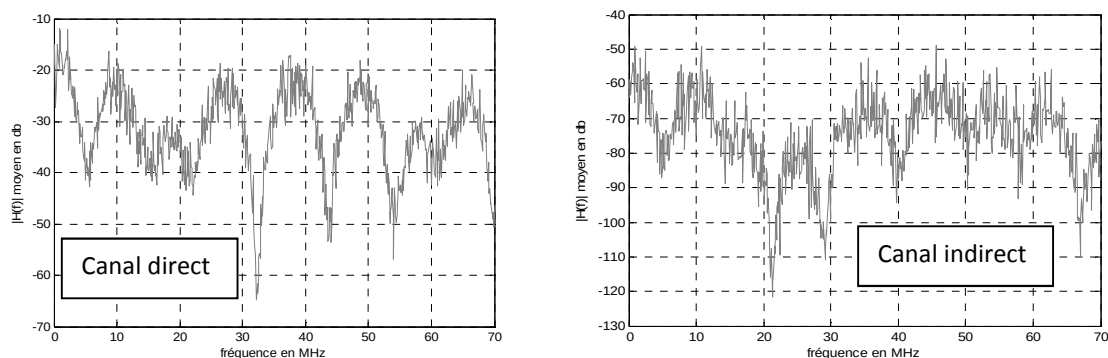


Fig. 4. Fonction de transfert (canal direct et indirect) + Bruits

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 PERFORMANCE DU STANDARD HOMEPLUG SUR UN CANAL AUTOMOBILE

Dans cette partie, nous allons nous intéresser principalement à l'adaptation du modem du standard HomePlug [2] [7] au CPL sur véhicule. Pour l'ensemble des simulations, le canal de transmission implanté correspond aux deux configurations de faisceaux présentées dans la section précédente : ligne directe et ligne indirecte.

3.1.1 SIMULATION SUR CANAL DIRECT

3.1.1.1 EFFET DE L'ENTRELAÇEMENT

Pour éviter les erreurs consécutives qui dépasseraient le pouvoir de correction du code correcteur d'erreurs, on modifie l'ordre de transmission des symboles de manière à éloigner au maximum les bits consécutifs faux. Il existe deux grandes classes d'entrelaceur, les entrelaceurs par blocs et les entrelaceurs convolutifs (encore appelé convolutionnels ou multiplexés).

Dans la suite de ce document, nous nous intéresserons aux deux entrelaceurs mentionnés dans la norme Homeplug1.0.

Le premier est un entrelaceur de type brasseur qui permute un bit sur 2.

Le deuxième est un entrelaceur qui intègre deux entrelaceurs, de type matriciel et bloc, l'un après l'autre. L'entrelaceur matriciel utilise une matrice de 14 lignes et 12 colonnes pour intégrer un train binaire de 168 bits. Il classe les 12 premiers

bits par ligne et remplit la matrice jusqu'au bit 168. Les bits sortent de l'entrelaceur par les colonnes. Le choix de cette taille est lié à la taille du symbole OFDM de 84 bits utiles et 84 bits de codage. L'entrelaceur bloc permute les bits de deux symboles successifs.

Dans cette partie, nous avons testé l'influence de l'entrelacement sur un canal de transmission direct. Le tableau 2 détaille les paramètres qui sont conservés pour les différentes simulations.

Tableau 2. Paramètres de base pour les simulations. Entrelacement

Paramètres de base	Dimensions
Bande de fréquence	20 MHz
Modulation	QPSK
Codage	Convolutif(1/2), décision dure
Egalisation	Zero Forcing
Taille de la FFT	128
Débit binaire	10.57 Mbits/s
Débit utile	4.86 Mbits/s
Canal	Direct

Le tableau 3 représente les différents paramètres des cas étudiés. Pour l'ensemble des simulations, le taux d'erreur binaire visé, doit être au minimum de 10^{-3} .

Tableau 3. Paramètres pour les simulations Entrelacement

Cas 1	Type
Entrelacement	Sans
Sous-porteuses utiles	84
Cas 2	Type
Entrelacement	Brasseur
Sous-porteuses utiles	84
Cas 3	Type
Entrelacement	Matriciel + Bloc
Sous-porteuses utiles	84

La figure 5 donne les résultats en termes de TEB obtenu en simulation sur un canal direct. Sur cette figure, trois cas sont présentés. L'utilisation de l'entrelacement de type Matriciel et Bloc au sien de la chaîne de transmission, présente une perte de plus de 4dB en termes de SNR pour un TEB de 10^{-3} , par rapport de la transmission sans entrelacement.

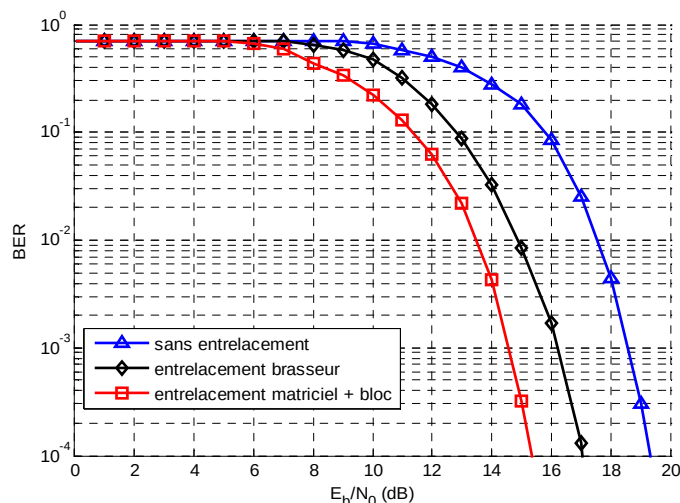


Fig. 5. Résultats de simulations de taux d'erreur. Entrelacement

Les résultats de simulations indiquent la nécessités d'optimiser les performances de la chaîne de transmission par l'ajout de l'entrelacement, mais surtout lors de la présence de bruits impulsifs et de variations de la fonction de transfert de canal.

3.1.1.2 APPORT DU CODAGE SUR LA PERFORMANCE DE TRANSMISSION

Dans cette partie, nous avons testé l'ajout du codage de type Reed-Solomon pour pouvoir contrer les erreurs de transmissions. Ce codeur est utilisé en tant que codeur externe. Il est concaténé au codeur convolutif faisant office de codage interne à la structure de transmission.

Dans cette section, nous avons testé l'ajout de codage RS dans le cas de la modulation QPSK (Avec Egalisation : Zero Forcing) et DQPSK (Sans Egalisation). Le tableau 4 détaille les différents paramètres des cas étudiés. Pour l'ensemble des simulations, le taux d'erreur binaire visé, doit être au minimum de 10^{-3} .

Tableau 4. Paramètres pour les simulations de codage Bloc

Cas 1	Type
Codage	Convolutif(1/2), décision dure
Sous-porteuses utiles	84
Zero padding	44
Débit utile	4.86 Mbits/s
Cas 2	Type
Codage	RS(15, 11) + Convolutif(1/2)
Sous-porteuses utiles	84
Zero padding	44
Débit utile	1.75 Mbits/s
Cas 3	Type
Codage	RS(15, 11) + Convolutif(1/2)
Sous-porteuses utiles	120
Zero padding	8
Débit utile	5.07 Mbits/s

Pour le troisième cas, nous avons augmenté le nombre de sous-porteuses utiles qui a été porté à 120 au lieu de 84 sous-porteuses, pour pouvoir gagner en débit, tous en gardant la même bande de fréquence.

La figure 6 fournit les résultats des simulations obtenus pour les trois cas, dans le cas de la modulation QPSK (Avec Egalisation : Zero Forcing). Les résultats montrent que lors d'une simulation avec le codage RS, une perte de 4dB en terme de SNR pour un TEB de 10^{-3} , apparaît par rapport à un simple codage convolutif.

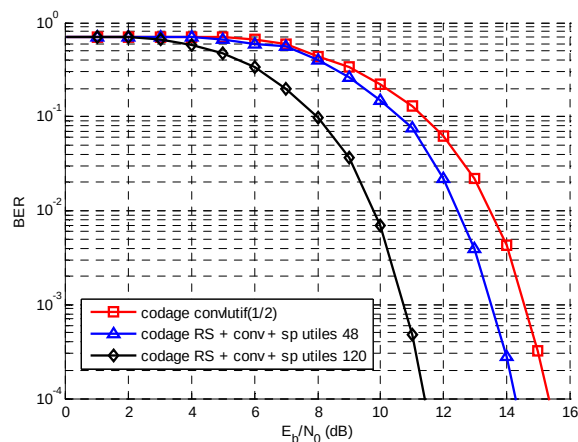


Fig. 6. Figure IV.5. Résultats de simulations de taux d'erreur. –QPSK–

Ensuite, nous avons allors utiliser la modulation DQPSK employée dans le standard HomePlug1.0 pour connaître ses performances sur un faisceau automobile.

La figure 7 fournit les résultats des simulations obtenus pour les trois cas, dans le cas de la modulation DQPSK (Sans Egalisation). Si nous plaçons dans le cas d'un TEB de 10^{-3} , la concaténation de deux codeurs permet d'obtenir un gain de l'ordre 7dB. Ceci indique la présence d'erreurs groupées qui sont corrigées par l'intermédiaire du codeur RS. Ainsi, nous constatons que l'utilisation d'une estimation et égalisation de canal permet d'obtenir un TEB plus faible pour un SNR équivalent (résultats présenté dans le cas QPSK).

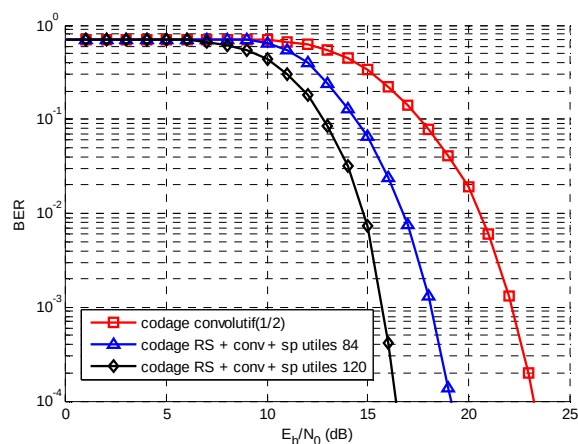


Fig. 7. Résultats de simulations de taux d'erreur. –DQPSK–

Suites aux différents résultats de simulations, nous pouvons affirmer que la modulation OFDM présente une certaine robustesse dans le standard HomePlug1.0, pour les transmissions sur le faisceau automobile de type canal direct.

Dans la partie suivante, nous avons testé la performance de la norme HomePlug1.0 sur un canal de type indirect.

3.1.2 SIMULATION SUR CANAL INDIRECT

Le tableau 5 présente les différents paramètres des cas étudiés sur un canal de type indirect.

Tableau 5. Paramètres pour les simulations sur un canal indirect

Cas 1	Type
Codage	RS(15, 11) + Convolutif(1/2)
FFT	128 – 84 utiles
Modulation	QPSK
Egalisation	Zero Forcing
Cas 2	Type
Codage	RS(15, 11) + Convolutif(1/2)
FFT	128 – 84 utiles
Modulation	DQPSK
Egalisation	Aucun

La figure 8 donne les résultats en termes de TEB obtenu en simulation sur un canal indirect.

Cette partie nous a permis d'étudier les limites d'un tel système. Nous pouvons affirmer que l'utilisation du standard HomePlug risque fortement de ne pas fonctionner correctement. Des travaux d'optimisation concernant la durée des symboles OFDM et la taille de la FFT seront nécessaires pour contrer les pertes de trames liées à l'utilisation d'un canal indirect (passage batterie et présence des bifurcations) et aux bruits impulsifs.

Cette étude est détaillée dans la partie qui suit.

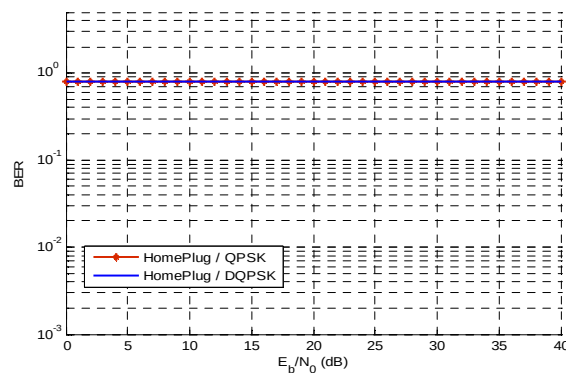


Fig. 8. Résultats de simulations de taux d'erreur du standard HomePlug1.0 sur un canal indirect

3.2 AMÉLIORATION DE LA FORME D'ONDE OFDM SUR UN CANAL INDIRECT

Dans cette partie, l'ensemble des simulations sera essentiellement effectué sur un canal indirect. De point de vue caractéristique du canal en configuration indirecte, il est nécessaire de modifier les paramètres utilisés dans les tests précédents. Ces optimisations concernant le nombre de sous-porteuses utilisées et la taille de la FFT.

Le tableau 6 représente les différents paramètres des cas étudiés. Pour l'ensemble des simulations, le taux d'erreur binaire visé, doit être au minimum de 10^{-3} .

Tableau 6. Paramètres pour les simulations sur un canal indirect

Cas 1	Type
FFT	256
Δf	76 KHz
T_s	24,3 μs
Préfixe cyclique	1 μs
Cas 2	Type
FFT	512
Δf	38 KHz
T_s	48,6 μs
Préfixe cyclique	1 μs
Cas 3	Type
FFT	1024
Δf	22 KHz
T_s	97,2 μs
Préfixe cyclique	1 μs
Cas 4	Type
FFT	2048
Δf	12 KHz
T_s	194,4 μs
Préfixe cyclique	1 μs
Cas 5	Type
FFT	4096
Δf	5 KHz
T_s	388,8 μs
Préfixe cyclique	1 μs

3.2.1 TEST AVEC LA MODULATION QPSK

Dans cette section, nous avons testé une modulation QPSK associée à une estimation et égalisation en fonction de différentes tailles de FFT et ainsi de déterminer la robustesse d'un tel système.

La figure 9 présente les résultats de TEB obtenus pour différentes tailles de FFT. D'après les résultats, pour pouvoir transmettre des informations à un TEB de 10^{-3} , il faut au moins employer une FFT de 1024. Si nous nous plaçons dans le cas d'une FFT de 2048 sous-porteuses, il faut que le SNR soit de l'ordre de 23dB pour transmettre avec un TEB à 10^{-3} . Le choix de la taille de FFT de 256, le double du standard HomePlug, il est impossible de transmettre des données.

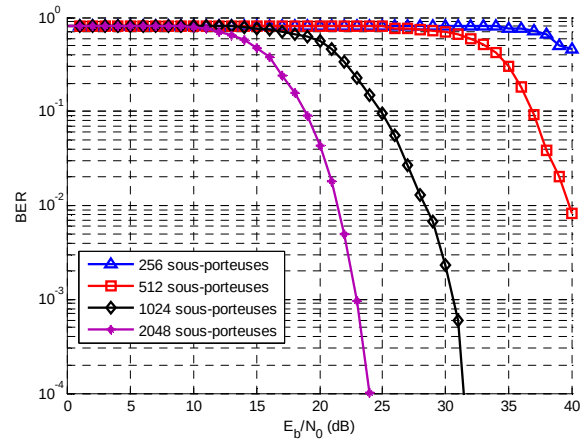


Fig. 9. Résultats de simulations de taux d'erreur sur un canal indirect en utilisant la QPSK

3.2.2 TEST AVEC LA MODULATION DQPSK

3.2.2.1 LA TAILLE DE LA FFT

Dans cette partie, nous avons testé la modulation DQPSK sans aucune estimation et égalisation de canal. Nous avons testé plusieurs tailles de FFT comme c'est indiqué dans le tableau 6.

La figure 10 donne les résultats en termes de TEB obtenu en simulation pour plusieurs tailles de FFT.

Pour pouvoir transmettre à un TEB de 10^{-3} , il faut au moins utiliser une FFT de 2048. Nous remarquons que même si nous continuons à augmenter le SNR, la valeur de TEB ne diminuerait pas autant, nous arrivons aux limites du système.

Enfin, l'utilisation seule de la modulation DQPSK est insuffisante en présence d'un canal indirect.

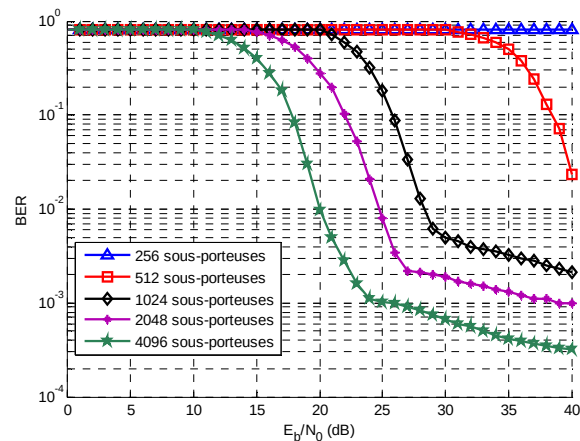


Fig. 10. Résultats de simulations de taux d'erreur en utilisant la DQPSK sans égalisation

3.2.2.2 EFFETS DE L'ÉGALISATION ZF

Dans cette partie, nous avons essayé d'intégrer l'estimation et égalisation de canal.

La figure 11 présente les résultats de taux d'erreur binaire sur un canal indirect en utilisant la DQPSK avec égalisation (ZF) suivant plusieurs tailles de FFT.

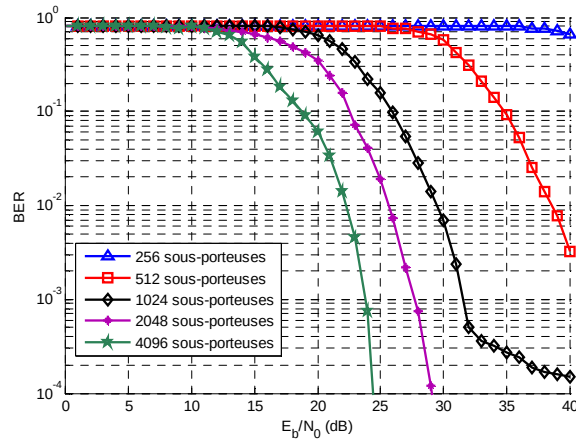


Fig. 11. Résultats de simulations de taux d'erreur en utilisant la DQPSK avec égalisation

D'après les résultats, nous remarquons que l'emploi de l'égalisation apporte une nette amélioration sur le TEB, à partir d'un FFT de 1024 au minimum. Pour pouvoir transmettre à un TEB de 10^{-3} , il faut donc utiliser au moins une FFT de 1024, ce TEB ne pouvait pas être atteint dans le test sans égalisation.

Ces différents résultats montrent l'intérêt d'employer des FFT de grande taille associée à une égalisation, pour pouvoir transmettre dans une configuration présentant des bifurcations.

4 CONCLUSION

Dans ce papier, nous avons mise en évidence l'efficacité de la modulation OFDM, pour une communication CPL en embarquée. Suite aux différentes simulations, deux résultats apparaissent :

- En présence d'un canal de transmission en mode direct, l'utilisation du standard HomePlug est suffisant.
- En présence d'un canal de transmission en mode indirect, nous pouvons affirmer que l'utilisation du standard HomePlug risque fortement de ne pas fonctionner correctement. Dans ce mode de transmission indirect, les simulations mettent en évidence la nécessité d'employer au moins 1024 sous-porteuses associées à une égalisation pour pouvoir transmettre des données sans avoir un SNR trop important. Par ailleurs, en augmentant le nombre de sous porteuses, le temps symbole OFDM accroît également. Cet inconvénient rend sensible la transmission en présence d'un canal variant dans le temps. C'est pourquoi, il sera nécessaire d'apporter des modifications au faisceau électrique.

Actuellement, nous nous intéressons à d'autres techniques de modulation, mais également il serait aussi intéressant de modifier les architectures du faisceau électrique du véhicule.

RÉFÉRENCES

- [1] O. Jaime, "Dimensionnement temps réel d'un véhicule: étude de cas et perspectives", *Valeo Electronique & Système de Liaison*, ETR – 2015.
- [2] *Homeplug 1.0 white paper*, 2001. [Online] Available: <http://www.homeplug.org/>.
- [3] <http://www.mathworks.com>
- [4] M. Fattah, R. Ouremchi, M. El Bekkali, and S. Mazer, "Modelling the Channel Transfer Function of the Vehicle Power Line Channel", *International Review on Modelling and Simulations (IREMOS)*, Vol.3. (Issue 6), December 2010, pp. 1273-128
- [5] M. Fattah, R. Ouremchi, M. El Bekkali "Communications numériques CPL intra véhicule: caractérisation des bruits", *Workshop Sciences des Technologies d'Information et de Communications (Wotic'09)*, Décembre 2009, Agadir, Maroc.
- [6] V. Dégardin, M. Liénard, and P. Degauque. "Impulsive noise on in-vehicle power lines: Characterization and impact on communication performance". *Power Line Communications and Its Applications, IEEE International Symposium, 2006*.
- [7] *IEEE Standard for Broadband over Power Line Networks: Medium Access Control and Physical Layer Specifications*. Sponsor Standards Committee of the IEEE Communications Society, 30 September 2010. [Online] Available: <http://ieeexplore.ieee.org/>.

JUVENIL GIANT FIBROADENOMA: Case Report and Literature Review

Mohammed BHIHI, Clementine UWIZEYEMARIYA, Najia ZERAIDI, Abdelaziz BAIDADA, and Aicha KHARBACH

Department of Gynecology and Obstetrics, Souissi Maternity,
Ibn Sina University Teaching Hospital,
Mohamed V University, Rabat, Morocco

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

ABSTRACT: Fibroadenoma is one of benign lesions which occurs in the breast. It is especially frequent in young women. The juvenile giant fibroadenoma is a rare type of fibroadenoma which is characterized by fast and massive growth. In general, it is a huge, firm, mobile and painless tumor with breast shape deformity. The diagnosis is made by Breast ultrasound and mammography. The differential diagnosis is phyllode tumors but they are rare before 20 years old. The treatment is surgical and consists on wide lumpectomy which must be esthetic to prevent recurrences. Here we present a 14 years old female patient to whom fibroadenoma was diagnosed and the wide lumpectomy was done with good improvements.

KEYWORDS: Breast Fibroadenoma, wide lumpectomy, mammography.

1 INTRODUCTION

The fibroadenoma is the most breast benign tumor which occurs in young women (always before menopause). It's developed from terminal lobular unit and associates an epithelial and conjunctive proliferation. The juvenile giant fibroadenoma is a rare entity of fibroadenoma and it is characterized by its massive and rapid growth.

It represents 0, 5% to 2 % of breast fibroadenoma. (1) It is a huge tumor more than 5 cm often from 10 to 15 cm, deforming the breast, doubling in volume in 3 to 6 months. It occurs in young women from 10 to 18 years old. In most cases, it is unique, unilateral painful and inflammatory signs at the site of the tumor. The breast is increased in size, most of the time with collateral venous circulation. So the areola can sometimes be stretched and seems to be wide. The treatment is based on wide lumpectomy and must be esthetic as possible.

2 CASE PRESENTATION

It is about a 14 years old female patient, student at secondary school, low socioeconomic level. As family history, mother treated for breast fibroadenoma at 22 years old, and underwent a lumpectomy. As gynecologic history; menarche at 13 years old, with irregular menstrual periods. The symptomatology started 6 months ago by left breast nodule which quickly increased in size and volume with mastodynia and local heat without mamelonar discharge.

On examination, good general state, conjunctiva well colored. No cervical lymph nodes. On chest examination, the left breast was increased in size, occupied by a huge mass which was mobile from deep plan, but fixed to superficial plan, with presence of collateral circulation without inflammatory signs. The right breast was normal and axillary lymph nodes were not palpable. The rest of examination there is nothing abnormal detected. (Fig 1)

Ultrasound was done and objected a left enormous lesional process of heterogeneous tissular echostructure, hypervascularized, well limited about 20 to 10 cm occupying almost all of the breast without axillary lymph nodes. And ultrasound concluded on tumoral process of left breast, most likely phylloide tumor.

The patient underwent a wide lumpectomy with good esthetic results. The anatomopathological results concluded on a giant fibroadenoma without signs of malignancy. (Fig 2)



Fig 1: Giant tumor of the left breast Fig 2: Enormous tumor after wide lumpectomy

3 DISCUSSION

Fibroadenoma is the most frequent breast benign tumor in young women (15-35 years), it represents 70 to 95% of breast lesions operated in the adolescent before the age of 20, (3) but it does not present degenerative potential. The juvenile fibroadenoma (giant) is the rare type of fibroadenoma (2%). It is characterized by fast growth and can present internal microcysts elements on ultrasound.

Historically the naming of breast giant tumor was unclear. First described in 1838 by Muller as phyllode cystosarcoma. Now they are recognized as giant fibroadenoma and phyllode tumors. Indeed there is no consensus on the definition of the giant fibroadenoma. Some authors describe them as tumors with a diameter more than 5 cm, weighting more than 500 grams or replaces at least 80% of the breast. (2,8) Others, as tumors which occupy almost all the breast (4). The term juvenile giant fibroadenoma is used to the teenagers who have fibroadenoma more than 50 mm (5). The giant fibroadenoma is rare and its frequency varies to 0, 5 to 2 % of the breast fibroadenoma. (1) It often affects especially the black or oriental teenagers. (6) It can raise problems of differential diagnosis with phyllode tumors but phyllode is rare before 20 years.(4)

Hormonal status is also a feature of these tumors (7). They are indeed more common in women of childbearing more than postmenopausal women. However, it is the main cause of the breast tumor in teenagers, almost at 15 years. It seems to corespond to the immediate post juvenile hormonal imbalance (5).

The physiopathology is unclear: a hormonal ground with hyperestrogeny and luteal insufficient is certainly among factors. Indeed estrogens promote edema and cellular hyperplasia, whereas the absence or progesterone deficiency does not allow controlling their action. Some authors refer to overexpression of growth factors (5). Currently, all authors agree on the existence of a hypersensitivity of breast tissue to normal rates of pubertal hormones (4)

It consists on palpable masses because they are enormous tumors (discovered when they measure 3 to 5 cm). They are farms, more or less elastic usually unilateral occupying the entire breast rarely bilateral or multifocal. (7)

This is a large tumor between 10 to 20 cm; deforming the breast, sometimes lobed, farm, easy and not tender on palpation. The overlying skin may be edematous with venous collateral circulation. The benign criteria are: regular, round or lobulated shape, and mobile.

As they grow rapidly, and they are discovered during the first year of menstruation. Sooner or later they lead in breast increasing in volume. There are some cutaneous modifications (erythema, inflammatory skin). They are found only when the size of the tumor is important or when the tumor is superficial. They are unilateral in 85% of the cases.

The clinical characteristics of our patient correspond to what is found in literature. The clinical appearance of giant fibroadenoma leads to phyllode tumor as differential but is very rare at this age.

The diagnosis is made by clinical features but also the mammography can be used. On mammography we find some criteria of a typical benign fibroadenoma as:

- Oval, lobulated or round shape
- Sharp outline
- High density
- Rare calcifications can be found in case of necrosis

On ultrasound, some semiological criteria of a typical benign fibroadenoma can be found on Grade 1 phyllode tumors:

A mass with:

- Oval or round shape
- Good compressibility
- The homogenous mass, with sometimes posterior enhancement
- The presence of heterogenous echogenicity with anechoic cystic area which can evoke the existence of hemorrhagic or necrotic area

After menopause period, the diagnosis of fibroadenoma requires further investigations in order to rule out the malignancy. Its volume sometimes increases on hormone replacement therapy. During pregnancy, the fibroadenoma changes and mammography and ultrasound images must be completed by micro-biopsies to make a diagnosis.

The treatment of juvenile giant fibroadenoma is based on complete removal of the lesion while maintaining the normal breast tissue and in the esthetic way. However, the fear of the phyllode tumor requires a safety peritumoral margin. (4)

All clinical studies recommend extend lumpectomy with peritumoral margin of 10 mm. In some cases a subcutaneous mastectomy may be indicated with mamoplasty after puberty. (1)

The major factor of local recurrence is the quality of surgical resection. In literature there is a high rate of recurrence, and some re-interventions were noted with many scars and breast deformity.

4 CONCLUSION

The giant juvenile fibroadenoma is a particular entity of fibroadenoma. It is characterized by its fast and massive growth. The diagnosis is based on clinical, ultrasound and mammography. The treatment is surgical and must be large in order to prevent recurrence and esthetic one.

REFERENCES

- [1] RAGANOONAN C, FAIRBAIN JK, WILLIAMS S, HUGHES LE. Giant breast tumours of adolescence. Aust NZ J Surg 1987; 57 : 243-7.
- [2] MUSIOF, MOZINGOD, OTCHYDP. Multiple giant fibroadenoma. Am Surg 1991 ; 57 : 438-41.
- [3] C. DUFLOS, G. PLU-BUREAU, E. THIBAUD, F. KUTTENN Breast disease in adolescents. Pediatric and Adolescent Gynecology. Vol 7, C. Sultan, Karger Publ, Bâle, 2004, p 183-196.
- [4] G. PLU-BUREAU, P. TOURAINE, F. KUTTENN Sein et hormones. EMC Gynécologie 810-A-10, 2002, 18p.
- [5] MCGRATH MH. Benign tumors of the teenage breast. Plast Reconstr Surg, 2000, 105: 218-222.
- [6] JACOB MM. Correspondence to application of reduction mammoplasty in treatment of giant breast tumour. Br J Plast Surg 2000 ; 53 : 265-8.
- [7] BAXI M, AGARWAL A, MISHRA A et al. Multiple bilateral giant juvenile fibroadenomas of breast. Eur J Surg 2000; 166: 828-30.
- [8] Jayasinghe Y, Simmons PS. Fibroadenomas in adolescence. Curr Opin Obstet Gynecol 2009; 21: 402-6.

La RSE comme dimension de la qualité perçue: Proposition d'un modèle des déterminants sociétaux de la qualité perçue prédictifs de la satisfaction dans le contexte des Services Publics à caractère Industriel et Commercial

[CSR as a dimension of perceived quality: A model of societal determinants of perceived quality to predict customer satisfaction in the context of commercial and industrial utilities]

Charaf SAIDI and Bouchra El ABBADI

National School Of Commerce and Management,
Abdelmalek Essaâdi University,
Tangier, 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 discusses CSR as a dimension of perceived quality to predict customer satisfaction. Based on the methodological paradigm of Churchill and the Larcker and Fornell procedure, this research led to propose a model of social determinants of perceived quality, empirically identified. On the conceptual side, this article is an extension and an enrichment of researches on CSR and its influence on the company's image. On the managerial side, the proposed model will help utilities managers, organizer or operator, to develop appropriate quality approaches.

KEYWORDS: Management of public utilities, CSR, Perceived Quality, Satisfaction.

RESUME: Cet article discute la RSE en tant que dimension de la qualité perçue prédictive de la satisfaction des usagers/clients des services publics. S'appuyant sur le paradigme méthodologique de Churchill couplé à la procédure de de Larcker et Fornell, cette recherche a abouti à la proposition d'un modèle des déterminants « sociétaux » de la qualité perçue prédictives de la satisfaction, identifiés empiriquement. Du côté conceptuel, cet article est un prolongement et un enrichissement des travaux sur la RSE et son influence sur l'image de l'entreprise. Du point de vue managérial, le modèle proposé renseigne les managers des services publics, organisateur ou opérateur, sur les dimensions pertinentes à considérer dans la définition des démarches qualité à bon escient.

MOTS-CLEFS: Management des Services Publics, RSE, Qualité Perçue, Satisfaction.

1 INTRODUCTION

La forte dimension sociale que représentent les services publics à caractère industriel et commercial (SPIC) interpelle l'examen de la qualité perçue sous cette dimension. Ainsi, l'intégration de la responsabilité sociétale des entreprises, prestataires de SPIC, en tant qu'antécédent à la qualité perçue prédictive de la satisfaction/insatisfaction, permet d'enrichir les modèles de la qualité perçue des SPIC basés sur le caractère marchand des services.

2 CONTEXTE

La RSE accapare depuis des années l'attention des gestionnaires des organisations. Elle est devenue au cœur des pratiques des entreprises et un choix stratégique des managers. Ce choix est souvent motivé par les nombreux bénéfices économiques tangibles et intangibles associés à un engagement sociétal [1].

Ainsi, une démarche RSE fournit aux entreprises qui l'adoptent une augmentation de leur performance globale. Ceci résulte de l'amélioration des relations avec les différentes parties prenantes notamment en matière de transparence, honnêteté, éthique...[2]. Également, les évolutions et changements opérés sur le marché amènent les entreprises à revoir leurs pratiques en matière de développement durable et de responsabilité sociale. Des initiatives publiques et privées ont émergé dans ce sens [3].

De ce fait, cette recherche s'insère dans un contexte marqué par la nécessité, non seulement d'offrir un produit/service de meilleure qualité, mais aussi de veiller à préserver les droits des générations futures tout au long du processus de production de ces produits/services. Ceci aura certainement des effets positifs sur l'attitude des clients à l'égard de l'image de l'entreprise, et améliorera la qualité perçue de ces services/produits.

3 OBJECTIF

L'objectif de cette recherche est double. D'une part, comprendre et identifier les déterminants « sociétaux » de la qualité perçue et contribuer ainsi à la conceptualisation de la RSE comme dimension de la qualité perçue. D'autre part, étudier l'effet de ces déterminants sur la satisfaction des usagers/clients des SPIC. En conséquence, l'hypothèse générale de cette recherche peut être formulée comme suit :

H_g : Les déterminants sociétaux de la qualité perçue d'un SPIC influencent positivement la satisfaction des clients.

4 REVUE DE LITTÉRATURE ET CADRE CONCEPTUEL

4.1 LA RSE- ESSAI D'APPRÉHENSION DE LA NOTION

Basée sur la publication de la norme ISO 26000 en 2010, la commission européenne appréhende la notion de la RSE en octobre 2011, en précisant que « pour s'acquitter pleinement de leur responsabilité sociétale, les entreprises doivent avoir engagé en collaboration étroite avec leurs parties prenantes, un processus destiné à intégrer les préoccupations en matière sociale, environnementale, éthique, de droits de l'homme et de consommateurs dans leurs activités commerciales et leur stratégie de base ».

Dans le champ du marketing, la RSE a connu une émergence très progressive. Ceci trouve sa justification dans la définition d'origine de la fonction marketing. En fait, à l'origine le marketing est conçu comme une fonction d'optimisation de la satisfaction individuelle. Cette conception laisse peu de place à la responsabilité sociale pour différentes raisons [4]:

- Elle n'ouvre pas de place à la prise en compte d'acteurs extérieurs à la transaction elle-même, négligeant ainsi le rôle des parties prenantes ;
- Elle ne permet pas la prise en compte des contraintes externes, du fait qu'elle se focalise sur une logique purement transactionnelle ;
- Elle induit une externalisation d'un débat sur la responsabilité vers l'entreprise elle-même du fait que le marketing est défini à travers les moyens de réalisation de la transaction.

En outre, [5] souligne que la définition du marketing, se focalisant sur des moyens de réalisation de la transaction, semble très réductrice si l'on analyse la responsabilité sociale sous l'angle de trois composantes : une composante économique, une composante environnementale et une composante sociale.

À cet effet, les débats théoriques sur le rôle du marketing couplés aux effets négatifs d'une approche purement mercantile, ont poussé Kotler et Dubois à proposer dans leur troisième édition du « marketing management » en (1977) une définition du marketing « sociétal » qui élargit la mission d'origine du marketing à la satisfaction du bien-être d'une manière durable. Ils précisent à ce sujet que « L'optique du marketing sociétal est une orientation de gestion tournée vers la satisfaction du client et vers le bien-être à long terme du consommateur et du public en général, en tant que moyen permettant à l'organisation d'atteindre ses objectifs et d'assumer ses responsabilités » [6]. En conséquence, le marketing dorénavant, serait en position de renoncer à des opportunités qui nuiraient à long terme à l'intérêt des consommateurs ou des parties prenantes associées.

4.2 L'EFFET DE LA RSE SUR LA QUALITÉ PERÇUE

La RSE permet de montrer le degré de citoyenneté des organisations en développant un comportement d'éthique dans toutes leurs activités. Ledit comportement constitue un fort signal d'amélioration de l'image et la réputation de l'organisation, et par conséquent influence l'évaluation globale des clients de la qualité du service.

Les évolutions de fond du marketing, passé d'un marketing manipulateur et opportuniste à un marketing social, amènent les acteurs à intégrer le discours de l'ensemble des parties prenantes impliquées directement ou indirectement dans la création de valeur [7]. Ceci contribuera à l'amélioration de l'image de l'entreprise. En effet, [8] démontre que l'intégration de la responsabilité sociale dans la gestion de la firme contribue positivement à la construction de son image. Aussi, les informations positives et négatives relatives à la responsabilité sociale ont une influence sur les intentions d'investissement des différentes parties prenantes de l'entreprise [9].

En outre, l'adoption d'une approche RSE a des effets positifs sur l'évaluation de l'entreprise par les clients [10] et sur la qualité perçue des produits/services offerts par cette entreprise. [11] par exemple, ont pu valider empiriquement un modèle qui intègre la RSE comme dimension de la qualité perçue. Ils ont proposé de la mesurer par les items objet de la présentation schématique suivante (figure 1) :

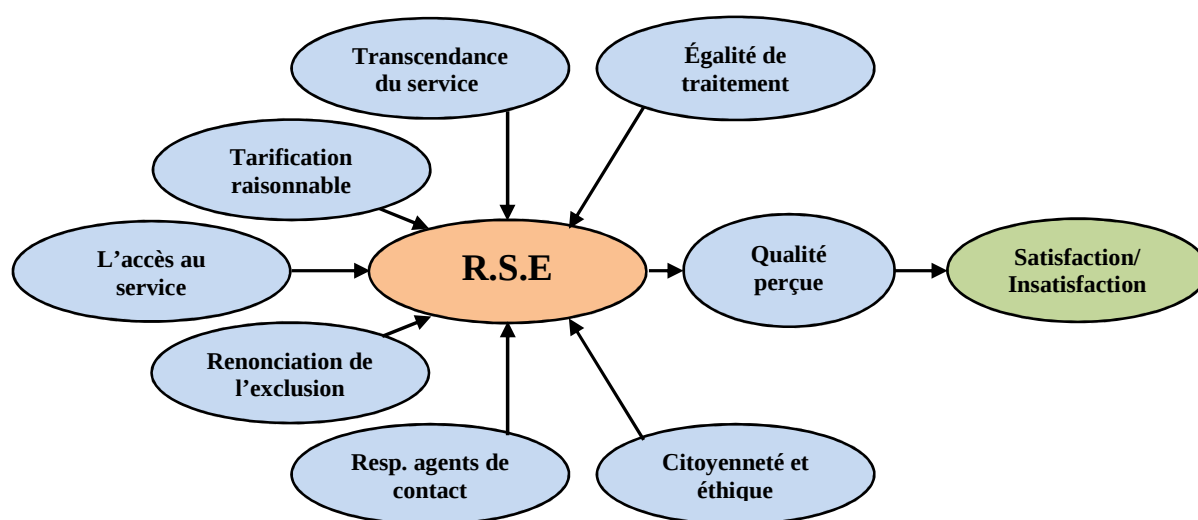


Fig. 1. dimensions de la RSE mesurant la qualité perçue selon [11]

Source : Établi dans le cadre de cette recherche et basé sur l'étude de [11]

Dans les services publics, la RSE se trouve en parfaite harmonisation avec la finalité de satisfaire les usagers/clients. Ceci est dû à deux raisons : d'une part les principes du développement durable qui sont communs pour la RSE et les services publics (dimension sociale, économique et environnementale) ; d'autre part, la définition même du marketing public qui renvoie aux principes fondamentaux de la RSE tels que l'éthique, l'équité, la tarification...

À ce sujet, [12] ont tenté de mesurer la qualité perçue d'un service public de la santé en intégrant la RSE. Leurs objectifs, à travers cette étude, étaient d'une part de déterminer les dimensions servant à l'évaluation de la qualité du service d'un hôpital ; et d'autre part de développer une échelle de mesure y correspondant.

Cette étude a conduit ses auteurs à proposer une échelle de mesure qu'ils ont nommée « PubHosQual » pour mesurer cinq dimensions de la qualité de service d'un hôpital public. Ces dimensions sont : l'admission, le service médical, le service global, les procédures de sortie et la responsabilité sociale. Étant intéressés par la RSE comme dimension de la qualité perçue, ces auteurs ont proposé de la mesurer par trois variables: l'égalité du traitement, le bon service à un coût raisonnable et le sens de la responsabilité.

4.3 LA QUALITE PERÇUE ET LA SATISFACTION

Le sentiment de satisfaction ou d'insatisfaction a des conséquences positives et négatives qu'il importe à toute organisation publique ou privée de maîtriser. Toutefois, les recherches ne se limitent pas seulement à la satisfaction, mais à partir de cette dernière, elles se sont progressivement orientées vers l'étude des questions relatives à l'insatisfaction et les réponses des clients en matière de comportement des réclamations [13].

Quant aux liens de causalité entre la satisfaction et qualité perçue, ils diffèrent d'un auteur à l'autre et la séquence dépend du cadre d'analyse. En effet, certains auteurs considèrent que la satisfaction (S) est un antécédent de la qualité (Q) du service (par exemple [14], [15], [16], [17]). D'autres chercheurs adoptent le lien causal $Q \rightarrow S$ (exemple [18], [19], [20]). C'est une autre variable à compter au nombre des antécédents de la satisfaction ([13] Cronin et Taylor, 1992). Les recherches empiriques et les résultats des études réalisées par [19] et [20] plaident, après confrontation des deux modèles ($Q \rightarrow S$ versus $S \rightarrow Q$) en faveur du lien causal $Q \rightarrow S$. Également, l'étude réalisée par [21] confirme que la qualité de service à la clientèle influe directement la satisfaction. Plus récemment, l'étude menée (dans l'industrie automobile) par [22], montre que la qualité du service et la qualité du produit lui-même sont fort corrélées positivement avec la satisfaction du consommateur et sa fidélité.

Enfin de cette revue de littérature, il convient de signaler que les résultats ci-dessus présentés ne sont pas nécessairement contradictoires, mais les deux construits s'influencent mutuellement [23], et la séquence dépend du cadre d'analyse : transactionnel versus relationnel [24]. Lorsqu'on se situe dans une même perspective temporelle, le jugement de qualité perçue influencerait celui de satisfaction ([19], [25]). Par contre, lorsque l'analyse porte sur une transaction spécifique, la qualité perçue se trouve être un antécédent de la satisfaction. Le schéma, objet de la figure n° 2 suivante tiré de [26], synthétise les liens de causalité entre satisfaction et qualité perçue comme suit :

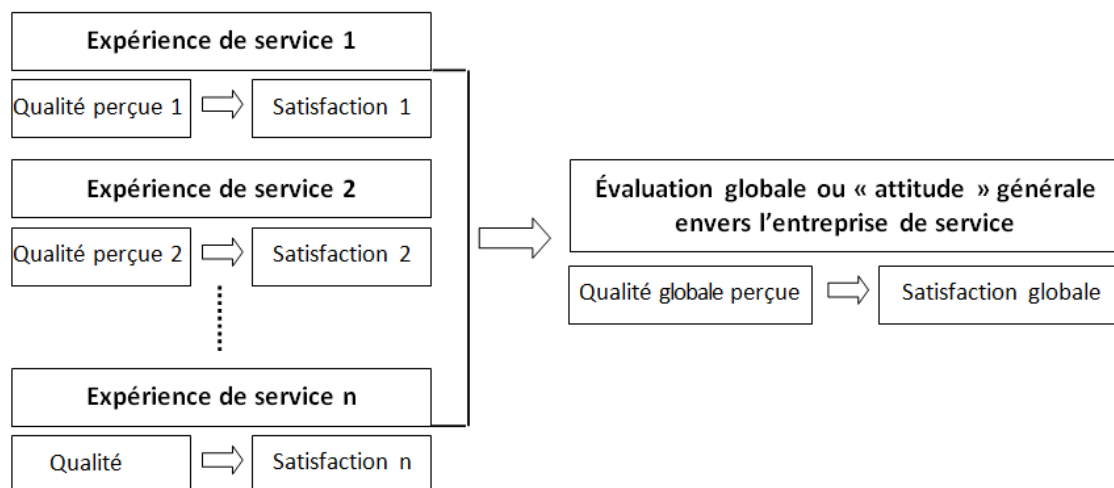


Fig. 2. les liens de causalité entre satisfaction et qualité perçue

Source: [26]

5 CHOIX METHODOLOGIQUES ET DEMARCHES D'INVESTIGATION

5.1 CHOIX DE LA CATÉGORIE DES SPIC ET DU TERRAIN D'ÉTUDE EMPIRIQUE

Afin de valider notre cadre conceptuel, nous avons opté pour son opérationnalisation dans la catégorie des SPIC d'eau et d'assainissement. Ces derniers représentent l'exemple de l'évolution de la place et du statut de l'utilisateur qui est étroitement liée aux mutations des modes de régulation des services publics marchands. Ils se situent à l'intersection des différentes catégories des SPIC : ce sont des services résidentiels, de réseaux, locaux, chargés politiquement et socialement... Aussi, ce sont des services qui revêtent d'une importance capitale dans le développement durable et dont les modes de gestion ouvrent de vigoureux débats notamment avec la défaillance des marchés des services publics en général et les SPIC en particulier.

Aussi, les SPIC d'eau et d'assainissement présentent des enjeux divers et complexes se rapportant principalement à la dimension territoriale (choix de la bonne échelle de gestion des services) et la dimension gestionnaire (choix du mode de gestion public ou privé). Ces dimensions ont été particulièrement déterminantes dans notre choix d'étudier la production des SPIC d'eau et d'assainissement au plan régional : région Tanger Tétouan, et plus précisément dans les villes de Tanger, Chefchaoun et Larache. Ce choix a été guidé essentiellement par notre volonté de travailler sur des modes de gestion différents représentant les principaux modes de gestion développés au Maroc : une gestion privée sous forme de gestion déléguée à Tanger, une gestion par régie autonome à Larache et une gestion par une entreprise publique opérant à l'échelle nationale pour Chefchaoun.

5.2 LE PARADIGME DE CHURCHILL COMME DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE

Pour atteindre les objectifs de cette recherche concernant l'identification des déterminants sociétaux de la qualité perçue prédictifs de la satisfaction, et ce dans le contexte des SPIC, nous avons opté pour la procédure méthodologique de Churchill dont les principales étapes et techniques utilisées sont relatées dans la figure 3 suivante :

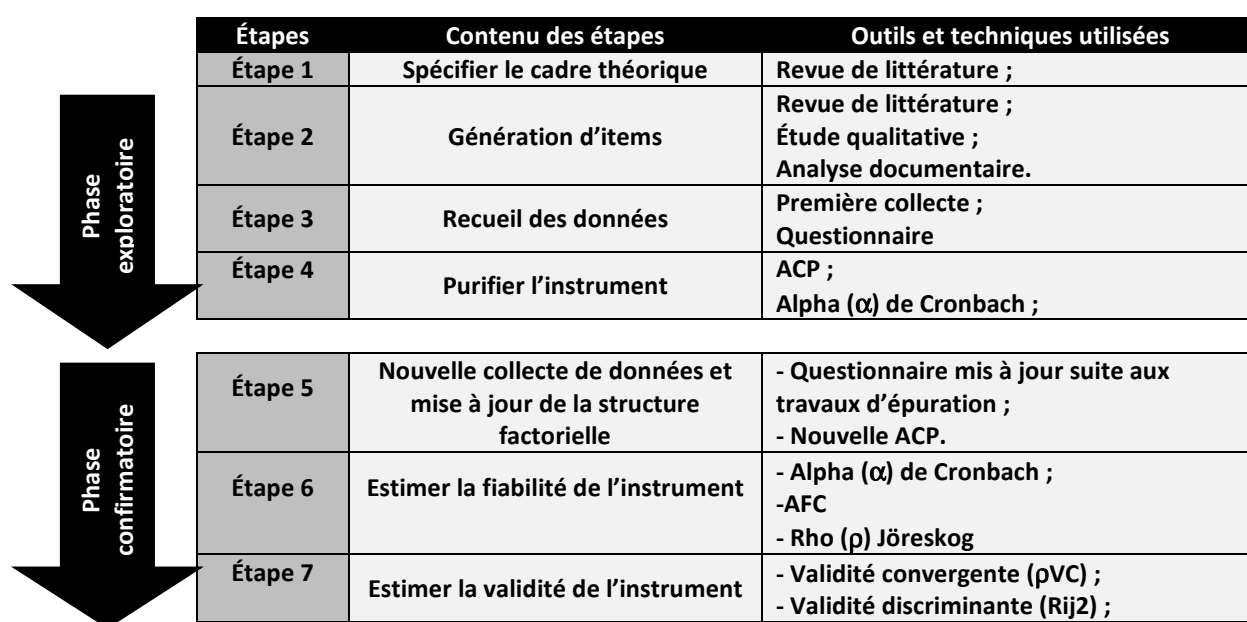


Fig. 3. Les étapes du paradigme méthodologique de Churchill

Étape 1 : Le cadre théorique de cette recherche s'est basé essentiellement, comme il a été mis en exergue dans le paragraphe précédent, sur la revue de littérature sur la RSE, la qualité perçue et la satisfaction. Une attention particulière a été accordée aux liens qui existent entre ces concepts et les relations de causalité qu'ils entretiennent.

Étape 2 : L'essentiel des items ont été générés à partir de la revue de littérature couplée à une étude documentaire concernant certaines entreprises prestataires de SPIC. Toutefois, l'étude qualitative menée auprès de 11 associations œuvrant dans le domaine du développement durable a permis de faire émerger les dimensions les plus pertinentes et d'éprouver la spécificité de la relation de service d'un SPIC.

Ainsi, à travers cette étude qualitative préalable à l'étude quantitative, nous avons souhaité faire émerger les éléments spécifiques à la qualité des services publics, objet de la recherche empirique (les SPIC d'eau et d'assainissement), et construire une batterie d'items susceptibles d'opérationnaliser le concept de la qualité perçue dans le contexte des SPIC en général et les services publics d'eau et d'assainissement en particulier. Les items retenus pour faire l'objet d'une enquête quantitative sont relatés au niveau des résultats de l'étude qualitative (voir la figure 4 ci-dessous).

Étapes 3 et 4 : Les items ainsi retenus ont fait l'objet d'une première collecte de données quantitative auprès des clients des services publics d'eau et d'assainissement. Cette enquête a été effectuée au courant du mois de juillet 2013 pour Tanger et aout 2013 pour Chefchaoun et Larache. Un questionnaire a été distribué sur 850 clients dont seulement 290 ont pu être

récupérés et exploités. A ce stade, les analyses des données et la purification des déterminants de la qualité perçue ont été réalisées à l'aide des analyses en composantes principales et les études de fiabilité que propose le logiciel SPSS.20.

Étapes 5 et 6 : La nouvelle collecte avait pour objectif d'étudier la stabilité de la structure factorielle des déterminants sociétaux de la qualité perçue des SPIC. Le questionnaire réadapté après les travaux de purification (suppression des items à faible saturation), a été administré entre janvier et mars 2014 pour les trois localités. 322 questionnaires exploitables ont pu être collectés parmi les 980 distribués ; soit un taux de retour de 33 %, dont 121, au niveau de Tanger, 102 au niveau de Chefchaoun et 99 à Larache.

À cette phase confirmatoire, l'AFC qui n'est qu'une application des modèles d'équations structurelles nous a permis de confirmer la structure factorielle du modèle et ses qualités psychométriques. Pour ce faire, nous nous sommes servis du logiciel SPSS- AMOS V.20 d'IBM SPSS.

Étape 7 : pour l'appréciation de la qualité du modèle des déterminants sociétaux de la qualité perçue des SPIC, résultant de cette recherche, trois types d'évaluations ont été retenus :

1. Une évaluation de la qualité d'ajustement du modèle global. Cette évaluation est basée sur les indices d'ajustement les plus acceptés à savoir les indices absolus, incrémentaux et de parcimonie ;
2. Une évaluation de la qualité d'ajustement du modèle de mesure, basée sur les évaluations psychométriques usuelles : étude de la fiabilité et de la fidélité. Dans cette phase confirmatoire, l'étude de fiabilité du modèle de mesure s'est basée sur le ρ de Jöreskog qui est jugé plus fiable que l'alpha de Cronbach. Quant à l'étude de validité du construit ou du trait, elle s'est reposée d'une part, sur la procédure de Larcker et Fornell qui consiste en l'étude de la validité convergente et la validité discriminante ; et d'autre part sur la validité de contenu que nous nous sommes attachés à observer scrupuleusement tout au long de notre démarche méthodologique ;
3. Et une évaluation de la qualité d'ajustement du modèle structurel à travers l'étude des liens de causalité entre les variables latentes du modèle. À ce propos, nous avons opté pour la modélisation par les équations structurelles (MES) pour tester les relations entre les variables latentes exogènes représentant les déterminants sociétaux de la qualité perçue et la variable endogène « la satisfaction ».

6 PRÉSENTATION ET DISCUSSION DES RÉSULTATS DE LA RECHERCHE

6.1 RÉSULTAT DE LA PHASE EXPLORATOIRE ET PURIFICATIONS SOUS-JACENTES

6.1.1 RÉSULTATS DE L'ÉTUDE QUALITATIVE

La revue de littérature, l'analyse documentaire et les entretiens semi-directifs réalisés dans le cadre de l'étude qualitative nous ont permis de retenir les items objet de la figure 4 suivante. Lesdits items ont fait, par la suite, l'objet de la première collecte de données quantitatives basée sur un questionnaire.

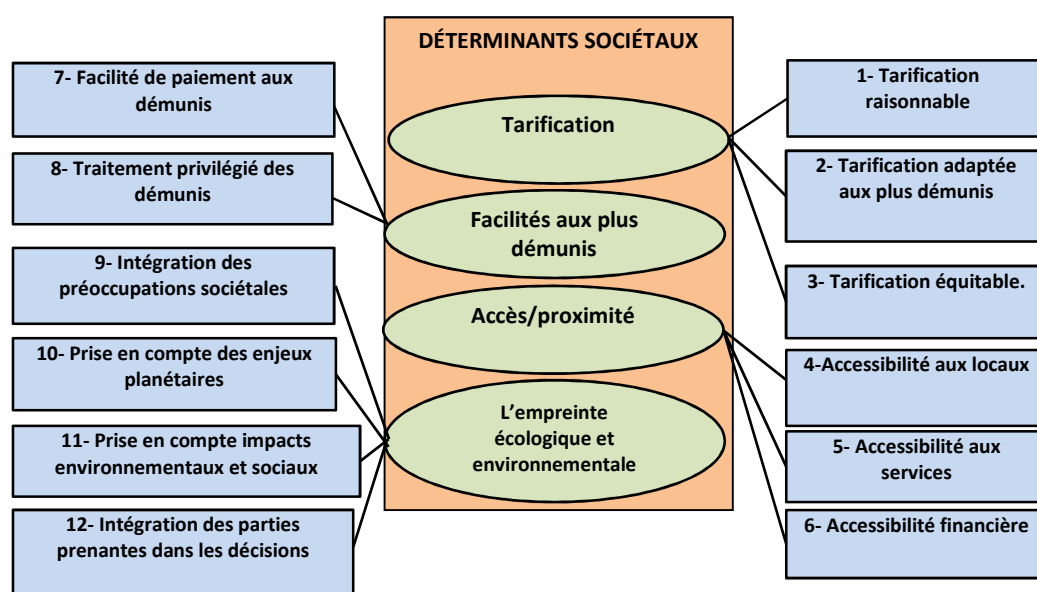


Fig. 4. Items retenus pour mesurer la qualité « sociétale » perçue d'un SPIC

6.1.2 RÉSULTATS DE PURIFICATION APRÈS LA PREMIÈRE COLLECTE

L'étude factorielle réalisée sur les 12 items composant l'échelle de la qualité « sociétale » perçue par les clients des SPIC dans le contexte des SPEA a permis de faire émerger 4 facteurs (valeur propre supérieure à 1), restituant **73,82 %** de l'information.

L'alpha de Cronbach qui est de **0,745** peut être amélioré et conséquemment l'échelle sera plus valide si certains items sont supprimés. En application du principe que plus le coefficient α est élevé, plus la validité est forte, deux items devraient être supprimés. Il s'agit de:

1. L'item n° 7 « Facilité de paiement aux plus démunis » dont la suppression augmentera l'alpha de Cronbach à 0,772 ;
2. et l'item n° 8 « Traitement privilégié des démunis » dont la suppression augmentera l'alpha de Cronbach à 0,766.

Ainsi, après la purification de l'échelle de mesure de la qualité « sociétale », cette étude exploratoire a abouti à l'identification de trois facteurs (dimensions) « sociétaux » de la qualité perçue d'un SPIC dans le contexte des services publics d'eau potable et d'assainissement.

Il en ressort que trois facteurs (Valeur propre ou inertie supérieure à 1) restituent environ **70 %** de l'information. Cela veut dire que ce modèle factoriel explique à **70,30 %** la qualité « sociétale » d'un SPIC d'eau et d'assainissement, et **29,70 %** de ce construit reste inexpliquée par les variables choisies. Il s'agit des dimensions suivantes :

La première dimension se compose des items qui considèrent les enjeux sociaux et environnementaux. C'est pourquoi nous avons qualifié cette dimension de « **l'empreinte sociale et environnementale** ». Quatre items sont corrélés à ce premier facteur : « Prise en compte des impacts environnementaux et sociaux : 0,914 », « Prise en compte des enjeux planétaires : 0,905 », « Intégration des préoccupations sociétales : 0,880 », et « Intégration des parties prenantes dans les décisions : 0,757 ».

Ce premier déterminant du modèle « sociétal » de la qualité perçue explique **54,34 %** de la variance interne. Il représente donc un grand intérêt pour les répondants.

La deuxième dimension réunit des variables se rapportant aux facilités offertes d'accès aux services. L'accès proprement dit est matérialisé par « la généralisation des services publics à tous les citoyens ». Cet item est fortement corrélé à ce deuxième facteur (0,850). Ensuite l'accessibilité aux locaux matérialisée par les services de proximité (0,808). Enfin, et dans une moindre mesure l'accessibilité financière qui pourra prendre des formes de facilités financières pour le paiement des frais de branchement (0,642). Cette deuxième composante explique 17,87 % de la qualité « sociétale » perçue d'un SPIC dans le contexte des SPIC d'eau et d'assainissement.

Enfin, une tarification raisonnable (0,871), équitable (0,858) et adaptée aux plus démunies (0,570) constitue **le troisième déterminant** de « la qualité sociétale » et explique cette dernière à hauteur de 14,23 %.

Le tableau 1 ci-après, reprend d'une manière synthétique la structure factorielle du modèle « sociétal » de la qualité perçue par les usagers d'un SPIC d'eau et d'assainissement.

Tableau 1 : Les déterminants « sociétaux » de la qualité perçue des SPIC dans le contexte des services publics d'eau et d'assainissement

Composantes et variables	Coefficients	Variance en %	
		Réelle *	Interne
Composante 1 : L'empreinte sociale et environnementale		38,20	54,34
Prise en compte des impacts environnementaux et sociaux	,914		
Prise en compte des enjeux planétaires	,905		
Intégration des préoccupations sociétales	,880		
Intégration des parties prenantes dans les décisions	,757		
Composante 2 : L'accès aux services		17,87	25,42
Accès par la généralisation	,850		
Accessibilité aux locaux	,808		
Accessibilité financière	,642		
Composante 3 : Gestion des réclamations		14,23	20,24
Tarification raisonnable	,871		
Tarification équitable	,858		
Tarification adaptée aux plus démunis	,570		
Total		70,30	100

(*) Variance exprimée avant la rotation des composantes.

6.2 RÉSULTAT DE LA PHASE CONFIRMATOIRE.

6.2.1 ÉTUDE DE LA STABILITÉ DE LA STRUCTURE FACTORIELLE DES DÉTERMINANTS SOCIÉTAUX DE LA QUALITÉ PERÇUE D'UN SPIC

Après la collecte des données auprès du deuxième échantillon, une étude factorielle a été réalisée sur les 10 variables composant l'échelle de la qualité sociétale perçue par les clients des SPIC dans le contexte des SPEA. Cette étude a permis également de faire émerger 3 facteurs (valeur propre supérieure à 1), restituant environ 88,76 % de l'information, ce qui nous a permis de confirmer la stabilité de la structure factorielle de l'échelle des déterminants sociaux de la qualité perçue. Le tableau 4 ci-après synthétise la structure factorielle du modèle sociétal de la qualité perçue par les usagers d'un SPIC d'eau et d'assainissement, et ce après la deuxième collecte.

Tableau n° 2 : Les déterminants du modèle sociétal de la qualité perçue d'un SPIC dans le contexte des SPEA (deuxième étude)

Composantes et variables	Coefficients	Variance en %	
		Réelle *	Interne
Composante 1 : L'empreinte sociale et environnementale		39,41	46,95
1. Prise en compte impacts environnementaux et sociaux	0,924		
2. Prise en compte des enjeux planétaires	0,916		
3. Intégration des parties prenantes dans les décisions	0,906		
4. Intégration des préoccupations sociétales	0,897		
Composante 2 : Accès aux services		27,85	33,18
1. Accessibilité aux services	0,967		
2. Accessibilité financière	0,952		
3. Accessibilité aux locaux	0,948		
Composante 3 : Tarification		21,50	25,61
1. Tarification raisonnable	0,951		
2. Tarification adaptée aux plus démunies	0,949		
3. Tarification équitable	0,933		
Total		88,76	100

(*) Variance exprimée avant la rotation des composantes.

Quant à l'étude de la cohérence interne des déterminants du modèle sociétal de la qualité perçue d'un SPIC, et s'agissant d'une ACP, on se limite dans cette étape au test « Alpha » de Cronbach que propose SPSS comme méthode d'analyse de la validité de l'échelle des déterminants de la qualité sociétale.

Les données de la deuxième étude montrent que les déterminants sociétaux de la qualité perçue d'un SPIC dans le contexte des SP d'eau et d'assainissement présentent un Alpha de Cronbach satisfaisant de **0,828** et la suppression d'une seule variable du modèle entrainera la baisse de l'indicateur alpha.

Enfin, les variables mesurant chacun des trois déterminants séparément présentent un alpha de **0,947** pour les variables mesurant « la tarification », **0,962** pour les variables mesurant l'« accès aux services » et **0,935** pour les variables mesurant « l'empreinte environnementale et sociale ». A cet effet, et étant donné que les coefficients de cohérence interne des facteurs sont satisfaisants, on peut conclure que l'échelle utilisée est cohérente et toutes les variables présentes dans l'échelle jouent un rôle dans l'explication du déterminant de la qualité étudié.

6.2.2 RÉSULTATS DE L'ANALYSE FACTORIELLE CONFIRMATOIRE (AFC)

L'analyse factorielle confirmatoire relative au modèle sociétal de la qualité perçue d'un SPIC a été réalisée à partir d'un modèle de trois facteurs résultant de l'étude factorielle. Les résultats de l'AFC du modèle sociétal de la qualité perçue d'un SPIC sont décrits dans la figure 5 suivante :

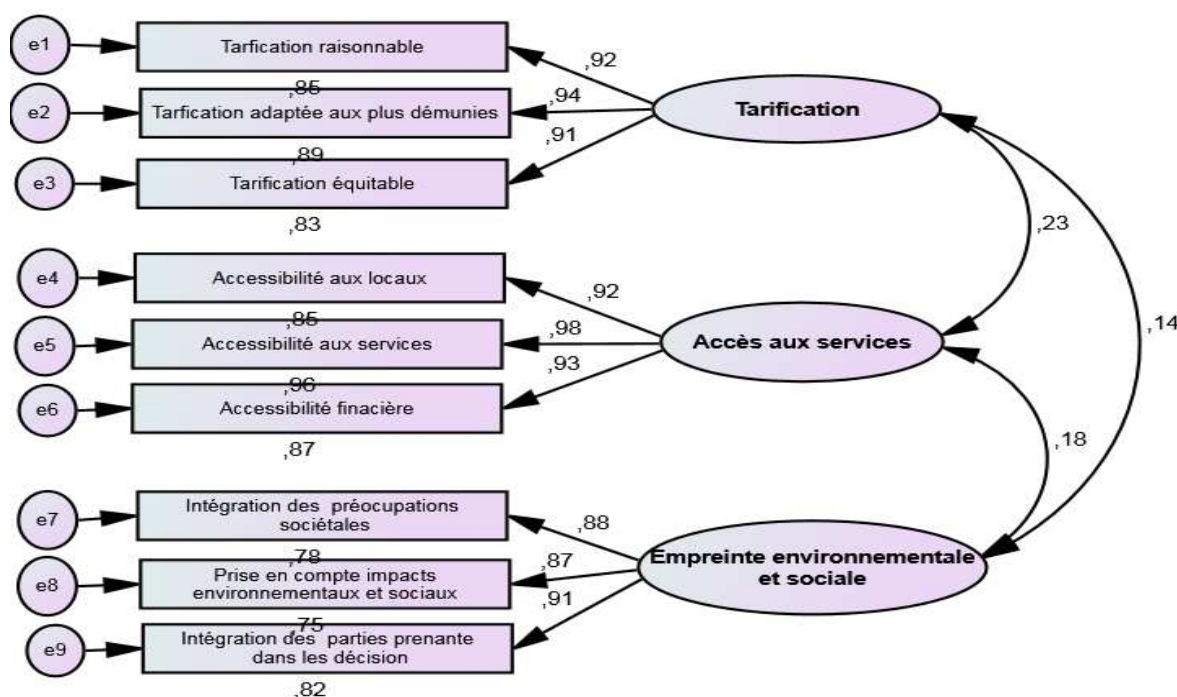


Fig. 5. Résultats de l'AFC du modèle sociétal de la qualité perçue d'un SPIC

Source : SPSS.AMOS.20

Quant à l'évaluation de la qualité de l'ajustement du modèle aux données, elle se présente comme suit :

6.2.3 ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE L'AJUSTEMENT DU MODÈLE GLOBAL

Les indices d'ajustement du modèle aux données sont satisfaisants (CFI = 0.995 ; GFI = 0.973, AGFI = 0.950, RMR = 0.02, RMSEA = 0.044, AIC modèle indépendant = 2867,298 > AIC du modèle = 80,951). Le tableau 6 ci-après, présente les indices retenus pour l'évaluation de la qualité de l'ajustement du modèle global des déterminants sociétaux de la qualité perçue.

Tableau 3 : Évaluation de la qualité de l'ajustement du modèle global

Type d'indice	Indices	Valeurs souhaitées	Valeur du modèle
Indices absolus	χ^2	+ petite possible (voir p associé)	38,951 Probability level = 0,028
	GFI,	> 0.90	0.973
	AGFI,	> 0.90	0.950
	RMR standardisé	< 0.05	0.02
	RMSEA	< 0.08 ou mieux < 0.05	0.044
Indices incrémentaux	NFI	> 0.90	0.986
	CFI	> 0.90	0.995
Indices de parcimonie	χ^2 normé (Rapp. Chi2/dl)	+ petite possible, entre 1, 2-3, voire 5	1.62
	AIC	+ petite possible (comparaison entre AIC modèle indépendant et AIC du modèle)	2867.298 ; 80.951

Quant à la structure factorielle, le tableau 7 suivant montre que la structure factorielle de l'échelle est confirmée : tous les loadings (λ_i) sont satisfaisants ($\lambda_i > 0,7$) et les SMC sont supérieurs à 0,5.

Tableau 4 : Résultats de l'analyse factorielle confirmatoire de l'échelle du modèle sociétal de la qualité perçue à 3 dimensions

		Maximum de vraisemblance		Bootstrap avec maximum de vraisemblance	
		λ_i	SMC	λ_i	SMC
Items		ACCÈS AU SERVICE			
ACCEPROX3	Accessibilité financière	0,935	0,873	0,934	0,873
ACCEPROX2	Accessibilité aux services (généralisation)	0,982	0,965	0,982	0,964
ACCEPROX1	Accessibilité aux locaux	0,924	0,854	0,924	0,855
		TARIFICATION			
TARIF3	Tarification équitable	0,913	0,833	0,913	0,834
TARIF2	Tarification adaptée aux plus démunis	0,945	0,893	0,945	0,894
TARIF1	Tarification raisonnable	0,921	0,848	0,921	0,849
		EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE			
ENVECOLOGIE4	Intégration des parties prenantes dans les décisions	0,908	0,825	0,908	0,825
ENVECOLOGIE3	Prise en compte impacts environnementaux et sociaux	0,868	0,754	0,868	0,754
ENVECOLOGIE1	Intégration des préoccupations sociétales	0,881	0,776	0,882	0,778

6.2.3.1 ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE L'AJUSTEMENT DU MODÈLE DE MESURE

En sus de l'ajustement aux données, le modèle de mesure a fait l'objet des évaluations psychométriques usuelles : étude de fiabilité et de fidélité.

A : Étude de la fiabilité des construits

Les coefficients ρ de Joreskog sont de **0,916** pour la dimension « empreinte sociale et environnementale », **0,963** pour la dimension « accès aux services » et **0,948** pour la dimension « tarification ». On considère que la fiabilité du construit est bonne si $\rho > 0,7$ ou 0,8 (suivant les auteurs) (Roussel et al (2002)). Donc la cohérence interne de l'outil de mesure est établie.

Tableau 5 : Étude de la fiabilité des dimensions du modèle réglementaire de la qualité perçue d'un SPIC (ρ de Joreskog)

	Empreinte sociale et environnementale	Accès aux services	Tarification
ρ de Joreskog	0,916	0,963	0,948

B : Étude de la validité des construits

Le tableau 9 suivant présente les résultats concernant la validité convergente et la validité discriminante des facteurs au sens de [27].

Tableau 6: Validité de construit des dimensions du modèle sociétal de la qualité perçue d'un SPIC à trois dimensions

	Empreinte sociale et environnementale	Accès aux services	Tarification
pVC de Joreskog	0,897	0,858	0,785
R²ij : Empreinte sociale et environnementale	1		
R²ij : Accès aux services	0,031	1	
R²ij : Tarification	0,0196	0,052	1

Les validités convergente et discriminante des facteurs du modèle sociétal de la qualité perçue par les clients des SPIC sont vérifiées. En effet, chaque construit partage plus de **50 %** de variance avec ses mesures (**pvc>0,5**) et il partage plus de variances avec ses mesures qu'avec les autres construits.

En ce qui concerne la validité de contenu, la procédure poursuivie pour le développement des items, à travers l'étude qualitative et la consultation des experts dans le domaine des SPIC, nous permet de considérer la validité de contenu des facettes sociétales de la qualité perçue d'un SPIC.

6.2.3.2 ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE L'AJUSTEMENT DU MODÈLE STRUCTUREL ET TEST DES HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

L'évaluation de la qualité de l'ajustement du modèle structurel nous permet de tester les liens de causalité entre les variables latentes du modèle. C'est-à-dire tester la relation entre les déterminants sociétaux de la qualité perçue d'un SPIC et la satisfaction. Dans cette recherche, et à titre de rappel, l'hypothèse à tester est la suivante:

H_g : les déterminants sociétaux de la qualité perçue d'un SPIC influencent positivement la satisfaction.

H₁ : « **L'empreinte sociale et environnementale** » influence positivement la satisfaction ;

H₂ : « **L'accès aux services** » influence positivement la satisfaction ;

H₃ : « **La tarification** » influence positivement la satisfaction.

La modélisation par équations structurelles permet de vérifier si les régressions mises en évidence entre les variables latentes correspondent à des liens de causalité significatifs tout en tenant compte des erreurs de mesure. Il s'agit de vérifier que les relations entre variables latentes **sont bien non nulles**, et que le rapport : $CR = \frac{Estimate}{Standard\ Error\ (SE)}$ qui est identique au test de Student est au moins supérieur à 1.96 pour qu'on ait une relation significative. La significativité du coefficient CR engendre un $P < 0.05$ (p-value) : C'est la probabilité que les variables considérées ne soient pas liées significativement. Plus la P-value est petite, plus il est incontestable que les variables sont liées. Par convention, on se fixe souvent le seuil de 5 %. Donc si la P-value est inférieure à 0,05, on peut dire avec pas trop de chances de se tromper que les variables sont liées.

Ainsi, la figure 6 ci-dessous, explique la variable latente endogène « la satisfaction » en fonction des variables latentes exogènes « L'empreinte sociale et environnementale », « L'accès aux services » et « La tarification ».

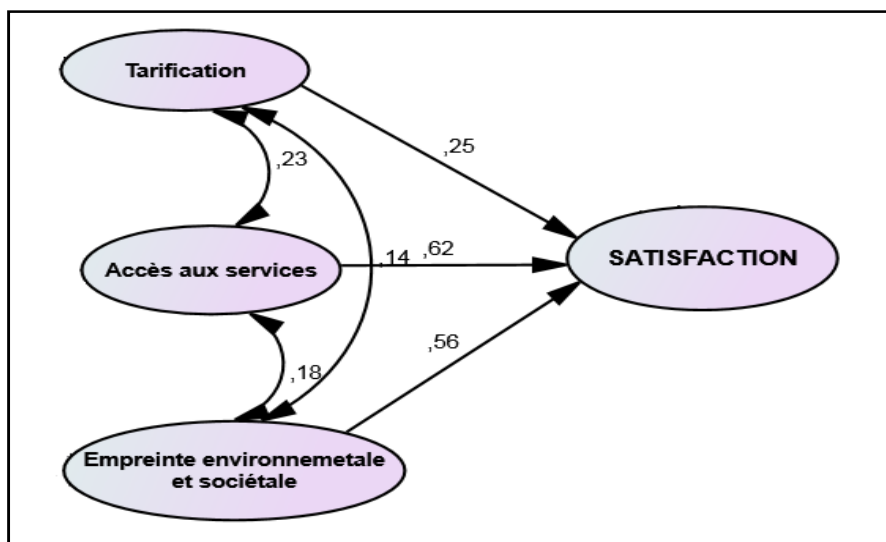


Fig. 6. Lien de causalité - modèle sociétal de la qualité perçue → satisfaction

Les relations entre :

« L’empreinte sociale et environnementale » ► « la satisfaction » ;

« L’accès aux services » ► « la satisfaction » ;

« La tarification » ► « la satisfaction » ;

sont bien non nulles.

En outre, le tableau 10 ci-après, montre que les coefficients de régression (*Estimate*) sont bien non nuls et tous les rapports $\frac{\text{Estimate}}{\text{Standard Error (SE)}}$ sont significatifs (rapport >1,96).

À cet effet, nous pouvons conclure que nos hypothèses de recherche sont validées :

H₃ : les déterminants du modèle sociétal de la qualité perçue influencent positivement la satisfaction. Validée

H₃₁ : « L’empreinte sociale et environnementale » influence positivement la satisfaction ; Validée

H₃₂ : « L’accès aux services » influence positivement la satisfaction ; Validée

H₃₃ : « La tarification » influence positivement la satisfaction ; Validée

Tableau 7: Test de significativité de la relation causale entre les déterminants sociétaux de la qualité perçue d’un SPIC et la satisfaction

RELATIONS TESTÉES		Estimate	S.E ⁽¹⁾	C.R ⁽²⁾	P ⁽³⁾	Label
SATISF	Empreinte_environnementale_sociale	0,258	0,027	9,642	***	par_7
SATISF	Tarif	0,123	0,025	4,875	***	par_8
SATISF	ACCES_SERVICE	0,310	0,029	10,859	***	par_10

NB : ***=très significatif

1- S.E. : L’erreur standard (en anglais Standard Error)

2- C.R. = Estimate/S.E

3- P (p-value).

7 APPORTS, LIMITES ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE

La principale contribution académique de cette recherche c’est le prolongement et l’enrichissement qu’elle porte pour la conceptualisation de la RSE comme dimension influençant la satisfaction des usagers/client des SPIC. Quant à la contribution managériale, cette recherche renseigne les managers des SPIC, opérateurs ou organisateur, sur les dimensions à observer dans la définition des démarches qualité à bon escient. Aussi l’atténuation des sentiments d’insatisfaction accapare plus que

jamais les managers publics. De fait, cette recherche informe ces managers sur les déterminants qui peuvent contribuer à l'atténuation de ce sentiment.

Toutefois, cette recherche se heurte à des limites dont la principale se rapporte à la taille et la structure de notre échantillon. Les personnes qui ont accepté de donner suite au questionnaire ne représentent pas l'ensemble de la population. Nous ne pouvons pas avoir un échantillon représentatif de toutes les catégories de la clientèle des SPIC étudiés. Nous nous sommes limités aux questionnaires remplis d'une manière exploitable et récupérés auprès de la clientèle des SPIC dans les villes objet de l'étude. Toutefois, le caractère non représentatif de notre échantillon, bien qu'il constitue une limite à cette recherche, il n'est pas rédhibitoire quant à sa validité. En effet, l'objet de cette recherche n'est pas d'établir une norme ou de généraliser les résultats à toute la population, mais il s'agit bien de comprendre les déterminants de la qualité perçue des SPIC et de construire une échelle les reflétant, tout en veillant aux qualités psychométriques de l'échelle et la solidité théorique des résultats.

Aussi une autre limite se rapportant au choix des SPIC. En fait, bien que nous ayons veillé à ce que les SPIC étudiés soient représentatifs de la catégorie des SPIC, ce choix peut présenter une limite à cette recherche qui tient à la représentativité de ces services par rapport à la typologie des autres SPIC tels que le transport, l'électricité... À cet effet, l'étude de la qualité perçue des SPIC d'eau et d'assainissement pourra négliger d'autres relations de services publics remettant ainsi en cause la validité externe du modèle.

Enfin, bien que cette recherche nous ait permis d'atteindre nos objectifs, ses limites suggèrent un certain nombre de prolongements de la recherche. Il s'agit d'étudier la validité externe du modèle développé, étudier la qualité perçue des SPIC en fonction de leurs modes de gestion, l'enrichissement du modèle par d'autres variables latentes...

REFERENCES

- [1] Lozano J., Blanco E. et Rey-Maqueira, J., "Can ecolabels survive in the long run? The role of initial conditions." *Ecological Economics*, vol 69, no12, pp.2525-2534, 2010.
- [2] Baccouche Y. et Gherib J., "Les perceptions managériales et les pratiques de la Responsabilité Sociétale des Entreprises dans les entreprises familiales : cas des PME tunisiennes," 7^{ème} congrès du Réseau international de recherche sur les organisations et le développement durable (RIODD), Nantes, 21 et 22 mai, 2012.
- [3] Capron M., "L'ISO 26000 : vers une convergence des normes sociales". 6^{ème} Congrès du Réseau International de Recherche sur les Organisations et le Développement Durable (RIODD), 16-17 juin, Luxembourg, 2011.
- [4] Stevens E. Mauléon F., "Le Marketing peut-il contribuer à l'investissement socialement responsable ?," 7^{ème} Congrès du Réseau International de recherche sur les Organisations et le Développement Durable (RIODD), 22 et 23 mai, Nantes, 2012
- [5] Lapeyre A., "Comment une entreprise peut-elle tirer avantage de ses discours sociétaux ? Proposition et validation d'un modèle conceptuel", *Actes du 25^{ème} congrès de l'AFM*, Londres, 14 et 15 mai, 2009.
- [6] Kotler P. et Dubois B., *Marketing Management*, Publi Union, Paris, 1977.
- [7] Maignan I., Ferrell O.C. et Ferrell L., "A stakeholder model for implementing social responsibility in marketing," *European Journal of Marketing*, Vol 39, no 9-10, pp. 956-977, 2005.
- [8] Arendt S. et Brettel M., "Understanding the influence of corporate social responsibility on corporate identity, image and firm performance," *Management Decision*, vol 48, no 10, pp. 1469-1492, 2010.
- [9] Alniacik U., Alniacik E. et Genc N. "How corporate social responsibility information influences stakeholders' intentions," *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 18, pp. 234-245, 2011.
- [10] Vaaland T. I., Heide M. et Kjell G., "Corporate social responsibility: investigating theory and research in the marketing context," *European Journal of Marketing*, vol 42, no 9-10, pp. 927-953, 2008.
- [11] Sureshchandar G.S., Chandrasekharan R. et Anantharaman R.N., "The relationship between service quality and customer satisfaction: a factor specific approach," *Journal of Services Marketing*, vol 16, no 4, pp. 363-379, 2002
- [12] Jayesh P. A. et Renuka G., "Measuring perceived service quality for public hospitals (PubHosQual) in the Indian context," *International Journal of Pharmaceutical and Healthcare Marketing*, Vol 4, no 1, pp. 60-83, 2010.
- [13] Gammoudi L., *Proposition d'un modèle d'évaluation du client, de la défaillance et de la réparation : Une application dans le domaine des services aux PME*. Thèse de doctorat en ès sciences de gestion de l'université de paris X- Nanterre, École doctorale : Économie, organisations, société, 2009.
- [14] Oliver R.L., "A cognitive model of the antecedents and consequences of satisfaction decisions," *Journal of Marketing Research*, vol 17, no 4, pp. 460-469, 1980.
- [15] Oliver R.L., "Measurement and evaluation of satisfaction processes in retail settings," *Journal of Retailing*, vol 57, no 3, pp. 49-68, 1981.

- [16] Bitner M.J., "Evaluating service encounters: the effects of physical surroundings and employee responses," *Journal of Marketing*, vol 54, no 2, pp. 69-82, 1990.
- [17] Bolton W. et Drew J.H., "A multistage model of customers' assessment of service quality and value," *Journal of Consumer Research*, vol 17, no 4, pp. 375-384, 1991.
- [18] Parasuraman A., Zeithaml V.A. et Berry, L.L., "SERVQUAL: a multiple item scale for measuring consumer perceptions of service quality", *Journal of Retailing*, vol. 64, no.1, pp. 12-40, 1988.
- [19] Cronin J.J. et Taylor S.A., "Measuring service quality : a reexamination and extension," *Journal of Marketing*, vol 56, no 3, pp. 55-68, 1992.
- [20] Gotlieb J.B., Grewal D. et Brown S.W., "Consumer satisfaction and perceived quality: complementary or divergent constructs?" *Journal of Applied Psychology*, vol 79, no 6, pp. 875-885, 1994.
- [21] Bastos J.A.R. et Gallego P.M., "Pharmacies customer satisfaction and loyalty: À framework analysis" *Journal of marketing*. Université de Salamanca, 2008.
- [22] Jahanshahi A., Gashti M.A., Mirdamadi S.A.H., Nawaser K.A, et Khaksar S.M.S., "Study the Effects of Customer Service and Product Quality on Customer Satisfaction and Loyalty," *International Journal of Humanities and Social Science*, vol 1,no 7,pp. 253-260, 2011.
- [23] Bolton R.N. et Drew J.H., *Linking customer satisfaction to service operations and outcomes*, In Rust R.T. et Oliver R.L. (dir.). *Service Quality: New Directions in Theory and Practice*, Newbury Park, CA : Sage Publications, pp. 173-200, 1994.
- [24] Teas R.K., "Expectations, performance evaluation, and consumers' perceptions of quality". *Journal of Marketing*, vol 57, no 4, pp.18-34, 1993.
- [25] Spreng R.A. et Mackoy R.D., "An empirical examination of a model of perceived service quality and satisfaction," *Journal of retailing*, vol 72, no 2, pp. 201-214, 1996
- [26] Llosa S., *Contribution à l'étude de la satisfaction dans les services*, Thèse de Doctorat nouveau régime ès sciences de gestion, Université de Droit, Economie et des Sciences d'Aix-Marseille, Institut d'Administration des Entreprises, 1996.
- [27] Fornell C. et Larcker D.F., "Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error," *Journal of Marketing Research*, 18(fév.), pp. 39-50, 1981.

FACTEURS DE RISQUE ASSOCIES AUX STATUTS HEMATOLOGIQUE ET MARTIAL CHEZ LES ADOLESCENTS EN COTE D'IVOIRE

[RISK FACTORS WITH HAEMATOLOGICAL AND MARTIAL STATUS AMONG ADOLESCENTS IN COTE D'IVOIRE]

Virginie Atto¹, Anthelme Semi Nene Bi¹, Stanislas Ouga Zahui¹, Yaya Tianga Soro¹, F. Jacques Datté Yao², and Paul Angoué Yapo³

¹Laboratoire de Physiologie, Pharmacologie, Unité de Formation et de Recherche Biosciences, Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY, Côte d'Ivoire

²Laboratoire de Nutrition et de Pharmacologie, Unité de Formation et de Recherche Biosciences, Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY, Côte d'Ivoire

³Laboratoire de Physiologie, Pharmacologie et Pharmacopée, Unité de Formation et de Recherche Sciences de la Nature, Université Nangui – Abrogoua, 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: In Côte d'Ivoire, very few studies are devoted to link environmental factors and the different components of the iron status. This study aims to determine the impact of socio-demographic and anthropometric parameters iron deficiency and types of anemia in adolescents aged 12 to 18 apparently healthy living in Abidjan (Côte d'Ivoire). Eight hundred and forty-seven (847) adolescents enrolled in three municipalities of Abidjan, blood samples were carried out for determination of the main biological parameters of hematological and iron status. In this context, socio-demographic factors such as the number of rooms of housing, household size, the settlement index and the level of instruction of the subject were explored to predict the behavior of hematological and iron status of selected adolescents. Our results show that The prevalence of anemia (40.85 %) and abnormal iron status (74.6%) are high in the study population. This abnormal iron status includes high prevalence of iron deficiency (33.9%) and iron deficiency anemia (30%). The associations between types of anemia, iron deficiency and anthropometric and sociodemographic factors considered revealed that the settlement index is the predictor highly related to the behavior of iron and therefore the abnormal hematologic status while corpulence does not influence these statuses.

KEYWORDS: anemia, iron deficiency, demographic and anthropometric parameters.

RESUME: En Côte d'Ivoire, très peu d'études mettre en relation facteurs environnementaux et les différentes composantes du statut en fer. La présente étude a pour but de déterminer l'impact des paramètres sociodémographiques et anthropométriques sur la carence en fer et les types d'anémies chez des adolescents âgés de 12 à 18 ans apparemment sains vivants à Abidjan (Côte d'Ivoire). Sur 847 adolescents volontaires recrutés dans trois communes de la ville d'Abidjan des prélèvements sanguins ont été effectués permettant la détermination des principaux paramètres biologiques des statuts hématologique et martial. De plus, des facteurs sociodémographiques tels le nombre de pièces du logement, la taille du ménage, l'indice de peuplement et le niveau d'instruction du sujet ont été explorés afin de prédire le comportement de ces statuts chez les adolescents sélectionnés. Nos résultats montrent que les prévalences de l'anémie (40,85 %) et du statut martial anormal (74,6 %) sont élevées au niveau de la population d'étude. Ce statut anormal en fer comprend de fortes prévalences de carence martiale (33,9 %) et d'anémie ferriprive (30 %). Les associations entre types d'anémies, carence en

fer et les facteurs sociodémographiques et anthropométriques pris en compte ont révélé une bonne corrélation entre indice de peuplement et statuts hématologique et martial anormaux tandis que la corpulence n'influence pas ces statuts.

MOTS-CLEFS: anémies, carence martiale, paramètres sociodémographiques et anthropométriques.

1 INTRODUCTION

La carence en fer constitue un des principaux problèmes nutritionnels dans le monde [1], [2]. Elle est selon plusieurs études la principale cause d'anémie et concernerait quatre à cinq milliards de personnes selon les tranches d'âge. Les couches de populations les plus vulnérables sont les enfants, les adolescents et les femmes en âge de procréer notamment les femmes enceintes [3], [4].

Le fer est un micronutriment essentiel aux nombreuses fonctions biologiques. Il est présent dans l'organisme en très petite quantité et son apport se fait essentiellement par l'alimentation. Dans les pays en développement, la biodisponibilité du fer [5] et certains syndromes infectieux et inflammatoires [6] exposent les populations au déficit en fer (60 - 80 %). En plus de ces facteurs, il existe des facteurs environnementaux, culturels et socioéconomiques qui pourraient expliquer les inégalités dans la survenue de ce déficit [7]. Le déficit martial s'aggrave avec l'âge et l'état physiologique des populations [8]. Les adolescents dont les besoins élevés en fer et la croissance est toujours en cours, constituent une couche à risque [9]. Le déficit en fer a des conséquences dramatiques sur l'immunité, la résistance aux infections, la capacité physique à l'effort et surtout les performances intellectuelles [10], [11].

En Côte d'Ivoire, plusieurs études sur le métabolisme du fer ont été consacrées à l'exploration du statut martial dans plusieurs franges de la population permettant un dépistage précoce de la carence en fer et des anémies [13], [14], [15]. A l'inverse, les études de cet ordre mettant en relation facteurs environnementaux, carence martial et types d'anémies sont quasi inexistantes. C'est pourquoi, cette étude vise à déterminer l'impact des paramètres sociodémographiques et anthropométriques sur les composantes du statut en fer chez des adolescents âgés de 12 à 18 ans apparemment sains vivants à Abidjan (Côte d'Ivoire). Dans ce cadre, des facteurs sociodémographiques ont été explorés afin de prédire le comportement des statuts hématologique et martial des adolescents sélectionnés.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 SITES ET SUJETS D'ÉTUDE

Les sujets de l'étude sont des adolescents tous sexes confondus, dont l'âge moyen est de $14,6 \pm 0,1$ ans avec des extrêmes de 12 et 18 ans. Cette étude s'est déroulée sur une période allant d'octobre 2008 à septembre 2009. Ces adolescents ont été recrutés dans les établissements primaires, secondaires et certains locaux des centres d'écoute de trois communes de la ville d'Abidjan : Abobo, Adjamé et Yopougon. Ce groupe d'adolescents volontaires appartenait à des couches sociales diverses. Pour la sélection des sujets, un ensemble de critères comportant des signes cliniques et biologiques ont permis d'exclure et d'inclure des sujets pour le besoin de nos investigations. Il s'est agi de tout état de grossesse, d'inflammation, de complications gynécologiques, digestives et surtout hématologiques dans les trois mois précédant l'étude. Parmi les 943 volontaires inclus, nous n'avons retenu que 847 répartis comme suit 436 adolescents de sexe masculin soit 51,5 % et 411 de sexe féminin soit 48,5 %. Les sujets de sexe masculin ont prédominé avec un sexe ratio de 1,1.

2.2 COLLECTE DES DONNEES SOCIO DEMOGRAPHIQUES ET ANTHROPOMETRIQUES

La collecte des données socio démographiques de cette étude s'est faite à partir d'un questionnaire adressé aux adolescents avec le consentement libre et éclairé des parents, suite à une explication de l'intérêt de l'étude. Ces facteurs sont identifiés par : le nombre de pièces du logement, la taille du ménage, l'indice de peuplement et le niveau d'instruction du sujet. L'indice de peuplement est le rapport entre la taille du ménage et le nombre de pièces à usage d'habitation. Ainsi un ménage est dit sous-peuplé si son indice est inférieur à un ou surpeuplé s'il est supérieur trois. Il est normalement peuplé quand le nombre de personnes par pièce est de deux ou trois (Dubois et Blaizeau, 1990).

Pour ce qui concerne le niveau d'instruction, la majorité des sujets est scolarisée 94,9 % contre 5,1 % de non scolarisés et déscolarisés. Par ailleurs, plus de la moitié 54,8 % des adolescents de l'étude appartenaient à des ménages surpeuplés alors que 45,2 % vivaient dans des ménages normalement peuplés.

Les mesures des données anthropométriques quant à elles, ont été basées sur la méthode normalisée de l'OMS. Le poids corporel a été mesuré avec précision de 0,1 kg près sur une balance et la taille de 0,1 cm le plus proche avec une toise à bras mobile de barre d'acier. Le statut pondéral des adolescents a été établi sur la base de l'indice de masse corporelle (IMC). $IMC (Kg.m^{-2}) = Masse\ du\ sujet\ (Kg) / [Taille\ du\ sujet\ (m)]^2$ (UN.I.C.E.F. / W.H.O., 1999). La valeur moyenne de l'indice de masse corporelle (IMC) a été de $18,6 \pm 0,1\ Kg/m^2$ pour la population totale. Dans ce groupe 85,4 % avaient un IMC normal contre 14,6 % au statut pondéral anormal (Tableau 1).

Tableau 1 : Caractéristiques anthropométriques et sociodémographiques de la population d'étude

Variables	Population totale (N = 847)		Garçons (N = 436)		Filles (N = 411)	
	%	n	%	n	%	n
Age (ans)	$14,63 \pm 0,1$		$14,9 \pm 0,1$		$14,35 \pm 0,1$	
Poids (Kg)	$46,32 \pm 0,5$		$46,78 \pm 0,7$		$45,82 \pm 0,6$	
Taille (m)	$1,56 \pm 0,004$		$1,58 \pm 0,007$		$1,54 \pm 0,005$	
IMC ($Kg.m^{-2}$)	$18,58 \pm 0,1$		$18,21 \pm 0,2$		$18,97 \pm 0,2$	
Normal	85,36	723	84,17	367	86,62	356
Anormal	14,64	124	15,83	69	13,38	55
Instruction du sujet						
Scolarisé	94,92	804	94,5	412	97,08	399
Autres	5,08	43	5,5	24	2,92	12
Indice de peuplement						
Normal	45,22	383	46,56	203	43,8	180
Surpeuplé	54,78	464	53,44	233	56,2	231

N : Effectifs de chaque groupe de sujets ; n : effectif des sujets pour les modalités des variables explorées, % Proportion des sujets ; en gras : valeurs moyenne associées à l'erreur standard ; IMC : indice de masse corporelle

2.3 PRELEVEMENT SANGUIN ET DOSAGES DES PARAMETRES BIOLOGIQUES DU STATUT EN FER

Chez chacun des adolescents, un prélèvement de sang par ponction veineuse franche au pli du coude a été effectué à jeun le matin entre 7 et 9 heures dans deux types de tubes de 5 ml chacun. Le premier tube qui contient un anticoagulant, l'Ethyle Diamine Tétra Acétique (EDTA) a servi à déterminer des valeurs de la numération globulaire et des indices érythrocytaires par l'analyseur automatique d'hématologie « Sysmex KX-21N » (Sysmex Corporation 1-5-1, Wakinohama – Kaigandori, Chuo-Ku kobe 651-0073, Japon). L'anémie a été définie chez les adolescents selon les critères de l'OMS par un taux d'hémoglobine inférieur à 12 g/dl. Le second tube (tube sec), a été utilisé pour le dosage de la concentration sérique du fer par méthode colorimétrique et pour la détermination des concentrations sériques de transferrine et de ferritine par méthode immunoturbidimétrique grâce à l'automate Konelab 20XT (Thermo Electron Oy / Clinical Chemistry of automation, Fi – 0121 Vantaa 9515 / Cergy – Pontiose cedex Finlande / France).

2.4 APPRECIATION DES COMPOSANTES DU STATUT EN FER

Pour mieux apprécier les paramètres de nos analyses biologiques, des critères conventionnels ont été retenus. Ils ont associé les recommandations des organisations internationales (OMS), de la Société Française de Biologie Clinique (SFBC/France), de la Société Française d'Hématologie et de la Société de Nutrition et de Diététique de Langue Française (France) (Vernet–Nyssen, 1981 ; UNICEF/UNU/WHO, 2001 ; SNDLF, 2001 ; WHO/CDCP, 2004).

2.5 EXPLOITATION STATISTIQUES DES RÉSULTATS

Les données de l'étude ont fait l'objet d'une analyse statistique permettant d'exprimer les résultats sous la forme des moyennes associées à l'erreur standard sur la moyenne (ESM) avec un intervalle de confiance de 95 %. Le test « loglikelihood ratio ou test G est effectué par le programme statistique R software version 2.1.1 windows, pour la comparaison des différentes proportions. Pour évaluer le degré d'association entre les taux de prévalence de la carence martiale, des types d'anémie et des paramètres sociodémographiques, l'analyse de régression logistique a été utilisée pour déterminer les rapports de côte ou odds ratios (OR) avec le logiciel statistica version windows 6 0 (statsoft, data analysis software system). Une significativité des analyses est définie pour un seuil de probabilité p inférieure 5 %.

ETHIQUE

La mesure des paramètres hématologiques et biochimiques des prélèvements des sujets a été réalisée au laboratoire d'analyses médicales et de Recherches Biologiques de l'Institut National de Santé Publique (INSP) de Côte d'Ivoire. Cette étude a été approuvée par le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique et le Ministère de Santé et de la Population de la République de Côte d'Ivoire.

3 RESULTATS

3.1 PREVALENCE DES PRINCIPAUX PARAMETRES BIOCHIMIQUES DU STATUT EN FER

Cette étude a montré que les paramètres érythrocytaires ont été les plus perturbés au niveau du statut hématologique. L'anémie, la microcytose et l'hypochromie observées respectivement chez 40,85 % ; 44,39 % et 60,33 % des adolescents, ont constitué les perturbations érythrocytaires les plus fréquentes. En ce qui concerne la distribution des paramètres biochimiques du statut en fer, la majorité des adolescents d'étude ont leur valeur de transferrine, fer sérique et de CST dans les limites physiologiques soit respectivement 88,78 % ; 85,83 % ; 66,35 %. A l'inverse une hypoferritinémie est observé chez 75,68 % de la population d'étude (Tableau 2).

L'analyse des indicateurs biologiques du statut martial à partir des variables hématologiques (taux d'hémoglobine, VGM, TCMH) et celles biochimiques (fer, ferritine, transferrine, CTF et CST) a permis de déterminer les taux de prévalence de la carence en fer et des anémies. A ce sujet, 25,4 % des sujets ont présenté un statut martial normal. Le statut anormal est composé respectivement de 33,9 % de carence martiale, de 30 % d'anémie ferriprive, de 10,7 % d'anémie inflammatoire. La carence martiale et l'anémie ferriprive ont largement été élevées comparativement à l'anémie inflammatoire. De plus le typage de l'anémie sur la base des indices érythrocytaires chez les adolescents anémiques, a montré que l'anémie microcytaire hypochrome (AMH) a prédominé dans la population étudiée soit 56,36 % (195 cas). En outre nous avons noté 76 cas (21,96 %) d'anémie normocytaire normochrome (ANN) et 70 cas (20,23 %) d'anémie normocytaire hypochrome (ANH) (Tableau 3).

Tableau 2 : Distribution des proportions des principaux paramètres biologiques du statut en fer

Paramètres biologiques	Paramètres hématologiques			Paramètres biochimiques			
	Hb	VGM	TCMH	Ferritine	Fersérique	Transferrine	CST
Moyenne± ESM	13.06 ± 0.1	86,1 ± 0,4	33,7 ± 0,1	19,71 ± 0,4	1 ± 0,4	2,79 ± 0,02	29,4 ± 0,4
Proportion (%)							
Bas	40,85 (346)	44,39 (376)	60,31 (511)	75,68 (639)	10,27 (87)	6,85 (58)	13,70 (116)
Normal	57,38 (486)	55,61 (471)	39,67 (336)	24,32 (208)	85,83(727)	88,43(749)	66,35 (562)
Haut	1,77 (15)	-	-	-	3,90 (33)	4,72 (40)	19,95 (169)

Hb : Hémoglobine, VGM : Volume globulaire moyen, CCMH : Concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine ; CST : coefficient de saturation de la transferrine par le fer

Tableau 3 : Prévalences des types d'anémie et des composantes du statut en fer

Paramètres	Type d'anémie			Statut Martial (SM)			
	AMH	ANH	ANN	SMN	SMA		
					CM	AF	AI
Pourcentage (%)	56,36	20,23	21,96	25,38	33,88	30	10,74
Effectif	195	70	76	215	287	254	91

AMH : anémie microcytaire hypochrome ; ANH : anémie normocytaire hypochrome ; ANN : anémie normocytaire normochrome. ; SMN : Statut martial normal ; SMA : Statut marial anormal ; CM : Carence martiale. AF : Anémie ferriprive ; AI : Anémie inflammatoire

3.2 ASSOCIATION FACTEURS DE RISQUE ET STATUTS HEMATOLOGIQUE ET MARTIAL

3.2.1 FACTEURS DE RISQUES ASSOCIES AU STATUT HEMATOLOGIQUE

Notre étude a montré que les paramètres érythrocytaires ont été les plus perturbés au niveau du statut hématologique anormal. Partant de ce fait, des analyses sont effectuées en vue d'établir, d'une part des comparaisons entre les proportions

de l'anémie en général et les facteurs de risque, et d'autre part comparer ces facteurs avec les types d'anémies obtenus à partir de la variation des paramètres érythrocytaires. Les résultats de l'étude de comparaison de l'anémie avec les paramètres démographiques présentés dans le Tableau 4 montrent que l'indice de peuplement a été un paramètre sociodémographique qui a significativement favorisé le statut hématologique anormal chez l'ensemble des adolescents de notre étude et selon le sexe ($p < 0,05$). Ainsi, les adolescents qui vivaient dans un ménage surpeuplé, ont été 0,6 fois plus susceptibles de présenter un statut hématologique anormal. Les adolescents avec 65,79 % d'anémie dans les conditions de surpeuplement, étaient 0,46 fois concernés par l'anémie que les adolescentes qui l'ont été 0,89 fois. L'analyse des paramètres démographiques selon les types d'anémies obtenues par variation des paramètres érythrocytaires a révélé qu'aucun facteur n'a constitué un prédicteur de ces types d'anémies. L'anémie microcytaire hypochrome (AMH), l'anémie normocytaire hypochrome (ANH) et l'anémie normocytaire normochrome (ANN) sont répandues de façon homogène, quelles que soient les modalités des paramètres sociodémographiques et anthropométriques (Tableau 5). Ce résultat est aussi observé au niveau du statut hématologique normal.

Tableau 4 : Corrélations (odd ratio) entre anémie et caractéristiques sociodémographiques selon le sexe et l'ensemble des sujets

Variables	Population totale (N = 847)		Garçons (N = 436)		Filles (N = 411)				
	% (n)	p (346)	OR (IC)	% (n)	p (152)	OR (IC)	% (n)	p (194)	OR (IC)
IMC									
Normal	83,82 (290)	0,3	0,81 (0,5-1,2)	80,92 (123)	0,2	0,70(0,4-1,2)	86,08 (167)	0,8	0,92 (0,5-1,6)
Anormal	16,18 (56)			19,08 (29)			13,92 (27)		
Instruction du sujet									
Scolarisé	93,06 (322)	0,05	0,53 (0,3-0,9)	92,11 (140)	0,1	0,51 (0,2-1,2)	93,8 (182)	0,05	0,03(0,0020,6)
Autres	(24)			7,89 (12)			6,19 (22)		
Indice de peuplement									
Normal	38,73(134)	0,002*	0,64 (0,5-0,9)	34,21(52)	0,002*	0,46 (0,3-0,7)	42,27 (82)	0,6	0,89 (0,6-1,3)
Surpeuplé	61,27 (212)			65,79 (100)			57,73 (112)		

N : Effectifs de chaque groupe de sujets ; n effectifs des adolescents anémiques dans chaque groupe ; % Proportion des sujets ; IC : Intervalle de Confiance à 95 % ; * : Différence statistiquement significative ($p < 0,05$) ; IMC : indice de masse corporelle.

Tableau 5 : Corrélations (odd ratio) entre types d'anémie sur la base des indices érythrocytaires et caractéristiques sociodémographiques

Variables	AMH (N = 195)		ANH (N = 70)		ANN (N = 76)				
	% (n)	p	OR (IC)	% (n)	p	OR (IC)	% (n)	p	OR (IC)
IMC									
Normal	82,05 (160)	0,4	0,74 (0,4-1,3)	80 (56)	0,4	0,72 (0,4-1,4)	90,79 (69)	0,08	2,19 (1-5,1)
Anormal	17,95 (35)			20 (14)			9,21 (7)		
Instruction du sujet									
Scolarisé									
Autres	94,87 (185)	0,1	1,89 (0,4-4,4)	85,71 (60)	0,05	0,32 (0,1-0,8)	97,37 (74)	0,1	32,8 (0,8-14,3)
	5,13 (10)			14,29 (10)			2,63 (2)		
Indice de peuplement									
Normal	37,44 (73)	0,6	0,88 (0,6-1,4)	47,14(33)	0,1	1,55 (0,93-2,6)	34,21 (26)	0,4	0,78 (0,5-1,3)
Surpeuplé	62,56 (122)			52,86 (37)			65,79 (50)		

N : Effectifs de chaque groupe de sujets ; n effectifs des adolescents anémiques dans chaque groupe ; % Proportion des sujets ; IMC : indice de masse corporelle ; IC : Intervalle de Confiance à 95 %. * : Différence statistiquement significative ; OR : odd ratio AMH : anémie microcytaire hypochrome ; ANH : anémie normocytaire hypochrome ; ANN : anémie normocytaire normochrome. ;

3.2.2 FACTEURS DE RISQUES ASSOCIES AU STATUT MARTIAL

La comparaison des proportions du statut martial normal associées aux odds n'a révélé aucune relation significative ($p > 0,05$) entre les différents facteurs étudiés et ce statut normal. L'indice de masse corporelle, le type d'instruction du sujet et l'indice de peuplement n'ont pas été un déterminant pour le statut martial normal chez l'ensemble des adolescents. En revanche la comparaison des proportions des composantes anormales du statut en fer selon les différentes modalités des paramètres sociodémographiques et anthropométriques révèle que seul l'indice de peuplement constitue un facteur de risque hautement significative corrélé à la carence martiale et à l'anémie ferriprive chez les sujets de notre étude. Ainsi les sujets qui ont présenté un ménage surpeuplé sont 1,26 plus exposés à la carence en fer et 0,9 fois plus susceptibles d'indiquer

une anémie ferriprive. Par ailleurs, aucune association significative n'est observée entre les autres paramètres sociodémographiques et anthropométriques et ces anomalies. Pour ce qui concerne l'association entre les facteurs explorés et l'anémie inflammatoire c'est plutôt le niveau d'instruction qui est significativement corrélé à ce type d'anémie (Tableau 6). Aucune discrimination n'est révélée selon le sexe entre les différentes modalités des paramètres sociodémographiques et le statut martial (normal ou anormal).

Tableau 6: Facteurs de risque associés au statut martial au niveau de la population d'étude

Variables	SMN (N = 215)				CM (N = 287)				AF (N = 254)				AI (N = 91)			
	%	(n)	p	OR (IC)	%	(n)	p	OR (IC)	%	(n)	p	OR (IC)	%	(n)	p	OR (IC)
IMC																
Normal n = 723	86,9	(187)	0,5	1,1(0,8- 1,9)	86,05	(247)	0,8	1,1(0,7-1,6)	84,25	(214)	0,6	0,6(0,5-0,7)	82,42	(75)	0,4	0,8(0,4-1,4)
Anormal n= 124	13,1	(28)			13,94	(35)			15,75	(40)			17,58	(16)		
Instruction du sujet																
Scolarisé n = 804	96,7	(208)	0,2	1,8 (0,8-4,1)	95,82	(275)	0,5	1,3(0,7-2,6)	94,88	(241)	1	1,3 (0,7 -2,6)	87,9	(80)	0,04*	0,3 (0,2- 0,7)
Autres n=43	3,26	(7)			4,18	(12)			5,12	(13)			12,1	(11)		
Indice de peuplement																
Normal n = 383	49,77	(107)	0,1	1,3 (0,9-1,7)	50,52	(145)	0,004**	1,2(0,9-1,7)	37,4	(95)	0,002**	0,9 (0,6-1,3)	41,76	(38)	0,5	0,8 (0,5-1,3)
Surpeuplé n=464	50,23	(108)			49,56	(142)			62,6	(159)			48,24	(53)		

N : effectifs des adolescents selon le statut martial ; n : effectifs des sujets pour les modalités des variables explorées ; % Proportion des sujets au niveau de chaque groupe ; IC : Intervalle de Confiance à 95 %. *: Différence statistiquement significative ($p < 0,05$) ; **: Différence hautement significative ($p < 0,01$) ; IMC : indice de masse corporelle ; OR : odd ratio ; SMN : statut martial normal ; CM : carence martiale ; AF : anémie ferriprive ; AI : anémie inflammatoire

4 DISCUSSION

Les facteurs sociodémographiques tels l'indice de peuplement et le niveau d'instruction du sujet ainsi que l'indice de masse corporelle ont été explorés dans le cadre de notre étude afin de prédire le comportement des statuts hématologique et en fer des adolescents sélectionnés. Les résultats ont montré une bonne corrélation entre indice de peuplement et statuts hématologique et martial anormaux. Pour les ménages de même taille, le nombre de pièces habitées peut être comme un critère de différenciation en terme de confort. En effet, le surpeuplement et l'exiguïté sont des sources d'inconfort liées au manque de pièces, mais sont surtout liés au statut économique. Certains auteurs [16], [17] ont identifié en fonction du niveau d'études des parents, du type de logement, du revenu des parents et de la taille du ménage deux catégories de statut socio-économique : « les défavorisés et les favorisés ». Chez les jeunes issues des milieux défavorisés, des perturbations importantes du rythme alimentaire a été révélé [18]. Les études de [7] ont confirmé des fréquences de consommation de produits frais (viande, fruits et légumes) plus faibles chez les personnes démunies que dans le reste de la population. Ces travaux ont permis d'observer également une plus forte prévalence de repas à plat unique et de saut de repas. Ce qui contribue à réduire la consommation de ces produits frais présentant pourtant une forte teneur en fer très assimilable. Et cela pourrait justifier la forte corrélation observée entre l'indice de peuplement et la carence martiale associée ou pas à l'anémie. Ainsi, les adolescents vivants dans les ménages surpeuplés sont plus exposés à ce déficit nutritionnel parce qu'ils ne consommeraient pas le nombre minimum requis de portions de groupe alimentaire viande et substituts, ce qui diminue leur source de fer hémique. Hormis l'indice de peuplement qui est étroitement lié au statut défavorisé ou favorisé, par conséquent, au statut anormal en fer. Le niveau d'instruction du sujet, quant à lui, est modérément lié à ce statut. Ces résultats sont comparables à ceux de [19]. Les adolescents sont exposés au même titre au statut anormal en fer selon qu'ils appartenaient à tel ou tel type d'indice de masse corporelle et le sexe.

5 CONCLUSION

Les adolescents d'étude ont un déficit martial important dont la principale cause est l'insuffisance de la taille de réserves en fer. Cependant l'indice de peuplement influence à un niveau considérable le comportement du fer. Le problème de l'altération du métabolisme du fer reste important en Côte d'Ivoire chez l'adolescent.

REMERCIEMENTS

Nous voudrions remercier l'ensemble des responsables de laboratoires et agents de l'institut de la santé publique (INSP) de Côte d'Ivoire pour leur soutien lors de nos investigations. Nos remerciements sont également adressés aux inspecteurs et directeurs des établissements scolaires au sein desquels notre étude a bien pu se réaliser.

REFERENCES

- [1] E.M. Demayer and N. Adiels-Tengman, "The prevalence of anemia in the world. World Health Stat," *Quart*; 38: 302-316, 1985.
- [2] M. Mustafa, S.K. Deraman, N.M.M. Noor, Y. Rokhayati, "Diet problem and nutrient requirement using fuzzy linear programming approach", *Asian J Applied Sci*, 5: 52 – 59, 2012.
- [3] WHO/CDCP, Assessing the iron status of populations, 2nd ed. Geneva; 15 – 17, 2004.
- [4] O. Porniammongkol, U. Yamborisut, P.P Intajak, O. Sirichakwal, "Iron status of hill tribe children and adolescent boys: a cross sectional study at a welfare center in Chiang mai, Thailand", *Pak J Nutr*; 10: 903 – 909, 2011.
- [5] D.I Thurnham, L.D. McCabe, S. Haldar, F.T. Wieringa, C.A. Northrop-Clewes, G.P. McCabe, "Adjusting plasma ferritin concentrations to remove the effects of subclinical inflammation in the assessment of iron deficiency: a meta-analysis", *Am J Clin Nutr*; 92:546–555, 2010.
- [6] S.N. Massawe, G. Ronquist, L. Nyström, G. Lindmark, "Iron status and iron deficiency anaemia in adolescents in a Tanzanian suburban area", *Gynecol Obstetric Invest*; 54: 137 – 144, 2002.
- [7] M. Chiheb Ben Rayana, T. Gharbi, P. Kolsteren, P. Lefèvre, I. Beghin, J.S. Khosrof-Ben Approche causale de l'anémie par carence de fer, In : Sahar A.Y. (ed.), Le Bihan G. (coord.). L'approche causale appliquée à la surveillance alimentaire et nutritionnelle en Tunisie. Montpellier : CIHEAM, p. 41-49, 2002. (Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches; n. 41). <http://om.ciheam.org/om/pdf/b41/03400044.pdf>
- [8] M.B. Zimmermann, R.F. Hurrell, "Nutritional iron deficiency", *Lancet*; 370: 511-520, 2007.
- [9] C. Maurage, "Fer et statut martial des adolescents", *J Pediatr Puériculture*; 12: 204-207, 1999.
- [10] Hercberg S., La carence en fer du nourrisson à l'adolescent, In: Journées parisiennes de pédiatrie. Paris: Flammarion, Médecine Sciences; 283- 287, 1991.
- [11] K.V Bailey, "Carence en fer et anémie: Situation mondiale urgente". La prescription.1-16, (1994)
- [12] M.N. Bleyere, D. Joulia-Ekaza, AP. Yapo, J.D. Yao, B.B. N'guessan, M.N. Cathy, M. Vanga, M. Kone, E.E. Ehile, "Hétérogénéité du statut en fer chez la femme au cours de la grossesse en Côte-d'Ivoire", *Ann Biol Clin*; 65(5): 525-532, 2007.
- [13] P.A. Yapo, M.N. Bleyere, D. Joulia-Ekaza, J.D. Yao, B.B. N'guessan, E.E. Ehile, "Prévalence de carences martiales et d'anémies chez des femmes en âge de procréer, non enceintes et des femmes enceintes". *Ann Biol Clin Qué*; 45 (3): 24 – 28, 2008.
- [14] H.F. Yapi, H. Ahiboh, D. Koffi, A. Yapo, K.B. Bla, D. Monnet, A.J. Djaman, "Assessment of inflammatory and immunity proteins during falciparum malaria infection in children of Côte d'Ivoire. *Am J Sci Ind Res*; 1(2): 233 – 23, 2010.
- [15] V. Atto, M.N. Bléyé, B.A. Konan, Y.J. Datte, A.P. Yapo, "Depletion of iron stores and main associated parameters in adolescents of Côte d'Ivoire", *Pak.J.Nutr*, 12 (2): 188-196, 2013.
- [16] N. Massin, V. Demange, E. Bourkard, D. Choudat,. "Pathologie professionnelle de l'environnement", *EMC*, 10 : 816 – 865, 2011.
- [17] I. Ngnie Teta, Kuate B.Defo and O. Receveur "Multilevel modelling of socio-demographic predictors of various levels of anaemia among women in Mali", *Public Health Nutrition* 12 (09) ;1462-1469, 2009.
- [18] R. Amiruddin, D. Sidik, A. Alwi, N.I Jumriani, P. Astuti, A. Syafruddin, "Socioeconomic factors and access to health services for malaria control in Mamuju District, West Sulawesi Indonesia", *Asian J Epidemiol*, 5: 56 – 61, 2012.
- [19] J-L. Dubois , D. Blaizeau,. Connaître les conditions de vie des ménages des pays en développement tome 3, analyser les résultats, méthodologie. Ministère de la coopération et du développement ; 87 – 91, 1990.

Résistance phénotypique et enzymatique au sein des populations de *Culex quinquefasciatus* dans la commune de Natitingou, Bénin

[Phenotypic and enzymatic resistance in *Culex quinquefasciatus* from Natitingou, Benin]

Anges YADOULETON^{1,2}, Yessoufou AKADRI³, Ramziyath AGBANRIN², Azim BISSIROU³, Falilath SANOUSI³, MOUSTAPHA Olaïtan⁴, Carole SANNI⁴, Mensah Albane⁴, Achaz AGOLINO⁴, Fabrice URSINS², Jacques ZOLA², and Martin AKOGBETO^{2,3}

¹Ecole Normale Supérieure de Natitingou, Université de Natitingou, Benin

²Centre de Recherche Entomologique de Cotonou, Benin

³Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey-Calavi, Benin

⁴Ecole Supérieure le FAUCON, 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: For better management of the use of insecticide in public health against *Culex quinquefasciatus*, an arboviral and filarial vector, a study was conducted at Natitingou, a town located in northern Benin, from October 2015 to March 2016, to evaluate the susceptible of this mosquito to insecticides and the mechanisms of resistance developed.

The protocol was based on mosquito collection during both dry and rainy seasons across the four areas selected in northern Benin. Bioassays were performed on adult mosquitoes collected from the field to assess the susceptibility of filarial vectors to insecticide-impregnated papers (permethrin 0.75%, deltamethrin 0.05%, DDT 4%, and bendiocarb 0.1%) following WHOPES guidelines.

Moreover, mosquitoes from the susceptible tests were used to search for the presence of the knock down resistance (*Kdr*) and the Acetylcholinesterase (*Ace-1R*) mutations.

Finally, F1 generation of the wild population of *Cx. quinquefasciatus* were used for biochemical analysis to target Mixed Function Oxidase (MFO), non-specific esterase (NSE) and glutathione-S-transferases (GST) enzymes.

This research showed:

1)-A wide spread of resistance to permethrin, deltamethrin and DDT was found in samples of *Cx. quinquefasciatus* despite the collection areas with 4%; 7% ; 19% and 60% as average of mortality respectively with DDT, permethrin, deltamethrin and bendiocarb;

2)- The *kdr* mutation was detected in all areas at various frequencies (0.8 to 0.88) whereas the *Ace-1* mutation was found at a very low frequency ($\leq 5\%$);

3) - Enzymes activities (oxidase, esterase and glutathione-S-transferases) were detected in all mosquito populations despite the areas of collection.

This work has highlighted the high resistance of *Cx. quinquefasciatus* to the 3 classes of insecticides used in public health. Moreover, the high frequency of *kdr* and the presence of enzyme activity in *Cx. quinquefasciatus* will augment the existing data on the insecticide resistance of filariasis vectors and will be useful for making decision to control this mosquito.

KEYWORDS: Resistance, *Culex. quinquefasciatus*, Insecticides, Benin.

RESUME: Dans le but d'une gestion efficace de la résistance des vecteurs de la filariose vis-à-vis des insecticides, une étude a été conduite dans la commune de Natitingou située au Nord-Ouest du Bénin. Le but de cette recherche est d'évaluer le niveau de résistance de *Culex quinquefasciatus*, principal vecteur de la filariose vis-à-vis des insecticides utilisés en santé publique d'une part, mais aussi de rechercher la résistance phénotypique et enzymatique au sein de ces populations de moustiques.

Dans un premier temps, des collectes larvaires ont été organisées dans quatre zones (deux urbaines et deux rurales) où les femelles âgées de 2-5 jours ont été mises au contact des papiers de DDT (4%), de la perméthrine (0,75), de la deltaméthrine (0,05%) et du bendiocarb (0,1%). Dans un deuxième temps, les mécanismes de résistance phénotypiques (knock down resistance (*Kdr*) et celle de l'Acétylcholinestérase (*Ace-1R*)) ont été recherchées au sein des populations issues des tests de sensibilité. Enfin, nous avons recherché l'existence de la résistance enzymatique à partir de la F1 des populations de *Cx. quinquefasciatus*.

Les résultats de ces travaux montrent :

- 1)- une résistance des populations de *Cx. quinquefasciatus* vis-à-vis du DDT, de la perméthrine, de la deltaméthrine et du bendiocarb avec un taux moyen de mortalité de 4% ; 7% et 19% et 60% respectivement ;
- 2)- les mutations *Kdr* et *Ace-1R* ont été retrouvées au sein des populations de *Cx. quinquefasciatus*, mais celle de *Kdr* semble être le principal mécanisme phénotypique avec des fréquences élevées (0.80 en moyenne) quelle que soit la zone de collecte ;
- 3)- la résistance enzymatique a été aussi retrouvée avec une forte expression des monooxygénase P450 et de la Glutathion-S-transférase au sein des populations de *Cx. quinquefasciatus*, quelle que soit la zone de collecte.

Ce travail a permis de savoir que *Cx. quinquefasciatus* a développé une résistance vis-à-vis des organochlorés, des pyréthrinoides et des carbamates dans la commune de Natitingou. Aussi, les résultats de la résistance phénotypique et enzymatique permettront d'enrichir la base de données existantes sur la résistance des vecteurs de la filariose au Bénin et ceci pour une meilleure gestion de la résistance.

MOTS-CLEFS: Résistance, *Anopheles gambiae*, Insecticides, Bénin.

1 INTRODUCTION

L'urbanisation galopante dans les pays africains entraîne des répercussions importantes sur l'hygiène et la santé des populations [1]. Elle se caractérise par le manque d'infrastructures et d'équipements de gestion des déchets ménagers, l'incivisme et le poids des traditions des populations face aux pratiques d'hygiène et d'assainissement. Cette situation a pour corolaire l'apparition progressive de zones périphériques non urbanisées avec la création de bidonvilles dépourvues de tout réseau d'assainissement et d'approvisionnement en eau potable [2-3].

La ville de Natitingou située au Nord-Ouest du Bénin, connaît actuellement une croissance accélérée due non seulement à l'accroissement naturel de la population mais aussi aux nombreux sites touristiques que regorge cette dernière. Il est fréquent de rencontrer dans cette ville des collections d'eaux usées stagnantes, générées et entretenues par les pratiques humaines d'utilisation de l'eau, des caniveaux mal curés, des puisards à ciel ouvert ou simplement fermés par une tôle. Ces recueils d'eaux usées stationnaires constituent des gîtes particulièrement favorables au développement des stades immatures de *Culex quinquefasciatus* Say, 1823, moustique très anthropophile dont les femelles piquent préférentiellement la nuit à l'intérieur des habitations est responsable de la filariose de Bancroft urbaine [4].

Plusieurs moyens de lutte ont été mis en œuvre pour limiter les nuisances urbaines de ce moustique et par conséquent les filarioses. Au nombre de ces méthodes, la lutte chimique à travers l'utilisation de Moustiquaires imprégnées à Longue Durée d'action (MILD), les aspersions intra-domiciliaires qui apparaissent aujourd'hui comme le moyen le plus efficace [5]. Malheureusement, des problèmes importants subsistent mettant en danger les objectifs et la pérennité des réalisations. La résistance des vecteurs de filariose aux insecticides et qui constitue un handicap à l'éradication de *Cx. quinquefasciatus*.

En Afrique et particulièrement au Bénin, les pyréthrinoides, les carbamates sont utilisés de façon intense dans les zones de culture du coton, du riz et du sorgho contre les insectes ravageurs, les punaises et les acridiens [6-7]. Ces mêmes insecticides sont également utilisés en zones urbaines et rurales contre la nuisance des insectes. Les travaux de Yadouléon et al. [7-9], Akogbeto et al. [10], montrent que la plupart des pesticides utilisés pour contrôler les ravageurs de culture en agriculture sont aussi utilisés en santé publique pour l'imprégnation des MILDs, mais aussi en aspersions intra-domiciliaires contre les moustiques adultes, ce qui pourrait augmenter le niveau de résistance des vecteurs de filariose aux insecticides. Cette situation a probablement contribué à l'apparition de la résistance des vecteurs de filariose aux insecticides.

et pourrait être un handicap à l'utilisation des matériaux imprégnés et par conséquent compromettre l'espoir que les autorités sanitaires placent dans cette stratégie de protection des populations contre les filarioses.

En effet, au cours de la dernière décennie, l'émergence de la résistance de *Cx. quinquefasciatus* aux différents insecticides utilisés en santé publique a été signalée dans plusieurs pays Africains [11-12 ; 9].

Il serait probable que la résistance a pu être sélectionnée par des facteurs issus du secteur agricole ou en santé publique avec l'existence de plusieurs mécanismes de résistance permettant à *Cx. quinquefasciatus* de survivre.

C'est donc pour élucider cette hypothèse que s'inscrit le présent sujet dont le but est de rechercher les mécanismes de résistance de modification de cibles et enzymatiques chez les populations de *Cx. quinquefasciatus* dans la commune de Natitingou au nord-Ouest du Bénin».

Les données que nous avons enregistrées permettront de réactualiser les informations actuellement disponibles sur le niveau de résistance de *Cx. quinquefasciatus* aux diverses classes d'insecticides et les mécanismes de résistances afférentes.

2 MÉTHODOLOGIE

2.1 ZONES DE COLLECTE DES DONNÉES

La collecte des données a eu lieu dans le département de l'Atacora plus précisément dans la commune de Natitingou (1°23 E, 10°18 N). Quatre points de collecte ont été choisis non loin des zones agricoles. Le choix de la ville de Natitingou se justifie par le fait que depuis 2008, le Programme National de lutte contre le Paludisme utilise une gamme variée de pesticides chimiques en aspersion intra domiciliaire dans cette commune et ceci, dans le but de lutter contre les moustiques adultes. En plus de cela, les paysans, dans le souci de mieux contrôler les ravageurs des cultures, ces derniers utilisent de façon anarchique plusieurs types de pesticides et ceci sans aucun respect des doses recommandées [13].

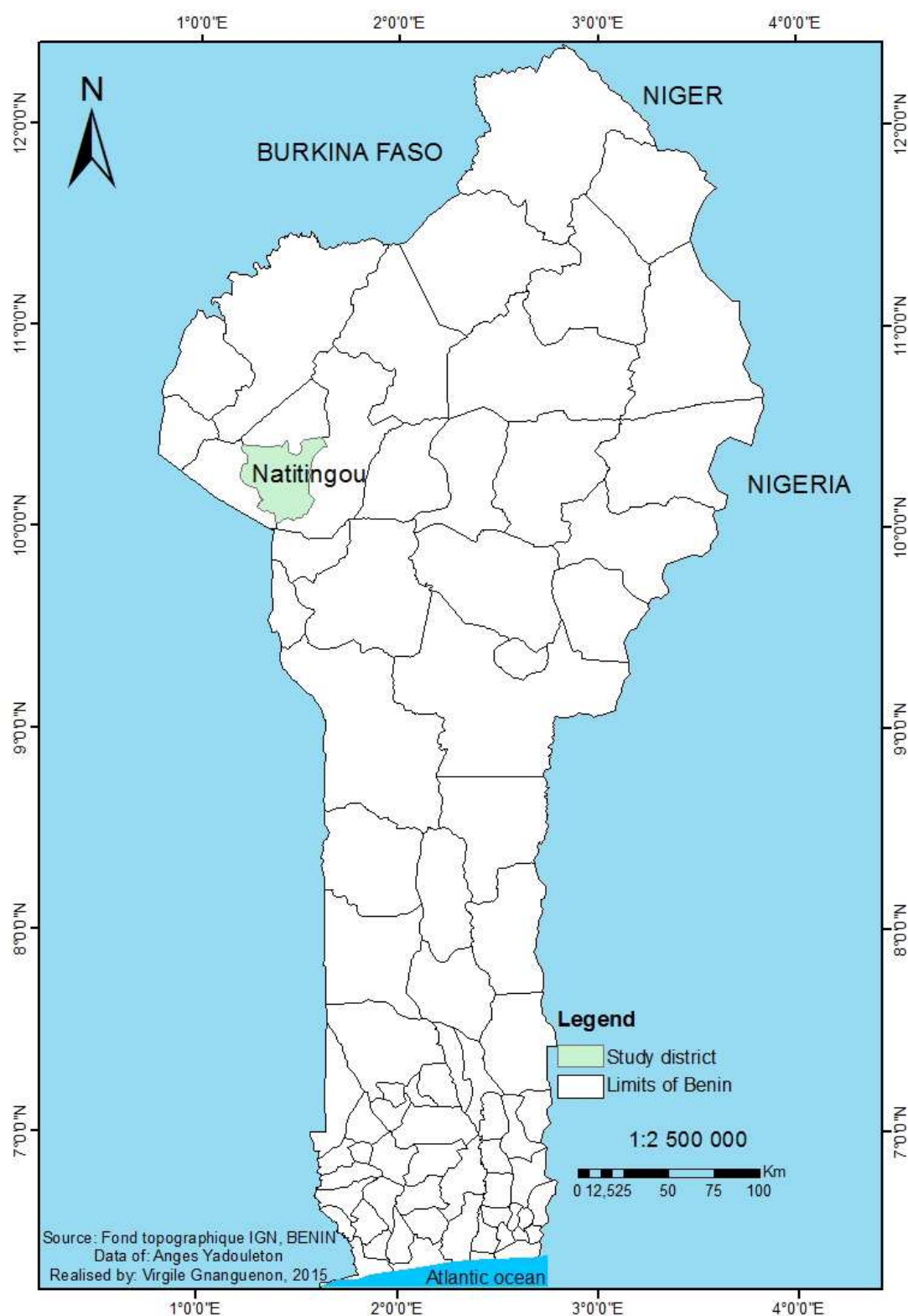


Fig. 1. Carte de la zone d'étude

2.2 COLLECTE LARVAIRE

Plusieurs prospections larvaires ont été faites au niveau des points de collecte. Une fois le gîte repéré, les larves de *Cx. quinquefasciatus* sont identifiées. Ensuite, les larves et les nymphes sont prélevées à la surface de l'eau aux moyens de louches, filtrées puis acheminées vers l'insectarium de l'Ecole Normale Supérieure (ENS) de Natitingou pour élevage. A l'apparition des nymphes, elles sont prélevées et mises dans une cage cubique de 30cm de côté pour émergence des adultes. Les adultes sont ensuite identifiés suivant la clé de [14].

Les adultes issus de l'émergence des larves sont mis en cage et nourris à une solution à 20% de saccharose. Les femelles adultes de 2 à 5 jours sont isolées pour être soumises au test de sensibilité/résistance.

2.3 TESTS DE SENSIBILITÉ

2.3.1 TESTS DE SENSIBILITÉ

Les larves de *Cx. quinquefasciatus* récoltées ont été élevées à l'insectarium de l'ENS et les femelles âgées de 2 à 5 jours sont choisies pour les tests de sensibilité. Les tests sont réalisés avec des papiers imprégnés de deltaméthrine à la dose diagnostique de 0,05%. Le choix des doses diagnostiques des papiers imprégnés repose sur les recommandations de l'OMS en matière de ces tests (WHO, 1998). La sensibilité des moustiques à ce produit (delthaméthane) est comparée à celle d'un autre pyréthrinoloïde : la perméthrine à 0,75% et d'un organochloré, le DDT à 4% (dose diagnostique). Nous avons testé le DDT pour vérifier s'il existe une résistance croisée entre les pyréthrinoloïdes et les organochlorés. Les moustiques ont été aussi soumis aux papiers imprégnés de bendiocarb à 0,1% et les tests ont été réalisés selon le protocole OMS en tube cylindrique [15]. Le temps d'exposition des moustiques aux papiers imprégnés est de 60 minutes et le temps d'observation avant la lecture des résultats est de 24 heures. Dès l'exposition des moustiques à l'insecticide, le nombre de moustiques "knocked-down" (*kd*), c'est-à-dire qui tombent inanimés au fond des tubes OMS est noté après 10, 15, 20, 30, 45, 60 minutes. Après les tests, les moustiques morts et vivants sont conservés séparément sur du silicagel dans des tubes eppendorf et stockés à -20°C (congélateur) pour la recherche des mécanismes de résistance.

Dans le cadre de notre étude, nous avons considéré comme population sensible toute population dont la mortalité est supérieure ou égale à 96%. Lorsque la mortalité est inférieure à 90% la population est considérée comme résistante. Entre les deux valeurs, nous considérons qu'il s'agit d'une suspicion de résistance (baisse de sensibilité).

La souche sensible SLAB (souche de référence en élevage au laboratoire) a été utilisée comme lot contrôle.

2.4 MECANISMES DE RESISTANCE DES ANOPHELES ISSUS DES TESTS DE SENSIBILITE.

2.4.1 EXTRACTION DE L'ADN DES MOUSTIQUES

L'ADN a été extrait au CTAB à 2%. Les moustiques (abdomen, ailes et pattes) ont été broyés dans 200 µl de CTAB à 2%. Après 5mn de bain-marie à 65°C, le broyat était mélangé avec 200 µl de chloroforme puis centrifugé à 14000 tours par minute pendant 5 mn. Le surnageant a été délicatement récupéré dans un autre tube avec 200 µl d'isopropanol puis centrifugé à 12000 tours par minute pendant 15 minutes. Le culot a été conservé avec 200 µl d'éthanol à 70%. L'ensemble a été centrifugé à 14000 tours par minute pendant 5mn. Le contenu du tube a été délicatement renversé afin de conserver le culot qui était ensuite séché pendant au moins 3 heures sur la paillasse. Enfin 20 µl d'eau bi-distillée était ajoutée au culot, laissé en suspension sur la paillasse pendant toute la nuit ou une demi-journée.

2.4.2 DETECTION DE LA MUTATION KNOCK DOWN (KDR)

Dans chacune des localités choisies, 100 adultes issus des tests de perméthrine et de DDT ont été utilisées pour la recherche de la mutation knock down resistance en se basant sur le principe de la PCR et le protocole de Martinez et *al.* [16] avec modification. Quatre amorces ont été utilisées pour la réalisation de cette PCR. Les deux premières [Cq1 (Forward), 5'-GTGGAAGTTCACCGACTTC-3' et Cq2 (Reverse),

5'-GCAAGGCTAAGAAAAGGTTAAG-3'] ont été utilisées pour amplifier le fragment du gène du canal sodique contenant le site de mutation KDR. Par contre, les deux dernières ([Cq3 (Forward), 5'-CCACCGTAGTGATAGGAAATTTA-3' et Cq4 (Forward), 5'-CCACCGTAGTGATAGGAAATTTT-3'] ont été utilisés dans le génotypage de la mutation de l'allèle résistante, KDR (CQ3) et la mutation de l'allèle sensible, KDS (CQ4).

2.4.3 DETECTION DE LA MUTATION KNOCK DOWN (KDR)

L'AND extrait des moustiques issus des tests de sensibilité aux papiers imprégnés de bendiocarb a été utilisé pour la détection de la mutation de l'acétylcholinestérase au sein des populations de *Cx. quinquefasciatus* issues des quatre points choisis. Les amorces Moustdir1 5'-CCG GGN GCS ACY ATG TGG AA-3' et Moustrev1 5'-ACG ATM ACG TTC TCY TCC GA-3' ont été utilisées pour 30 cycles d'amplification (94°C for 30 sec, 52°C for 30 sec, and 72°C for 1 min) suivant le protocole de Weill et al. [17]. La digestion des fragments PCRs a été faite par l'enzyme de restriction *AluI*.

2.4.4 RÉSISTANCE ENZYMATIQUE

Soixante moustiques F1 (femelles issues de la population parentale après élevage) non exposés aux insecticides, ont été analysés pour la recherche d'activité enzymatique. L'activité enzymatique a été évaluée pour chaque moustique selon le protocole de Hemingway [18]. Pour le présent travail, nous avons recherché les activités en Glutathion-s-transférase (GST), en estérase, en monooxygénase P450 et en protéine totale.

Ces choix s'expliquent par le fait que l'usage massif des Organochlorees (OC), des Pyrethrinoides (PY) et des carbamates entraînent une sur-expression de ces enzymes au sein du moustique [11].

Les enzymes se dégradant rapidement à température ambiante, les moustiques ont été broyés sur la glace dans 200 µl d'eau distillée puis l'extrait a été centrifugé à 14,000 rpm pendant 2 min.

Suivant l'activité à mesurer, on procède de la façon suivante :

- **Glutathion-S-Transférases**

10 µl de broyat de moustiques en deux répliques ont été mis dans chaque puits de plaque Nunc auquel on a ajouté 200 µl d'une solution de glutathion sous forme réduit (GSH) et de CDNB (1-chloro-2,4-Dinitrobenzene). Après incubation à 25°C, on fait une lecture en cinétique à 340 nm pendant 5 minutes.

- **Oxydases**

Après avoir mis 20 µl de broyat en deux répliques dans chaque puits, on ajoute 80 µl de tampon Potassium Phosphate (KHPO4) 0.0625M pH 7.2 puis 200 µl d'une solution de Tétraméthyl Benzidine (TMBZ) 0.25M pH 5.0 puis, 25 µl d'une solution de 3% de peroxyde d'hydrogène dans chaque puits. On incube la plaque pendant 1h puis on fait une lecture en point final à 630 nm à chaque 10 min.

- **Estérases non spécifiques**

90 µl de broyat en deux répliques ont été mis dans chaque puits de plaque auquel on a ajouté 90 µl de Tampon 1% Triton Phosphate Saline (PBS) pH 6.5. Le mélange ainsi fait, la plaque est laissée pendant 10 minutes à 25°C ou à température ambiante. Puis on ajoute 100 µl d'une solution composée de alpha-Naphthyl acétate 0.3M (ou bêta-Naphthyl acétate) et de Triton PBS pH 6.5 à laquelle on ajoute de l'eau. On incube à nouveau la plaque pendant 30 min puis on ajoute une solution de Fast Garnett Salt (FGBC). Le mélange ainsi réalisé, on laisse incuber la plaque à nouveau pendant 10 minutes à 25°C ou à température ambiante avec un couvercle et on fait une lecture en point final à 550 nm.

- **Protéines Totales**

Dans chaque puits de la plaque, 10 µl de broyat en deux répliques ont été mis auquel on ajoute 200 µl de solution composée de Coomassie et Protein Assay Reagent. Après incubation de la plaque pendant 5 minutes à 25°C ou à température ambiante, on fait la lecture en point final à 590 nm.

3 RÉSULTATS

3.1 SENSIBILITÉ DE *CX. QUINQUEFASCIATUS* AUX INSECTICIDES

3.1.1 NIVEAU DE RESISTANCE DES POPULATIONS DE *CX. QUINQUEFASCIATUS* AUX INSECTICIDES

Plus de 3000 moustiques âgés de 2-5 jours ont été mis au contact des papiers imprégnés d'insecticide de perméthrine à 0,75%, de deltaméthrine à 0,05%, de DDT à 4% et du bendiocarb (0,1%). Il ressort de ces tests que :

- *Cx. quinquefasciatus* a développé une résistance vis-à-vis du DDT avec un taux moyen de 4% de mortalité pour la zone urbaine et 3% pour la zone rurale (Figure 2).
- Concernant les pyréthrinoides (perméthrine, deltaméthrine), *Cx. quinquefasciatus* a développé une résistance vis-à-vis de ces insecticides quelle que soit la zone de provenance des moustiques. En effet, le taux de mortalité moyen est de 8% en zone urbaine contre 6% en zone rurale lorsque les populations de *Cx. quinquefasciatus* sont mises en contact avec les papiers de perméthrine. Avec la deltaméthrine, ces taux sont de 20% et 18% respectivement en zone urbaine et rurale (Figure 3 & 4).
- Cette résistance a été aussi observée avec le bendiocarb avec un taux de mortalité de 75% dans les zones urbaines contre 72% dans les zones rurales (Figure 5).

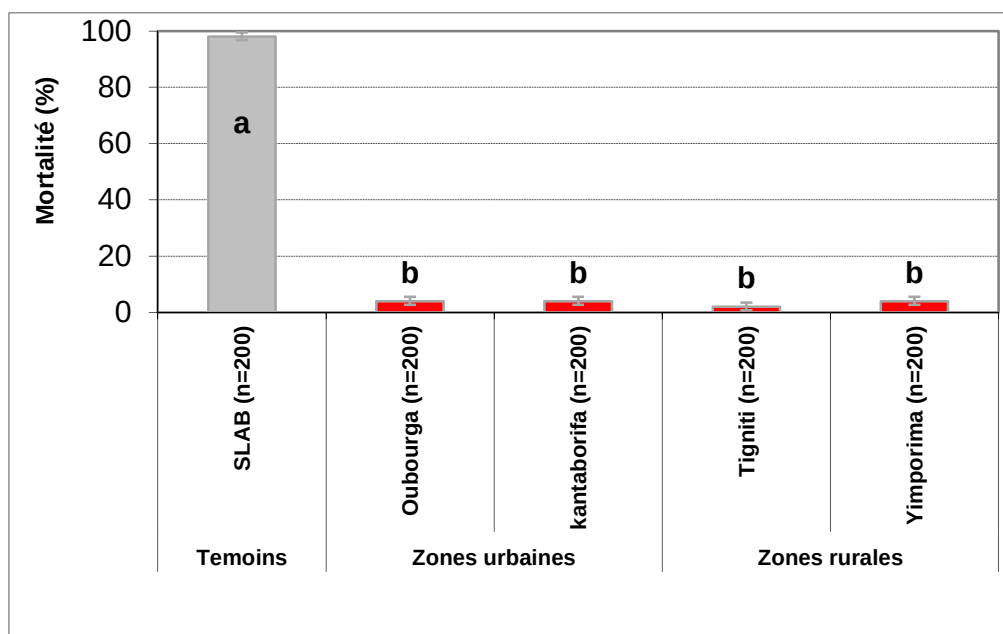


Fig. 2. Mortalité observée après exposition des populations de *Cx. quinquefasciatus* au DDT (4 %)

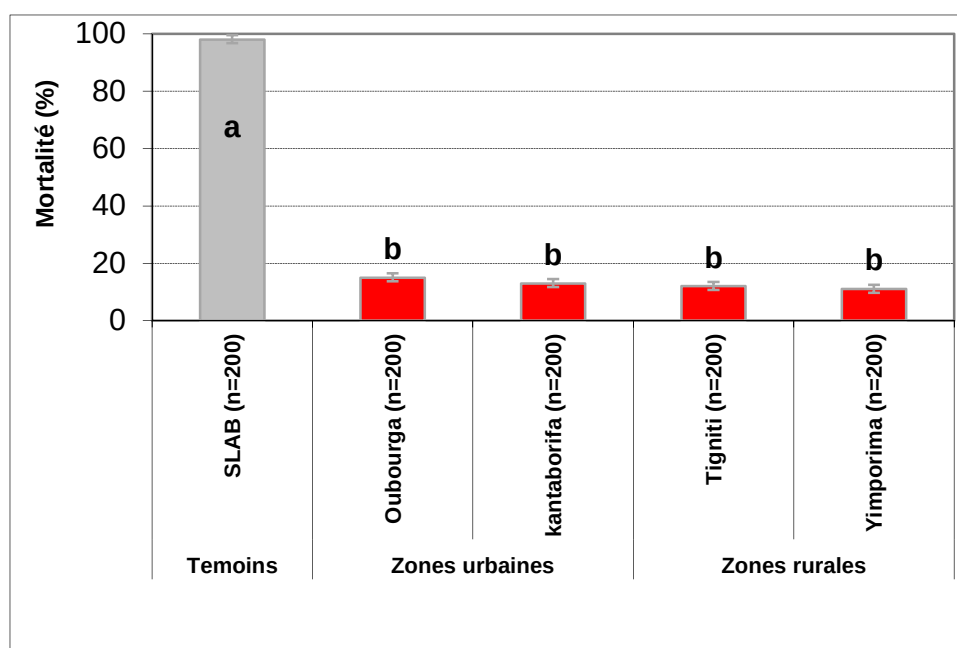


Fig. 3. Mortalité observée après exposition des populations de *Cx. quinquefasciatus* à la perméthrine

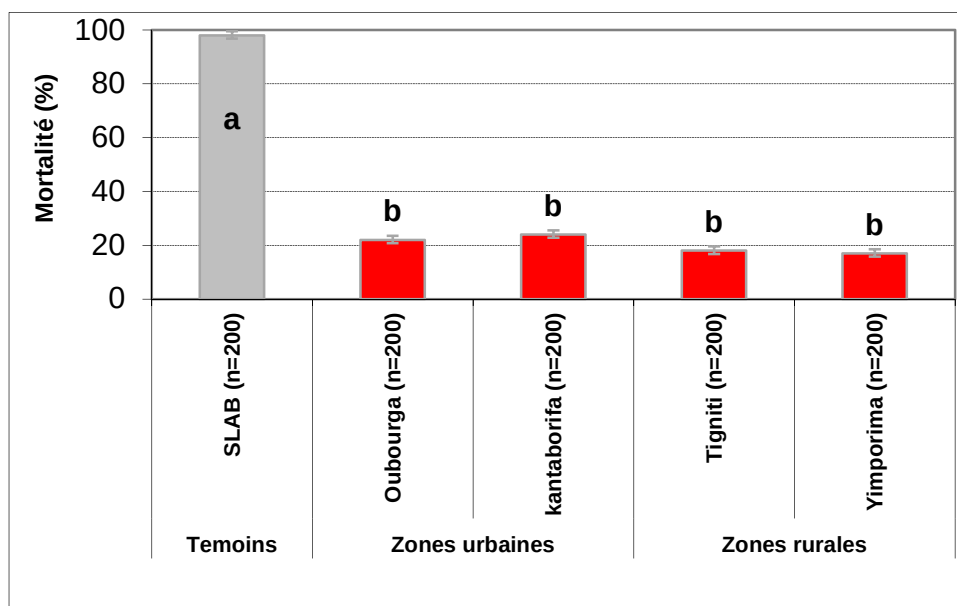


Fig. 4. Mortalité observée après exposition des populations de *Cx. quinquefasciatus* à la deltaméthrine

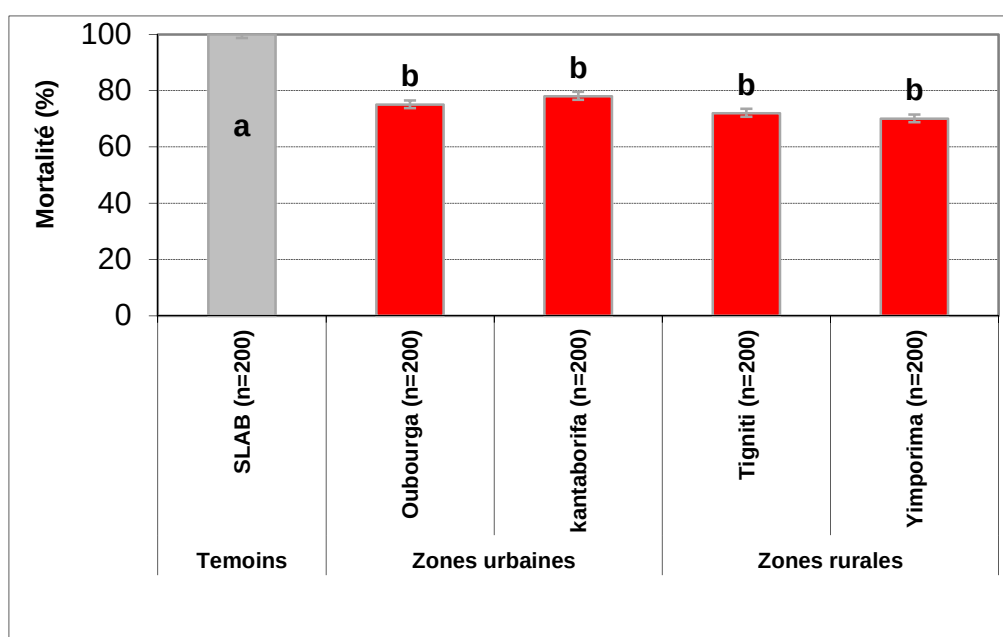


Fig. 5. Mortalité observée après exposition des populations de *Cx. quinquefasciatus* au bendiocarb

3.2 MECANISME DE RESISTANCE : PCR ESPECES, FORMES, *Kdr* ET *Ace-1*

Dans chaque localité, 102 moustiques ont été analysés pour la recherche des mécanismes de modification de cibles (*Kdr* et *Ace-1*).

- Dans les zones rurales et urbaines à Natitingou, le gène *Kdr* semble être le principal mécanisme de résistance observé au sein de ces populations de *Cx. quinquefasciatus* avec une forte fréquence (Tableau I) au sein des populations issues des deux zones de collecte zones rurales (0,8 en moyenne).
- La mutation *Ace-1* a été également mise en évidence avec une fréquence de 0,25 et 0,27 respectivement en zones rurales et urbaines au sein des populations de *Cx. quinquefasciatus*.

Tableau I : Répartition des fréquences Kdr et Ace-1 de *Cx. quinquefasciatus* issues des zones d'études

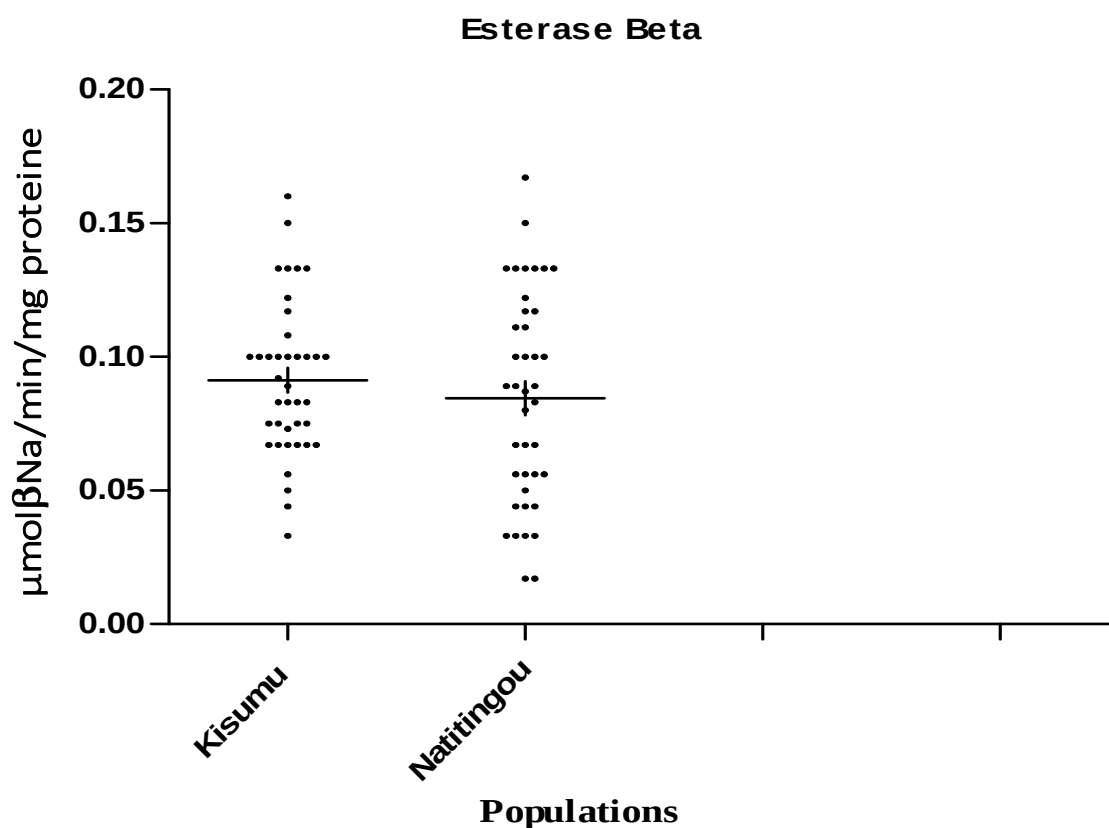
Sites d'étude	Localités	Mutation Kdr				Mutation Ace-1R			
		SS	RS	RR	F(R)	SS	RS	RR	F(R)
Zones urbaines	Oubourga	3	21	78	0,88 ^a	24	06	06	0,25 ^a
	Kantaborifa	4	24	74	0,84 ^a	24	06	06	0,25 ^a
Zones rurales	Tigniti	4	30	68	0,81 ^a	30	08	9	0,27 ^a
	Yimporima	4	32	66	0,80 ^a	30	08	0	0,27 ^a

NB. Les valeurs de la même colonne avec des lettres en exposant ne sont significativement pas différent avec le test de Fisher's ($P > 0.05$)

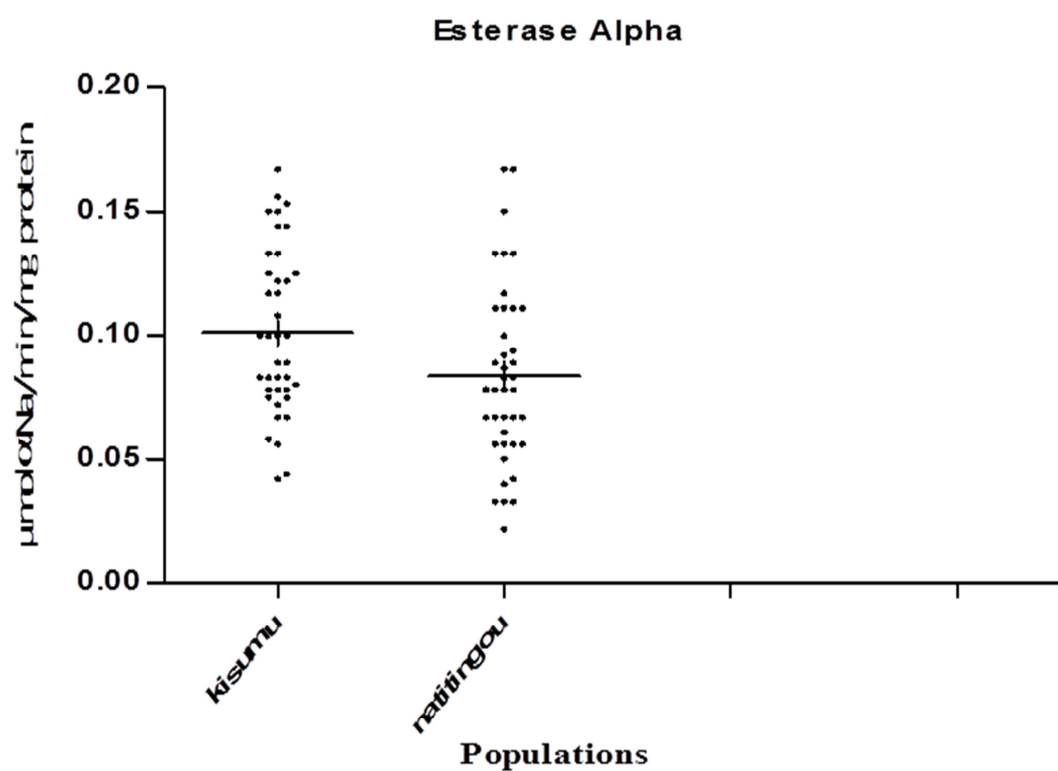
3.3 RÉSISTANCE ENZYMATIQUE

• Activités estérasiques

Les résultats de nos travaux de recherche ont montré la présence d'activité estérasique (A et B de la Figure 6) au sein des populations de *Cx. quinquefasciatus* issues de nos diverses zones d'études. Bien qu'elle existe, cette activité a été très faible dans l'ensemble des moustiques. Cependant, lorsqu'on compare l'activité des moustiques de la souche témoin (SLAB) à celle des moustiques issus des zones rurales et urbaines de Natitingou, on constate qu'il n'existe pas de différence significative en ce qui concerne les activités estérasiques de type beta (β) et celles du lot témoin ($P > 0,05$) (A de la Figure 6). Cependant, ces mêmes populations ont exprimés une activité estérasique de type alpha (α) significativement plus élevée par rapport à la souche témoin ($P < 0,05$) (B de la Figure 6).



A)



B)

Fig. 6. Activités estérasiques au sein des populations de *Cx. quinquefasciatus* issues des sites d'étude.

- **Activités en monooxygénase P450 au sein des moustiques**

La figure 7 montre que la quasi-totalité des populations de *Cx. quinquefasciatus* issues des diverses zones d'étude ont en leur sein de fortes activités oxydase comparées à la souche témoin SLAB ($P < 0,05$). En effet, l'activité en oxydase au sein des populations de moustiques est fonction de la pression insecticide.

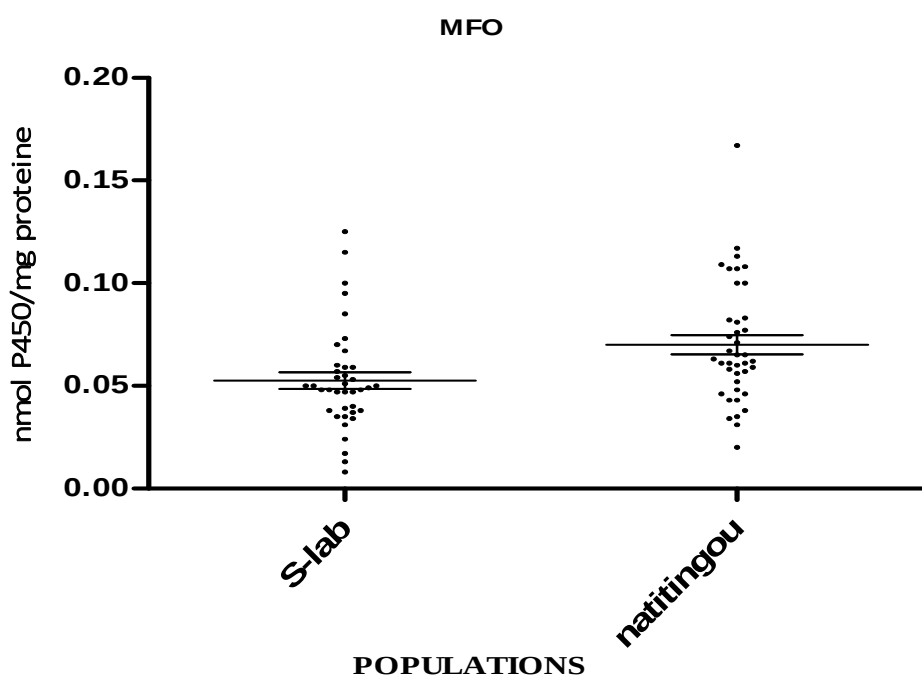


Fig. 7. Activités en oxydase au sein des populations de *Culex quinquefasciatus* issues des sites d'étude

- Activités en Glutathion-s-transférase

Le GST a été présent au sein de toutes les populations de *Cx. quinquefasciatus* issues des diverses zones d'étude. Cependant, il existe une forte activité en GST au sein des populations sauvages issues des divers sites d'études par rapport à la souche sensible SLAB ($P < 0,05$) (Figure 8).

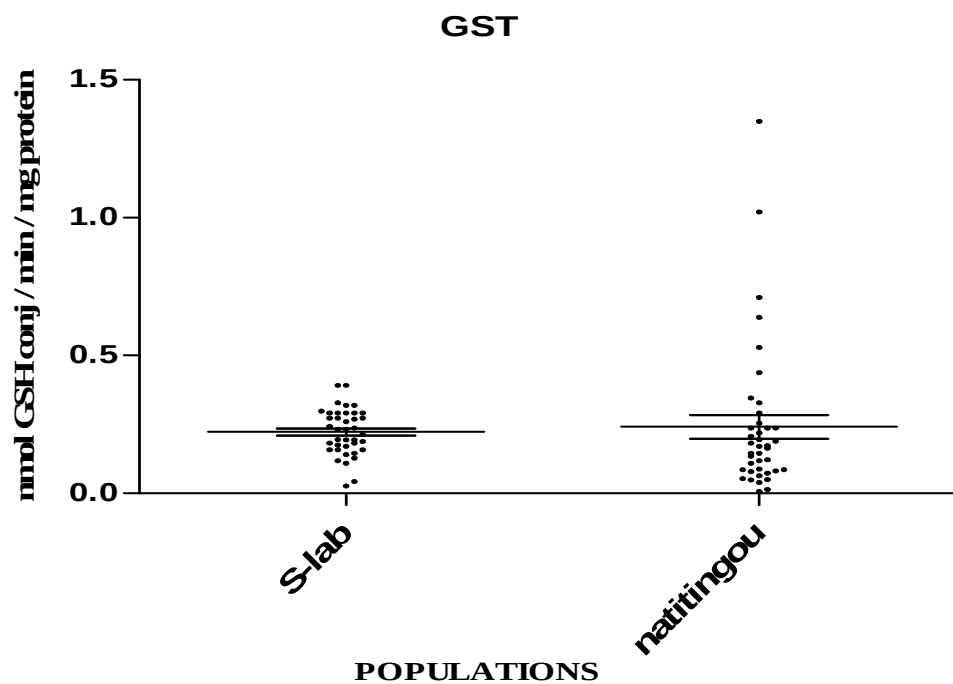


Fig. 8. Activités en GST au sein des populations de *An. gambiae* issues des sites d'étude

4 DISCUSSION ET CONCLUSION

Culex quinquefasciatus, principal vecteur de *Bancroft* urbaine en Afrique, a développé une forte résistance vis-à-vis des insecticides dans les zones à forte et à faible utilisation d'insecticides agricoles (rurales et urbaines) dans la commune de Natitingou. Contrairement à ce à quoi nous nous attendions, cette résistance a été observée non seulement dans les zones urbaines mais aussi et dans les zones rurales caractérisées par la culture de coton et du maraîchage dans les milieux ruraux où l'on distingue une agriculture traditionnelle de céréales qui ne nécessite ni l'usage d'insecticides agricoles, ni d'engrais.

Cette résistance croisée aux Pyréthrinoïdes et au DDT observée au sein des populations de *Cx. quinquefasciatus* provenant de notre site d'étude est due à la forte utilisation d'insecticides agricoles contre les ravageurs de cultures. En effet, les pratiques paysannes en matière d'utilisation d'insecticides dans les zones maraîchères et surtout cotonnières pour lutter contre *Helicoverpa armigera* (principal ravageur du coton) et *plutella xylostella* (principal ravageur du chou) constituent un facteur de sélection d'insectes résistants non seulement au niveau des ravageurs des cultures mais aussi chez les vecteurs du paludisme [19]. Après les traitements insecticides, des particules de pesticides entrent en contact avec les gîtes larvaires. Ces particules exercent soit une action létale sur les larves de certaines populations d'insectes soit une pression sélective et qui conduit progressivement à la sélection de la résistance aux insecticides chez certaines populations de moustiques notamment chez *Cx quinquefasciatus*. Yadouléton et al. [9] ont montré que de nombreux produits chimiques sont utilisés contre les ravageurs dans les zones agricoles précédemment citées. Ces auteurs pensent que cette utilisation massive de pesticides dans le monde agricole au Bénin serait due à la libéralisation du secteur d'intrant au Bénin. Dans les années 1960, le rôle sélectif des traitements agricoles à base de composés organochlorés (OC) sur la résistance de *Cx quinquefasciatus*, a été observé au Mali dans des zones qui n'avaient jamais fait l'objet de traitements en santé publique mais où ces insecticides étaient largement utilisés en agriculture. En Côte d'Ivoire et au Burkina Faso il a été montré à la fin des années 1990 que le niveau de résistance des vecteurs aux insecticides de la famille des pyréthrinoïdes augmentait au cours de la saison cotonnière [20].

Par ailleurs, nos travaux de recherche ont montré également la résistance de *Cx. quinquefasciatus* vis-à-vis des carbamates en particulier avec le bendiocarb. Cette résistance observée s'explique par l'utilisation du bendiocarb par le programme National de Lutte contre le Paludisme en asperersion intra domiciliaire depuis 2010. Bien que l'utilisation de cet insecticide comme alternatif aux pyréthrinoïdes a permis de réduire la transmission du paludisme dans cette localité (Natitingou) et ailleurs [21 ; 10], sa fréquence répétée a permis de sélectionner la mutation acétylcholinestérase au sein des populations de *Cx. quinquefasciatus*. Aussi, les travaux de Yadouleton et al. [8] ont montré que bon nombre de paysans en zones cotonnières comme Natitingou utilisent le Tihan, un insecticide de la famille des carbamates sans aucun respect des doses et fréquences d'application pour lutter contre les ravageurs des cultures.

Les résultats de nos travaux de recherche confirment une fois encore la sélection de la résistance au sein des populations de *Cx. quinquefasciatus* vis-à-vis des pyréthrinoïdes, des organochlores et des carbamates.

Par ailleurs, les fortes fréquences de la mutation du gène *Kdr* et l'apparition de la mutation *Ace-1R* observées au sein des populations de *Cx. quinquefasciatus* suggèrent que des mesures soient prises pour une utilisation rationnelle des pesticides chimiques tant dans le monde agricole qu'en santé publique. Cette démarche permettra de limiter la sélection de la résistance à travers une rotation des insecticides, gage de l'utilisation durable des moustiquaires imprégnées d'insecticides contre les nuisances culicidiennes.

Aussi, la présence de fortes activités en glutathion -S- transférase au sein de toutes les populations sauvages de *Cx. quinquefasciatus* issues des divers sites, confirme la forte résistance de ce moustique vis-à-vis du DDT constatée et rappelle les travaux de Corbel et al. (2007). De plus, la forte activité en monooxygénase P450 dans toutes les populations de *An. gambiae* s.s n'est qu'une conséquence des fréquences élevées du gène *Kdr* observée chez *Cx. quinquefasciatus* dans les échantillons collectés (Tableau I). Cette forte activité en oxydase rappelle aussi les travaux de Corbel et al. [11] expliquant la forte utilisation des pyrethrinoides et des carbamates dans cette commune de Natitingou.

Ces deux gènes métaboliques se retrouvant à de fortes fréquences au sein des populations de *Cx. quinquefasciatus*, il serait important de quantifier à la longue ces gènes par la technique de qPcr pour une bonne gestion de la résistance de *Cx. quinquefasciatus* vis-à-vis des insecticides.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'Ecole Normale Supérieure de Natitingou pour son soutien financier lors de la réalisation de ce travail.

REFERENCES

- [1] Knuden (A.B.) et Slooff (R.), 1992. Problèmes dus aux maladies à transmission vectorielle et urbanisation accélérée : Nouvelles approches de la lutte antivectorielle. Bull. OMS 70 (2) : 165-171p.
- [2] Dossou-yovo (J), Doannio (J), Rivière (F), Chauvancy (G), 1995. Urbanization and establishment of *Culex quinquefasciatus* in a west African rural area. Acta Trop. Jun;59(3):251-3.
- [3] Nwoke (B.E.), Nduka (F.O.), Okereke (O.M.), Ehighibe (O.C.), 1993. Sustainable urban development and human health: septic tank as a major breeding habitat of mosquito vectors of human diseases in south-eastern Nigeria. Appl Parasitol. Feb;34(1):1-10.
- [4] Wirth (M.C.), Marquine (M.), Georgiou (G.P.), Pasteur (N.), 1990. Esterases A2 and B2 in *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae): role in organophosphate resistance and linkage. Department of Entomology, University of California, Riverside 92521. J Med Entomol 1990 Mar;27(2):202-6
- [5] Jones C, Machin C, Majambere K, Ali S, Khatib A, Mcha O, Ranson H, Kelly-Hope LA. Insecticide resistance in *Culex quinquefasciatus* from Zanzibar: implications for vector control programmes. Parasit Vectors. 2012; 5:78
- [6] Akogbeto M, Djouaka R, Noukpo H. Use of agricultural insecticides in Benin. Bull Soc Pathol Exot 2005;98:400-405
- [7] Yadouleton A, Padonou G, Asidi A, Moiroux N, Bio Bangana S, Corbel V, N'Guessan R., Gbénou D., Imorou Y., Gazard K., Akogbéto M. Insecticide resistance status in *Anopheles gambiae* in southern Benin. Malar J 2010a 9:83. doi: 10.1186/1475-2875-9-83
- [8] Yadouleton AW, Martin T, Padonou G, Chandre F, Alex A, Djogbenou L, Dabiré R, Aïkpon R, Glitoh I, Akogbeto MC., Cotton pest management strategies on the selection of pyrethroid resistance in *Anopheles gambiae* populations in northern Benin. Parasites and Vectors 2011, 4:60
- [9] A. Yadouléton, K. Badirou , R. Agbanrin, H. Jöst, R. Attolou, R. Srinivasan, G. Padonou M. Akogbéto ; 2015. Insecticide resistance status in *Culex quinquefasciatus* in Benin. Parasites and Vectors. 8:17-29
- [10] Akogbeto M, Padonou G, Gbénou D, Irish S, Yadouleton A. Bendiocarb, a potential alternative against pyrethroid resistant *Anopheles gambiae* in Benin, West Africa. Malar J, 9:204. (2010)
- [11] Corbel V, N'Guessan R, Brengues C, Chandre F, Djogbenou L, Martin T, Akogbeto M, Hougard JM, Rowland M: Multiple insecticide resistance mechanisms in *Anopheles gambiae* and *Culex quinquefasciatus* from Benin, West Africa. Acta Trop 2007, 101:207-21
- [12] Ouedraogo (T.D.), Baldet (T.), Skovmand (O.), Kabre (G.), Guiguemde (T.R.), 2005. Susceptibility of *Culex quinquefasciatus* to insecticides in Bobo Dioulasso, Burkina Faso. Bull Soc Pathol Exot. 2005 Dec; 98(5) : 406-10. French.
- [13] A. Yadouleton, R. Agbanrin, C. Vodounon, G. padonou, K. Badirou, R. Attolou, F. Ursins, J. Zola, H. Allagbé, and M. Akogbéto; 2014. "Seasonal distribution of *Aedes aegypti* in southern Benin: a risk of dengue virus transmission to urban populations. International Journal of Innovation and Applied Studies 9:648-654
- [14] Gillies MT, de Meillon B: The Anophelinae of Africa South of the Sahara (Ethiopian zoogeographical region). Johannesburg. The South African Institute for Medical Research; 1968
- [15] WHO. Evaluation de la santé. Rapport sur la Santé dans le monde. La vie au 21^è siècle, une perspective pour tous, World Health Organisation (ed), Genève Suisse, 1998, 43-65.
- [16] Martinez Torres D, Chandre F, Williamson M S, Darriet F, Berge JB, Devonshire AL, Guillet P, Pasteur N, and Pauron D. Molecular characterization of pyrethroid knockdown resistance (kdr) in the major malaria vector *Anopheles gambiae* s.s. Insect Mol Biol 1998 ; 7: 179-84
- [17] Weill M, Duron O, Labbe P, Berthomieu A, Raymond M., Insecticide resistance in the mosquito *Culex pipiens*. Med Sci, 2003; 19 1190-1192.
- [18] Hemingway J, Hawkes N, Prapanthadara L, Jayawardenal KG, Ranson H. The role of gene splicing, gene amplification and regulation in mosquito insecticide resistance. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. 1998 Oct 29;353(1376): 1695-9
- [19] Martin T, Assogba-Komlan F, Sidick I, Ahle V, Chandre F: An acaricide-treated net to control phytophagous mites. Crop Protection 2010, 5: 470-475.
- [20] Chandre F, Darriet F, Duchon S, Finot L, Manguin S, Carnevale P, and Guillet P: Pyrethroid cross resistance spectrum among populations of *Anopheles gambiae* s.s. from Cote d'Ivoire. J Am Mosq Control Assoc 1999b, 5: 53-59.
- [21] Aïkpon R, Agossa F, Ossè R, Oussou O, Aïzoun N, Oké-Agbo F, Akogbéto M: Bendiocarb resistance in *Anopheles gambiae* s.l. populations from Atacora department in Benin, West Africa: a threat for malaria vector control. Parasit Vectors. 2013, 6: 192-10.1186/1756-3305-6-192.

ANÁLISIS, INCIDENCIA Y MITIGACIÓN DE UN ATAQUE BASADO EN DICCIONARIO

[ANALYSIS, INCIDENCE AND MITIGATION OF A DICTIONARY-BASED ATTACK]

Alfonso Guijarro Rodríguez¹, Lorenzo Cevallos Torres¹, and David Cárdenas Giler²

¹Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador

²Carrera de Ingeniería en Sistemas Administrativo Computarizado, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, 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: The negligence of network administrators has let intruders affect computer systems, generating significant losses in business. The most common security threats to computer crimes are aimed at obtaining privileged access to the system through dictionary-based attacks or brute force. The research analyzes the growth curve that has experienced in the last 5 years this technique and explains why its growth and popularity, detailing its performance, implementation process and to the extent that could compromise an organization if successful. Traditional methodologies considered essential to install multiple software tools to mitigate this threat managing to control, adjust and monitor internal security policies reducing network vulnerabilities. This document is intended to reduce the chances of success and the impact caused by attacks based on dictionary, for this a test scenario was created with virtualization tools, and additionally social engineering is explained as a primary factor in the development of this attack finally necessary security stockings were implemented to mitigate this crime.

KEYWORDS: Unauthorized access; dictionary attack; credentials; brute force; password ; Informatic security; vulnerabilities.

1 INTRODUCCIÓN

La seguridad informática ha evolucionado a tal punto que se ha vuelto una necesidad dentro de las organizaciones, debido al aumento de los delitos informáticos que tienen como finalidad comprometer la continuidad de las empresas. Con el aumento de las tecnologías en la última década, los dispositivos portables se conectan a internet en forma exponencial, lo que supone una mejora en materia de comunicación y movilidad, también incrementan los riesgos a los que están expuestas esas nuevas tecnologías como Smartphone, Smartwatch, tablet, entre otros, de sufrir algún tipo de ataque informático que comprometa la confidencialidad y la autenticidad de los datos [1].

La introducción de la domótica en la automatización de los hogares, ha establecido un nuevo campo de acción para los atacantes, domótica implica que los electrodomésticos y demás aparatos de los hogares cuenten con tecnologías capaces de conectarse a internet [2], lo que evidentemente implica riesgos, y consecuencias de un ataque a sistemas automatizados hogareños que pueden repercutir en daños a nivel de datos, y que también pueden comprometer físicamente a los usuarios [3].

Ningún sistema de seguridad es 100% confiable, a pesar de que las empresas que ofrecen soluciones a nivel de seguridad están investigando y desarrollando nuevas técnicas para la prevención de ataques informáticos, lo cierto es que siempre existirán brechas de seguridad, producto de un mal diseño del software o por falta de mecanismos o conocimientos por parte de los encargados de aplicar la seguridad informática. Paralelamente al desarrollo de los sistemas de seguridad, los hackers o crackers también desarrollan e investigan acerca de los sistemas informáticos pero con el objetivo de vulnerar el sistema, a través del ataque basado en diccionario, el cual busca las credenciales de acceso para comprometer en su totalidad a la

organización en caso de llegar a efectuarse exitosamente, este ataque tiene una particularidad, su éxito se basa en gran medida a la capacidad de procesamiento de datos que posea el equipo atacante, capacidad que cada día se incrementan debido a las nuevas tecnologías desarrolladas para maximizar el rendimiento de los equipos informáticos, por este motivo necesitamos conocer su funcionamiento y sus variables de ataque, con el objetivo de implementar mecanismos eficaces que puedan reducir la probabilidad la éxito del ataque o minimizar los daños provocados por el mismo.

Existen varios autores que han abordado el tema de seguridad informática y sus distintos métodos de ataques, a manera de introducción [4] explica generalidades y pautas sobre la seguridad informática y sus puntos más relevantes. [5] propone una simulación de varios ataques dirigidos a las redes IP en un ambiente corporativo real, [6] evalúa y analiza varios escenarios de ataques informáticos para proponer medidas para la mitigación de los mismos. Con la información y resultados obtenidos [7] profundiza en el ataque DOS, analizándolo y recreando un escenario de prueba destinado a la ejecución del ataque, con el fin de responder ¿en qué grado puede afectar un ataque DOS a la continuidad de un negocio?, y complementariamente [8] explica como el uso de técnicas y habilidades sociales pueden comprometer gravemente a la seguridad informática.

La técnica que se analizara es un ataque de fuerza bruta basado en diccionario, se escogió este método porque desde el año 2010 ha venido en constante incremento, así lo registra UNAN-CERT [9], siendo el año 2015 cuando el BF (brute force), llegó al primer lugar entre varios métodos de ataque como botnets, malware, DOS, entre otros. La investigación iniciará con un análisis del ataque para estudiar sus puntos críticos y conocer sobre los mecanismos que utilizan, con estos datos como base se recreará un escenario virtual sobre el que se ejecutará el ataque posteriormente se implementarán mecanismos de defensas como IPTABLES y UTM para monitorear y controlar los ataques y finalmente se efectuará un análisis de resultados, para llegar a una conclusión que aporte científicamente a la mitigación de los efectos causados por este tipo de ataque o en el mejor de los casos a protegernos en su totalidad.

2 METODOLOGÍA

Se realizó una revisión de la bibliografía referente a diversos escenarios de ataques a sistemas informáticos, para tener una referencia sobre las herramientas que utilizan los distintos autores y los resultados que obtienen, en base a esto se recreó un escenario capaz de simular un ataque de diccionario, con el propósito de estimar el grado de incidencia que tiene en los sistemas informáticos y proponer técnicas y planes de contingencia en el caso de que el ataque se efectivice.

Sistemas operativo: Se utilizó sistemas operativos basados en Linux, para la máquina atacante se utilizó Kali Versión 2016.1 que es una distribución basada en Debian desarrollada para efectuar Pentesting y auditorías de seguridad, guarda en sus repositorios centenares de herramientas utilizadas para pruebas de penetración, análisis forense, ingeniería inversa, ataques a redes inalámbricas, entre otras [10]. Para la máquina víctima se implementó un sistema operativo Ubuntu Server en su versión 14.04 [11], que funciona como servidor ftp, web-server, y el acceso remoto se manejó mediante SSH.

Técnicas y herramientas: El servidor web estará trabajando sobre Apache2 versión 2.4.10, complementado por PHP5 versión 5.6.17 y una base de datos MYSQL versión 5.0.67, para transferir los archivos al servidor web se habilitó el servicio VSFTP versión 3.0.2, y se realizó la configuración de las IPTABLES con las medidas de seguridad adecuadas.

Ataque basado en diccionario: Para realizar las pruebas se utilizó el software TCH-HYDRA versión 8.0, especializado en ataques de fuerza bruta usando diccionario, mientras que para elaborar el diccionario se hizo uso de CRUNCH versión 3.6, un software que mediante el uso de comandos de configuración nos permite personalizar muy detalladamente nuestro diccionario.

Control de tráfico y monitoreo: Se usó un UTM de la marca SOPHOS en su versión 9.4, para controlar el tráfico que genera un ataque de diccionario, el UTM ofrece métodos y herramientas para mitigar y prevenir de futuros ataques a la red. Para medir el uso de recursos internos se utilizó las herramientas propias de los sistemas operativos que permiten tener datos estadísticos sobre el rendimiento y el tráfico a nivel de host, complementado con Wireshark un sniffer de red para monitorear el tráfico que se genera en un segmento específico de la red.

2.1 CARACTERÍSTICAS Y ANÁLISIS DEL ATAQUE DE DICCIONARIO

Un ataque de diccionario es un método sistemático para intentar descubrir la cuenta de usuario y/o contraseña, en base a directrices previamente establecidas el método de ataque prueba combinaciones de números, símbolos y letras. El hecho de que con un sencillo script, se puedan realizar varios ataques a distintas organizaciones lo convierten en uno de los principales métodos para vulnerar un sistema informático [12]. En la tabla 1 se visualiza una matriz de los factores críticos en este tipo de ataque.

Tabla 1. Factores que influyen en un ataque de diccionario

Factor	Importancia
Procesamiento	Mientras mayor sea la capacidad de procesamiento mayor número de credenciales son comprobadas, es decir, se reduce el tiempo de ejecución
Tiempo de ejecución	El tiempo es crucial porque un ataque de diccionario genera un tráfico detectable por los IDS, es decir mientras más tiempo este en ejecución el ataque más expuestos estamos frente a las defensas de seguridad
Diccionario	El diccionario es la base para un buen ataque, en él se almacenaran los posibles usuarios y/o contraseñas, un buen diccionario se arma en base al perfil de la víctima o de la organización.
Vulnerabilidades de credenciales	A pesar de que existen muchas fuentes de información que nos explican la necesidad de una contraseña robusta, existen aún personas que prefieren usar credenciales por defecto o credenciales fáciles de recordar, estas credenciales son las más expuestas a un ataque de este tipo.

Nota: En la tabla 1 se explican los puntos relevantes dentro de un ataque de diccionario, y una breve descripción de la importancia que tienen dentro de un ataque de este tipo.

El proceso en un inicio parece ser sencillo pero, [13] existen grandes inconvenientes a nivel matemático, porque cada vez que se desea agregar un carácter más a la cadena, o ampliar el diccionario de entrada esta crece exponencialmente. El método matemático consiste en una matriz numérica, estructurada a partir de un abecedario de entrada y el tamaño de la cadena, con estas variables se realiza una operación matemática/logarítmica cuyo resultado es el diccionario, en la tabla 2 se presenta una matriz referencial, en la cual el abecedario estará en la primera columna, el tamaño de la cadena en la segunda columna y en la tercera se presentará el número de posibles usuarios o contraseñas que contendrá nuestro diccionario para posteriormente usarlo en el ataque de diccionario.

Tabla 2. Matriz de una cadena para un ataque de diccionario

Abecedario	Tamaño de la cadena	Número de cadenas
Solo números	6	1 000 000
Números y una letra minúscula	6	3 200 000
Números y dos letras minúsculas	6	10 240 000
Solo letras minúsculas	6	1 073 741 824
Letras mayúsculas y minúsculas	6	68 719 476 736

Nota: La tabla 2 ejemplifica la creación de un diccionario, exponiendo el número de credenciales totales que se emplearán dependiendo de las variables de entrada en este caso el abecedario y el tamaño de la cadena.

El resultado es abrumador, se obtienen cantidades exorbitantes con una cadena de solo 6 caracteres, ahora, que pasaría si se desea usar un diccionario con una cadena de 7 caracteres, con un abecedario de números, letras y símbolos especiales, y factor adicional, si no conocemos el usuario ni contraseña, las posibilidades de éxito en el ataque disminuyen significativamente por la razón de que se tendría demasiada información, la misma que posiblemente ni si quiera logre vulnerar el sistema, es por esto que en primer lugar se realiza una enumeración pasiva para obtener datos críticos o indicios de posibles usuarios o contraseñas.

2.2 ESTADÍSTICAS DE LOS ATAQUES A REDES EN EL AÑO 2015

UNAN-CERT [9] es un equipo de profesionales que recopilan los datos referente a la seguridad informática de las empresas que deseen formar parte de este proyecto, en la tabla 3 podemos observar las estadísticas de los ataques a las redes informáticas en los últimos años.

Tabla 3. Estadísticas trimestrales de los ataques más comunes en 2015

	Brute Force	Bots	Malware	Worms	DDos	Spam	Defacement	XSS	Redireccionamiento	Pishing	Total
1ºer trimestre	2549	213	13	2	15	5	5	0		3	0 2963
21do Trimestre	93	395	5	19	1	4	3	4		1	0 525
31er Trimestre	2476	70	152	63	4	2	1	1		0	1 2770
41to Trimestre	532	23	8	0	0	2	2	0		0	0 567
Total	5650	859	178	84	20	13	11	5		4	1 6825

Fuente: UNAN-CERT, se observa que en el 2015 el método preferido por los atacantes ha sido el uso de fuerza bruta para vulnerar los sistemas informáticos.

Las estadísticas mostradas justifican el propósito de esta investigación, [9] es evidente que los ataques de fuerza bruta son los más ejecutados en el año 2015, un dato relevante son los tiempos que se manejan entre ataques, se observa en la tabla que de enero a marzo se reportaron el 45% de los ataques, mientras que los siguientes tres meses tan solo el 5%, esta variante de porcentajes es debido a la necesidad de realizar una enumeración pasiva, que es el método para recopilar información relevante de la víctima antes de lanzar el ataque activo, [13] el uso del ataque de fuerza bruta está tomando mayor relevancia en los últimos años por su capacidad de ejecutar ataques distribuidos a varios servidores sin la necesidad de intervención humana, el proceso es automatizado mediante el uso de un script o de un software previamente configurado. A continuación en la tabla 4 analizamos el ataque de fuerza bruta durante los ultimo 5 años.

Tabla 4. Estadísticas de los ataques desde el 2010 al 2015

Año	Nº de ataques de fuerza bruta	Equivalente en porcentaje
2010	2357	67,52%
2011	297	11,00%
2012	24811	21,25%
2013	8812	55,20%
2014	13712	64,93%
2015	5650	82,78%

Fuente: UNAN-CERT, la primera columna indica el año, la segunda el número de ataques por año, y la tercera es el porcentaje que representa el ataque de fuerza bruta por año.

Es evidente que desde el año 2013 el ataque de fuerza bruta ha significado la principal amenaza para los sistemas informáticos, [5] esto en general a la falta de políticas seguridad por parte de los administradores y lo predecible que puede ser el factor humano, este último se vuelve un punto crítico dentro de la aplicación de mecanismos de seguridad, como consecuencia se deben fortalecer las políticas de contraseñas para disminuir el riesgo que puede presentar una organización frente a el ataque de fuerza bruta.

3 DESARROLLO

El proceso práctico se desarrolló en 3 etapas, la primera etapa es el proceso pasivo en el cual el atacante busca conocer las posibles vulnerabilidades usando herramientas como NMAP o un analizador de vulnerabilidades este tipo de ataques es el más difícil de detectar para los mecanismos de defensa de las empresa porque son ataques que no generan trafico malicioso, solo realizar un escaneo en general a todas las posibles brechas de seguridad, en el proceso pasivo también se dan los ataques de ingeniería social que buscan mediante métodos sociales inducir a algún miembro de la empresa a revelar información que puede servir de base para futuros ataques, por último la generación del diccionario para efectuar el ataque también se incluye aquí puesto que se la realiza sin conocimiento ni relevancia para la víctima. El proceso activo es el ataque propiamente dicho, aquí se realizaron las pruebas con la herramienta HYDRA este proceso si genera un tráfico detectable para los sistemas de defensa, una vez efectuado el ataque se explicaran las medidas adecuadas para minimizar el riesgo de que ocurran este tipo de ataques, aplicando seguridad a nivel de host, luego a nivel de segmento de red, y por ultimo centralizando las medidas de seguridad con un gestor unificado de amenazas, a continuación se observan las tres etapas en detalle en la Figura 1.

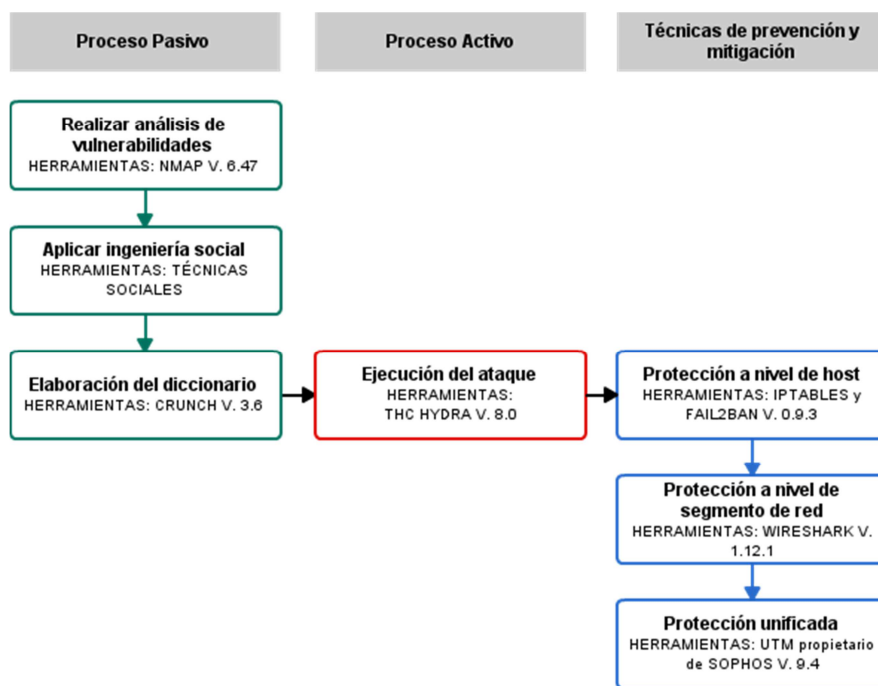


Fig. 1. Proceso para realizar un ataque por diccionario

En la Figura 1 se observa el esquema práctico utilizado para realizar el ataque, el proceso pasivo que consta de recopilar información, el proceso activo que es el ataque en concreto y las técnicas de prevención son los mecanismos implementados para contrarrestar el ataque.

3.1 CONFIGURACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LOS RECURSOS PARA LAS MÁQUINAS VIRTUALES

Para las prácticas de laboratorio usaremos plataformas virtuales, debido a que es más sencillo el manejo y la configuración de las mismas, principalmente por el ahorro de espacio y de recursos físicos, en la tabla 5 podemos verificar la distribución de las máquinas y software que usaremos en la práctica.

Tabla 5. Características de las máquinas

Sistema Operativo	Función	Características Físicas
Debian 8 64 bits	Máquina atacante, desde la cual realizaremos los ataques de diccionario	RAM: 4 Gb Disco Duro: 320 GB Procesador: 4
Ubuntu Server 14.4	Máquina víctima, ubicado en la DMZ, administra los servicios principales	RAM: 1 Gb Disco Duro: 20 GB Procesador: 1
UTM-SHOPOS	Gestor unificado de amenazas, controla y monitorea el tráfico de red.	RAM: 256 Mb Disco Duro: 20 GB Procesador: 1
Windows 8	Cliente de la organización	RAM: 1GB Disco Duro: 20 GB Procesador: 1
Ubuntu 14	Cliente de la organización	RAM: 256 Disco Duro: 20 GB Procesador: 1

Nota: En la tabla 5 se detallan las características de las máquinas usadas para realizar las pruebas técnicas para la ejecución del ataque basado en diccionario.

3.2 ESQUEMA DE LA RED

Para el diseño del escenario se usó una herramienta disponible en Internet llamada “Cacoo” la misma que puede ser encontrada en la siguiente URL “<https://cacoo.com/lang/es/>”, muy completa y sencilla de usar, el escenario planteado es el común denominador en las redes de datos de la mayoría de las empresas, en la Figura 2 planteamos la topología y la distribución de los elementos de nuestra red experimental.

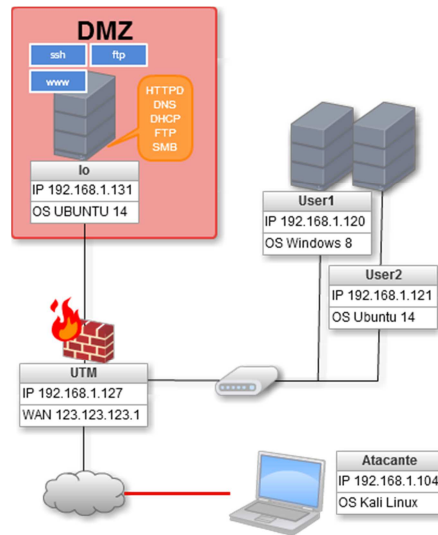


Fig. 2. Esquema de la red de pruebas

Esquema virtual sobre el que se realizaran ataques de diccionario con la finalidad implementar métodos efectivos para neutralizar o mitigar un ataque de este tipo.

3.3 ESCANEAO DE VULNERABILIDADES

La fase inicial del ataque por diccionario consiste en recopilar información relevante acerca de la organización y de los usuarios [14], en primera instancia se analizó los puertos con nmap una herramienta que nos permite mapear la red [15], es decir, analiza el estado actual de la red o un host en específico, en la Figura 3 podemos ver el resultado del nmap realizado a la máquina ubuntu server.

```
root@85626:/home/javi# nmap -sS 192.168.1.131

Starting Nmap 6.47 ( http://nmap.org ) at 2016-03-15 10:42 ECT
Nmap scan report for 192.168.1.131
Host is up (0.0014s latency).
Not shown: 997 closed ports
PORT      STATE SERVICE
21/tcp    open  ftp
22/tcp    open  ssh
80/tcp    open  http
MAC Address: 08:ED:B9:84:6C:AF (Hon Hai Precision Ind. Co.)

Nmap done: 1 IP address (1 host up) scanned in 8.15 seconds
root@85626:/home/javi#
```

Fig. 3. Resultados del NMAP a la maquina victima

En la Figura 3 se presenta el resultado el análisis de puertos con la herramienta nmap.

El comando puede ser ejecutado como usuario normal o como súper-usuario dependiendo de la configuración del administrador, existen varios comando para personalizar el análisis de puertos, dependiendo de las necesidades, en este caso usaremos el más básico, nmap que es el inicial e imprescindible, el parámetro que lo precede es -sS el cual abre parcialmente una conexión tcp, enviando un SYN y en base a la respuesta de este se genera el estado del puerto, por último la ip del a máquina víctima, en este parámetro puede darse el caso de poner un segmento de red, o especificar un puerto, para obtener un mayor detalle en la respuesta.

3.4 USO DE INGENIERÍA SOCIAL

Con los resultados del escaneo se obtiene una idea, de las cuáles son los posibles servicios que maneja la organización, a continuación se aplica ingeniería social con el fin de obtener posibles usuarios e indicios de contraseñas,[8] la ingeniería social consiste en la aplicación de técnicas sociales para obtener información o privilegios, es decir, sin el uso de herramientas informáticas, convencer a las personas de hacer o divulgar información sensible. [8] En reiteradas ocasiones se excluye al ser humano como un factor relevante al momento de aplicar seguridad informática, este al ser un ente racional y no uno cibernético, es muy impredecible y por lo tanto vulnerable a las técnicas aplicadas por los profesionales al momento de recabar información sobre credenciales de acceso o algún indicio de las mismas.

3.5 ELABORACIÓN DEL DICCIONARIO

El diccionario es el motor de búsqueda del ataque por fuerza bruta, es de donde se van a probar una a una las posibles credenciales, por lo tanto es un factor fundamental durante el ataque, un buen diccionario se realiza en base a los datos que hemos recabado durante el escaneo de vulnerabilidades y durante la fase de ingeniería social, para el caso experimental se construyó un diccionario con 10 000 posibles contraseñas, para el cual usamos una herramienta open source denominada CRUNCH es un software especializado en la creación de diccionarios informáticos, a continuación en la Figura 4 se muestra el comando utilizado al momento de crear el diccionario de datos.

```
root@85626:/home/javi# crunch 16 16 -t equal220-%%%%%%%% > dicc
ssh.txt
Crunch will now generate the following amount of data: 1700000
00 bytes
162 MB
0 GB
0 TB
0 PB
Crunch will now generate the following number of lines: 100000
00
root@85626:/home/javi# █
```

Fig. 4. Creación del diccionario de contraseñas

Nota: En la Figura 4 se observa el resultado de ejecutar la herramienta CRUNCH, se muestra el número de bits que contiene el fichero y el número de líneas del mismo.

La herramienta CRUNCH posee una gran variedad de comandos para personalizar y crear el diccionario de acuerdo a las diferentes necesidades que se presenten, la sintaxis del comando se describe a continuación; Crunch, comando identificador del software a utilizar, longitud de la cadena expresada en números enteros indica la longitud inicial y la final de la cadena, parámetros adicionales usados para personalizar el diccionario de acuerdo a las exigencias de cada usuario, el abecedario de entrada, es decir, los posibles caracteres a usar para crear el diccionario y por último se re direccionan los datos del resultado a un archivo de texto.

3.6 EJECUCIÓN DEL ATAQUE

El software THC-HYDRA [16] se ha escogido por su amplia gama de protocolos soportados, y su método de ataque sencillo pero muy eficiente, trabaja con un diccionario el cual previamente se debe tener en un documento de texto, en la Figura 5 se observa la ejecución del comando HYDRA.

```

root@85626:/home/javi# hydra -l root -P dicc_ssh.txt -vV 192.168.1.131 ssh
Hydra v8.0 (c) 2014 by van Hauser/THC & David Maciejak - Please do not use
in military or secret service organizations, or for illegal purposes.

Hydra (http://www.thc.org/thc-hydra) starting at 2016-03-15 10:48:37
[WARNING] Many SSH configurations limit the number of parallel tasks, it i
s recommended to reduce the tasks: use -t 4

```

Fig. 5. Ejecución del comando HYDRA

Nota: En la Figura 5 se observa la ejecución del comando hydra para realizar un ataque via SSH hacia la maquina Ubuntu server.

HYDRA posee multitud de variantes en sus comandos, existen ataques directos a un host en específico, pero también existe la posibilidad de realizar ataques a varios servidores, a continuación describiremos cada parámetro usado en el comando.

-l: se usa para definir un usuario, se puede usar -L para usar un diccionario.

-P: lo usamos para definir un diccionario de posibles contraseñas acompañado del diccionario en TXT.

-vV: Muestra la descripción de las acciones realizadas en tiempo real.

IP: define la IP de la maquina víctima.

Protocolo: se ubica el protocolo por el que vamos a realizar el ataque, en caso de que el puerto sea uno diferente al que se usa por defecto, tenemos que adicionarlo con el comando -s.

EL tiempo que se tome el ataque dependerá principalmente de la capacidad de procesamiento de la máquina, para el ejemplo se usó una máquina con 4 GB de RAM, y un procesado I3 de 1.8 GHz, con 4 núcleos internos, en la figura 6 se observa el uso de los distintos procesadores de la maquina kali Linux

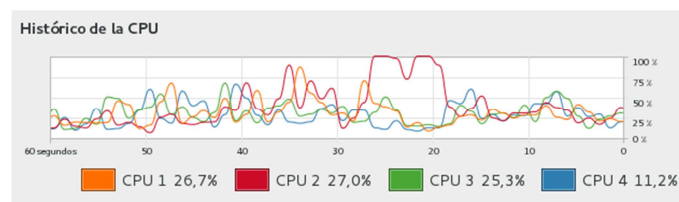


Fig. 6. Grafico del uso del procesador en la máquina atacante

Se observa en la Figura 6 el uso del procesador, especificado con un color distinto de cada núcleo interno del mismo.

En las pruebas realizadas, el tiempo que se demoró en probar las 10 000 contraseñas fue de 4 horas, evidentemente las máquinas superan con creces el rendimiento usados para ejecutar el ataque, el proceso que se realizo fue exitoso, puesto a que la máquina víctima no disponía de las medidas de seguridad adecuadas para mitigar un ataque de este tipo, a continuación se recomiendan herramientas y métodos para aumentar significativamente los parámetros de seguridad.

3.7 TÉCNICAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

El análisis de riesgos es un factor sustancial en materia de seguridad informática, se lo realiza para obtener un registro de todos los posibles ataques y sus potenciales consecuencias [17], adicional a esto también se emplea métodos estadísticos para obtener la probabilidad de que dicho riesgo se concrete [18]. Uno de los riesgos en este análisis evidentemente es la protección de los datos, y las medidas que se implementaran frente a un ataque de diccionario, inicialmente usaremos el firewall por defecto de Linux, que son las IPTABLES, lo configuraremos de tal manera que solo admita hasta 4 intentos de acceder al servicio, si se ejecutan más de 4 inmediatamente se bloquea a la IP que posiblemente está intentado vulnerar la red. Como un dato adicional existen los denominados firewall de aplicación cuya función principal es proteger únicamente algún protocolo o aplicación específica, estableciendo reglas destinadas a proteger una única vía o un único servicio [19]. En

la Figura 7 se observa las políticas para el tráfico de entrada, es aquí donde se implementó la medida de seguridad contra el ataque de diccionario.

```

root@Web-Server:~# iptables -L
Chain INPUT (policy ACCEPT)
target     prot opt source                destination
fail2ban-ssh tcp  -- anywhere              anywhere            multi
               tcp  -- anywhere              anywhere            tcp dpt:
: ftpattack side: source mask: 255.255.255.255
LOG        all  -- anywhere              anywhere            recent:
4 name: ftpattack side: source mask: 255.255.255.255 limit: avg 4/min
ix "Ataque ftp"
DROP      all  -- anywhere              anywhere            recent:
4 name: ftpattack side: source mask: 255.255.255.255

```

Fig. 7. IPTABLES configurado contra ataque de diccionario

En la Figura 7 se muestran las políticas configuradas para el servidor Ubuntu.

Las políticas se aplicaron en función a mitigar un ataque por diccionario por el puerto ftp, se limitan las posibles conexiones a 4, es decir, si se detectan más de 4 conexiones por minuto, automáticamente se bloquean todos los paquetes que tengan como origen la ip atacante, la información de los puertos y configuración de la sintaxis es obligación del administrador de red, que debe implementar políticas de seguridad para cada servicio que maneje la empresa, orientado a ataques provenientes del internet así como posibles ataques internos.

El configurar IPTABLES es una medida factible pero tiene sus limitantes, al momento de cambiar los servicios o los puertos, o cuando se necesiten incluir nuevos servicios, se deben actualizar todas las IPTABLES, como segundo método de protección a nivel de host se implementó un software llamado FAIL2BAN [20], es un software desarrollado para mitigar ataques de diccionario, el cual soporta gran variedad de protocolos, su función es sencilla, mediante un archivo de configuración, especificamos los servicios, y el número de intento de autenticación, si supera el límite establecido inmediatamente se modifican las tablas ip para denegar temporalmente o definitivamente la IP que está generando el posible ataque. En la Figura 8 observamos el fichero de configuración de FAIL2BAN.

```

[ssh]

enabled = true
port    = ssh
filter  = sshd
logpath = /var/log/auth.log
maxretry = 6

[dropbear]

enabled = false
port    = ssh
filter  = dropbear
logpath = /var/log/auth.log
maxretry = 6

```

Fig. 8. Configuración de FAIL2BAN para el servicio SSH

En la Figura 8 se especifican los parámetros de configuración para el servicio SSH.

Para proteger los segmentos de red, se utilizó un sniffer de red, usaremos una herramienta disponible en los repositorios del S.O. kali Linux llamada wireshark, la principal función del wireshark es escanear los paquetes que se envían en un segmento de red, especificando el protocolo, la ip de origen y destino, la longitud, el tiempo, un identificación y el contenido del paquete, el cual puede o no estar encriptado, en la Figura 9 se observa el resultado del wireshark al momento de realizar el ataque de diccionario.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1456	80.638372000	192.168.1.104	192.168.1.131	TCP	66	[TCP Spurious Retransmission]
1457	80.638383000	192.168.1.104	192.168.1.131	TCP	66	48658-22 [ACK] Seq=1456
1458	80.638424000	192.168.1.104	192.168.1.131	TCP	66	[TCP Spurious Retransmission]
1459	80.638434000	192.168.1.104	192.168.1.131	TCP	66	48653-22 [ACK] Seq=1458
1460	80.638447000	192.168.1.104	192.168.1.131	TCP	66	[TCP Spurious Retransmission]
1461	80.638459000	192.168.1.104	192.168.1.131	TCP	66	[TCP Spurious Retransmission]
1462	80.638471000	192.168.1.104	192.168.1.131	TCP	66	48665-22 [ACK] Seq=1461
1463	80.638519000	192.168.1.104	192.168.1.131	TCP	66	[TCP Spurious Retransmission]
1464	80.638554000	192.168.1.104	192.168.1.131	TCP	66	48649-22 [ACK] Seq=1463
1465	80.639449000	192.168.1.104	192.168.1.131	TCP	66	[TCP Spurious Retransmission]
1466	80.639461000	192.168.1.104	192.168.1.131	TCP	66	48650-22 [ACK] Seq=1465
1467	80.639504000	192.168.1.104	192.168.1.131	TCP	66	48641-22 [ACK] Seq=1466
1468	80.639515000	192.168.1.104	192.168.1.131	TCP	66	[TCP Spurious Retransmission]
1469	80.639527000	192.168.1.104	192.168.1.131	TCP	66	48659-22 [ACK] Seq=1468
1470	80.639538000	192.168.1.104	192.168.1.131	TCP	66	[TCP Spurious Retransmission]
1471	80.639582000	192.168.1.104	192.168.1.131	TCP	66	[TCP Spurious Retransmission]
1472	80.639596000	192.168.1.104	192.168.1.131	TCP	66	48645-22 [ACK] Seq=1471

Fig. 9. Paquetes filtrados por el Wireshark

En la Figura 9 los paquetes con color oscuro representa el tráfico generado por un ataque de diccionario.

Durante la ejecución del wireshark se analiza en tiempo real el tráfico generado durante el ataque por diccionario, la figura 9 revela que se está ejecutando tráfico adicional desde la maquina kali Linux, hacia la maquina con el S.O. Ubuntu server, el tráfico generado es de tipo tcp, con la característica de ser un mensaje ACK, lo que evidentemente hace referencia a un posible intento de conexión con alguno de los servicios disponibles que se ejecutan en el servidor Ubuntu, estos datos deben ser revisados y monitoreados constantemente en busca de posibles amenazas que puedan comprometer a la empresa y complementado con mecanismos de detección de intrusos para que se ejecuten acciones inmediatas en caso de detectar un tráfico similar al generado durante el ataque por diccionario.

A nivel de protección de red, se implementó un gestor unificado de amenazas por sus siglas en ingles UTM, el cual posee varias funcionalidades embebidas en una sola solución de seguridad. Las características de los UTM pueden variar dependiendo de la empresa que lo desarrolla pero las principales funcionalidades que incluyen son: antivirus, firewall, ids, ips, filtro de paquetes web, filtro de paquetes locales, entre otras funcionalidades, puede ser un dispositivo hardware o un software [21], las principales desventajas de un UTM radica en el menor grado de configuración que pueden tener las aplicaciones, y la implementación de este debe darse en un punto de convergencia de toda la red interna, obligando a que los paquetes del exterior y del interior tengan que pasar por el UTM, con esto se garantiza el correcto funcionamiento del mismo. En la Figura 10 se presentan las principales características y herramientas disponibles en el UTM de la marca SOPHOS.

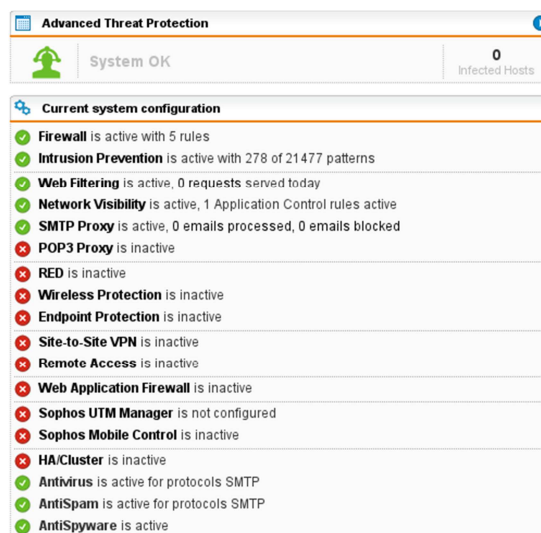


Fig. 10. Características del UTM de SHOPOS

En la Figura 10 se presentan las herramientas y métodos de seguridad que incluye el UTM de la marca SHOPOS.

Las medidas de seguridad implementadas se basan en reducir las probabilidades de que se efective el ataque, mediante el aprovechamiento de hardware y software creados específicamente para los ataques de diccionario, pero la vulnerabilidad en el factor humano siempre estará latente, y es un factor muy difícil de asegurar mediante mecanismos, los métodos adoptados por la mayoría de las empresas pasan por conferencias sobre la seguridad informática, que muchas veces no llegan a significar nada de valor o importancia para los usuarios, el riesgo humano es un factor que muy difícilmente se puede asegurar.

4 CONCLUSIONES

Los ataques de fuerza bruta basados en diccionario, son un método que puede llegar a comprometer parcial o completamente a una organización, es uno de los ataques más básicos pero también muy efectivo debido a la naturaleza matemática con la que se ejecuta. Durante el desarrollo de las pruebas de penetración, los niveles de procesamiento y el uso de recursos de la máquina atacante se incrementaron a la par de el de la máquina víctima, es decir, se puede dar el caso de que colateralmente un ataque de diccionario pueda generar una denegación de servicios, lo que evidentemente compromete en mayor grado a el desarrollo normal de las actividades de la empresa.

A pesar de los métodos implementados para aumentar los parámetros de seguridad, estos serán efectivos siempre y cuando se mantengan actualizadas las tecnologías y las defensas de la organización, se debe eliminar el paradigma de que la seguridad informática solo la deben aplicar los administradores o los departamentos pertinentes, se necesita una cooperación de todas aquellas personas que conforman una organización, ampliar el estereotipo de seguridad informática, pasar de verla como hardware y software, y empezar a centrarse más en el factor humano, capacitarlo de manera adecuada, prevenirlo y brindarle las herramientas necesarias para que pueda implementar protección a nivel de aplicaciones, concientizándolo de los riesgos potenciales que suponen los ataques informáticos y las metodologías aplicadas para mitigar el mismo, convirtiendo al factor humano en un representante más de la seguridad informática.

Una investigación a futuro se puede centrar en las vulnerabilidades de los dispositivos móviles, cuan propensos estamos a ser afectado por un ataque y cuáles son los mejores mecanismos y metodologías para proteger nuestros datos ante una amenaza cada día más latente.

Se debe implementar mecanismos de protección y mitigación a nivel de host, a nivel de segmento de red, y a nivel de red, es decir, implementar un modelo de seguridad con un diseño de cascadas, maximizando con esto la eficacia de la seguridad.

Se recomienda la utilización de un Honeypot para reconocer el tráfico que genera un ataque de diccionario, y aplicar reglas específicas al IDS con el objetivo de reducir las probabilidades de que se concrete el ataque, y alertar al administrador de la red de la ejecución del mismo.

Como método de prevención ante ataques de ingeniería social, se deben dar charlas internas sobre los potenciales riesgos que supone un ataque de ingeniería social, tanto para la empresa afectada como para el usuario.

El área de seguridad informática debe mantener un régimen de actualización constante, es decir, estar al tanto de las nuevas tecnologías que se desarrollan, y las nuevas amenazas que se dan a conocer.

Aplicar firewall de aplicación para los servicios más vulnerables de la empresa, esto como contramedida a los ataques de diccionario que siempre se efectúan a los protocolos o servicios desactualizados o con menos garantías a de seguridad [19].

REFERENCIAS

- [1] Y. Marrero Travieso, "La Criptografía como elemento de la seguridad informática," *Acimed*, vol. 11, 2003.
- [2] L. F. Herrera Quintero, "Viviendas inteligentes (Domótica)," *Rev. Ing. e Investig.*, vol. 25, no. 2, pp. 47–53, 2005.
- [3] M. A. Flórez de la Colina, "Hacia una definición de la domótica," *Inf. la construcción*, vol. 56, no. 494, pp. 11–18, 2004.
- [4] A. Chavez, "Seguridad Informática," p. 218, 2009.
- [5] H. Herrera, "SIMULACIÓN DE ATAQUES A REDES IP EN UN ENTORNO CORPORATIVO REAL," 2015.
- [6] L. Zapata, "Evaluación y mitigación de ataques reales a redes ip utilizando tecnologías de virtualización de libre distribución," *Ingenius.Ups.Edu.Ec*, pp. 11–19, 2012.
- [7] H. Avalos and E. Gómez, "Seguridad de la información, Generación y Mitigación de un Ataque de Denegación de Servicios," vol. 28, no. Diciembre, pp. 54–72, 2015.
- [8] L. Salvador, "INGENIERÍA SOCIAL Y OPERACIONES PSICOLÓGICAS EN INTERNET," *Inst. Español Estud. Estratégicos*, pp. 1–21, 2011.
- [9] UNAM-CERT, "Estadísticas de incidentes en 2015," 2015. [Online]. Available: <http://www.cert.org.mx/estadisticas.dsc>.

- [10] K. Linux, "KALI LINUX," 2016. [Online]. Available: <http://docs.kali.org/introduction/what-is-kali-linux>.
- [11] Ubuntu, "Ubuntu Server 14.04," 2016. [Online]. Available: <http://www.ubuntu.com/server>.
- [12] H. Fernández, J. Sznec, and E. Grosclaude, "Detección y limitaciones de ataques clásicos con Honeynets virtuales," 2008.
- [13] L. V, "Papel de la explosión combinatorial en ataques de fuerza bruta," vol. 1, pp. 28–32, 2013.
- [14] U. Culhuacan, Q. U. E. Para, and O. El, "ESTUDIO DE METODOLOGÍAS PARA PRUEBAS DE PENETRACIÓN A SISTEMAS INFORMÁTICOS," 2011.
- [15] "NMAP-ORG," 2015. [Online]. Available: <https://nmap.org/man/es/>.
- [16] "THC-HYDRA," 2016. [Online]. Available: <https://www.thc.org/thc-hydra/>.
- [17] C. P. C and C. G. Galindo, "Prácticas de Seguridad para el Laboratorio de Simulación de Telecomunicaciones," no. 1, 2013.
- [18] J. Duque, "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PRINCIPALES TÉCNICAS DE HACKING EMPRESARIAL," no. x, pp. 1–6, 2010.
- [19] G. Flament, J. Vera, and A. I. Aranda, "Implementación de un web application firewall basado en mod_security," 2012.
- [20] "Fail2Ban," 2016. [Online]. Available: http://www.fail2ban.org/wiki/index.php/Main_Page.
- [21] W. Flórez R, C. A. Arboleda S, and J. F. Cadavid A, "Solución Integral De Seguridad Para Las Pymes Mediante Un Utm," *Ing.USBMed*, vol. 3, no. 1, pp. 35–42, 2012.

Facteurs socio-démographiques et risque de la malnutrition protéino-énergétique chez les enfants, de 0 à 59 mois, fréquentant l'Hôpital Général de Bingerville (Côte d'Ivoire)

[Socio-demographic factors and risk of protein energy malnutrition in children less than five years old at the General Hospital of Bingerville (Côte d'Ivoire)]

Amoikon Kouakou Ernest, Essé Sonia-Estelle, Kouamé Koffi Gustave, Zoho Bi Foua Guy-Alexandre, and Kati-Coulibaly Séraphin

Laboratoire de Nutrition et Pharmacologie, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, 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: The goal of this study is to determine the socio-demographic risk factors of protein energy malnutrition in children, less than five years old, attending the General Hospital of Bingerville (Côte d'Ivoire). Anthropometry methods were used to conduct this study, using ratios of weight/height, height/age, weight/age which determine respectively acute, chronic and underweight malnutrition. Results show that on about a population of 129 children of 0 to 459 months old, 5,22 % are suffering from acute malnutrition, 14,78 % are affected by chronic malnutrition and 7,75 % are suffering from underweight. Female children are more affected than male ones. Underweight is linked to the gender of children, underweight and chronic malnutrition are linked to the number of children aged less than 5 years by compound, and the three types of malnutrition (acute, chronic, and underweight) are linked to the age of mothers.

Keywords: Children less than five years old, protein-energy malnutrition, socio-demographic factors, Côte d'Ivoire.

RESUME: Ce travail a pour but de déterminer les facteurs de risque socio-démographiques de la malnutrition protéino-énergétique chez les enfants de 0 à 59 mois, fréquentant l'Hôpital Général de Bingerville (Côte d'Ivoire). La méthodologie utilisée est basée sur l'anthropométrie. Elle donne ainsi les rapports poids pour taille (P/T), taille pour âge (T/A) et poids pour âge (P/A) qui déterminent respectivement la malnutrition aiguë, chronique et globale. Les résultats obtenus montrent que sur une cohorte de 129 enfants âgés de 0 à 59 mois, 5,22 % sont atteints de malnutrition aiguë, 14,78 % sont affectés par la malnutrition chronique et 7,75 % souffrent de malnutrition globale. Les enfants de sexe féminin sont plus malnutris que ceux de sexe masculin. Il ressort de cette étude que la malnutrition chronique est liée au sexe de l'enfant, la malnutrition chronique et globale est liée au nombre d'enfants de moins de cinq ans par ménage, et les trois types de malnutrition (aiguë, chronique et globale) sont liés à l'âge de la mère.

MOTS-CLEFS: Enfants de 0-59 mois, malnutrition protéino-énergétique, facteurs socio-démographiques, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

Sur le plan clinique, la malnutrition est caractérisée par un apport insuffisant ou excessif de protéines, d'énergie et de micronutriments, ainsi que par les infections et les troubles fréquents qui en résultent [1]. Elle reflète l'état de la sécurité nutritionnelle d'une population et se manifeste surtout chez les enfants âgés de 0 à 5 ans [2]. La malnutrition par carence

traduit un apport alimentaire insuffisant, et peut être due à une carence en micronutriments ou en macronutriments. Elle constitue la cause de plus d'un tiers de décès chez les enfants [3].

La malnutrition par carence en macronutriments ou malnutrition protéino-énergétique (MPE) existe sous trois formes que sont les formes chronique, aiguë et globale. Dans le monde, un enfant de moins de cinq ans sur trois souffre de malnutrition protéino-énergétique [4]. La forme sévère affecte plus d'un milliard de personnes dont 99 % dans les pays en développement et 642 millions de ces personnes vivent en Asie et dans le Pacifique [5]. La malnutrition infantile est la cause de 6 millions de décès par an. Les enfants de moins de 5 ans affectés par l'insuffisance pondérale sont au nombre de 146 millions dans le monde, et 178 millions de ces victimes ont une croissance retardée. En Côte d'Ivoire, la dernière évaluation nationale de l'état nutritionnel des enfants de moins de 5 ans a révélé des taux de 6,9 % d'émaciation, 34 % de retard de croissance et de 20,2 % d'insuffisance pondérale [6]. La présente étude a pour objectif de déterminer les facteurs socio-démographiques et les risques de malnutrition protéino-énergétique chez les enfants de 0 à 59 mois fréquentant l'Hôpital Général de Bingerville (Côte d'Ivoire).

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 CADRE DE L'ETUDE ET POPULATION CIBLE

L'étude s'est déroulée au service pédiatrique de l'Hôpital Général de Bingerville (Côte d'Ivoire) du 1^{er} au 31 Août 2014. La population cible est composée de 129 enfants âgés de 0 à 59 mois dont 65 de sexe féminin et 64 de sexe masculin. Les caractéristiques socio-démographiques concernent le sexe de l'enfant, l'âge de l'enfant et celui de la mère, la taille des ménages, le nombre de frères et sœurs, et celui des enfants de moins de cinq ans habitant la même maison.

2.2 MATÉRIEL TECHNIQUE

Pour déterminer le poids des enfants, deux types de balance ont été utilisées. Les enfants n'ayant pas encore la capacité de se tenir debout ont été pesés à l'aide d'un pèse bébé de marque SECA (France) ayant une précision de 100 g. Un pèse-personne de marque SECA (France) avec une portée maximale de 150 kg a servi à peser les plus grands. Le poids des enfants qui sont très agités ou qui refusent de s'arrêter est déterminé par la méthode de la double pesée. Une toise de 150 cm, conçue en bois, a servi d'instrument de mesure de la taille des enfants. La taille des enfants de moins de 24 mois est mesurée, en position couchée. Pour les enfants âgés de 24 à 59 mois, la toise est placée de façon verticale, contre un mur, l'enfant se tient debout, nu pieds et bien droit. Quelle que soit la position utilisée, la lecture se fait au 1/10^{ième} de cm près.

2.3 MÉTHODES

La méthode utilisée pour apprécier l'état nutritionnel est celle des mesures anthropométriques. Le calcul des indices anthropométriques n'est possible que si le sexe, le poids, la taille et l'âge de l'enfant sont connus. Ces indices anthropométriques sont l'indice poids pour taille (P/T) utilisé pour rechercher la malnutrition aiguë, l'indice taille pour âge (T/A), pour rechercher la malnutrition chronique ou le retard de croissance, et l'indice poids pour âge (P/A) qui permet de déterminer la malnutrition globale ou l'insuffisance pondérale. Ces indices sont exprimés en « z-score » et représente un écart-type de la mesure de l'enfant par rapport à la médiane de référence divisé par l'écart-type de référence [7]. Les différents types de malnutrition ont été définis à partir de la classification de [8] recommandée par l'OMS dans [9], [10]. Ainsi, quel que soit le type de malnutrition (malnutrition aiguë, malnutrition chronique ou malnutrition globale), la forme modérée correspond à un seuil de z-score compris entre -2 et -3 écart-type de la médiane de référence, et la malnutrition est dite sévère, lorsque la valeur du z-score est inférieure à -3 écart-type de la médiane de référence.

2.4 TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNÉES

L'analyse des données a été faite avec le logiciel « Epi info » version 3.4.5. et la version 2008 de Emergency Nutrition Sassement (ENA). Le traitement de texte a été effectué avec « Word 2010 ». Les graphiques ont été réalisés à l'aide de « Excel 2010 ». Enfin, le test du Khi deux a été utilisé pour analyser les différents liens. Le niveau de significativité est déterminé par $\alpha \leq 0,05$. Les intervalles de confiance des prévalences ont été calculés avec un niveau de confiance de 95 %.

3 RESULTATS

3.1 FACTEURS DE RISQUE SOCIO- DÉMOGRAPHIQUES

Pour une cohorte de 129 enfants dont 65 de sexe féminin (50,39 %) et 64 de sexe masculin (49,61 %), le sexe ratio masculin/ féminin est de 0,98. L'âge moyen est de 22,4 mois avec un minimum de 2 mois et un maximum de 59 mois. Les enfants âgés de moins de 6 mois constituent 10,8 % de cette population d'étude ; 16,3 % sont compris dans l'intervalle 6 à 11 mois ; 29,5 % ont entre 12 mois et 23 mois, et 43,4 % des enfants sont âgés de 24 mois et plus (Figure 1). Concernant l'âge des mères de cette population d'étude, on constate que la majorité des mères ont entre 20 et 29 ans avec un taux de 56,6 %, suivie des mères dont l'âge est compris entre 30 ans et 39 ans (30,2 %). Les mères âgées de moins de 20 ans représentent 7,8 %, et celles âgées de plus de 40 ans sont les moins représentées (5,4 %) (Figure 2).

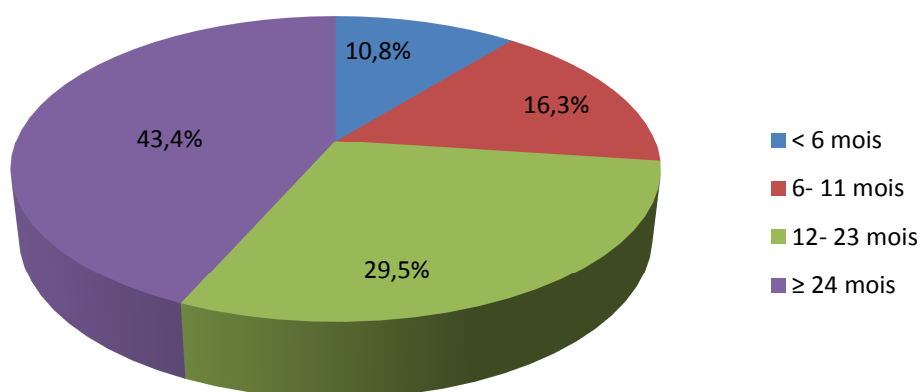


Fig. 1. Répartition des enfants selon l'âge

Effectif : 129 enfants

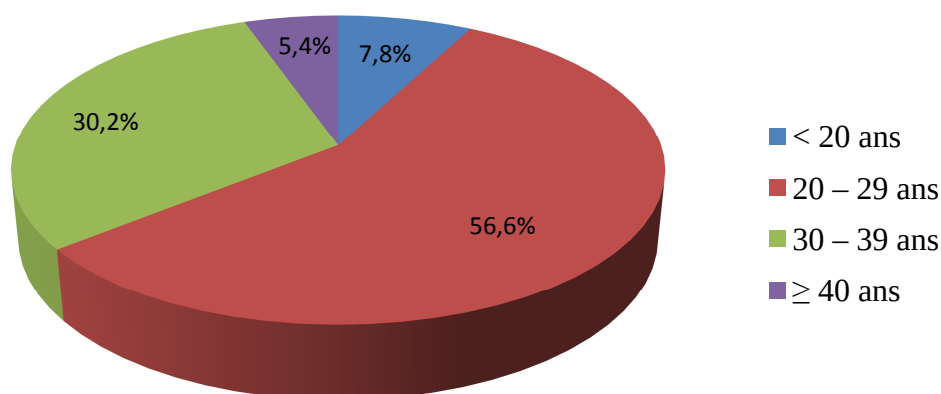


Figure 2 : Répartition des enfants selon l'âge de la mère

Effectif : 129 enfants

La taille des ménages ou le nombre de personnes par ménage a été répartie en quatre grands groupes. Le groupe des enfants issus d'une famille ayant une taille comprise entre 5 et 9 personnes représente plus de la moitié de la population avec un taux de 58,9 % ; 33,3 % de ces 129 enfants vivent dans une famille dont la taille est inférieure à 5 personnes, 7 % dans l'intervalle entre 10 et 14 personnes par ménage, les moins représentés (0,8 %) sont les enfants vivant dans une famille où il y a plus de 15 personnes (Figure 3).

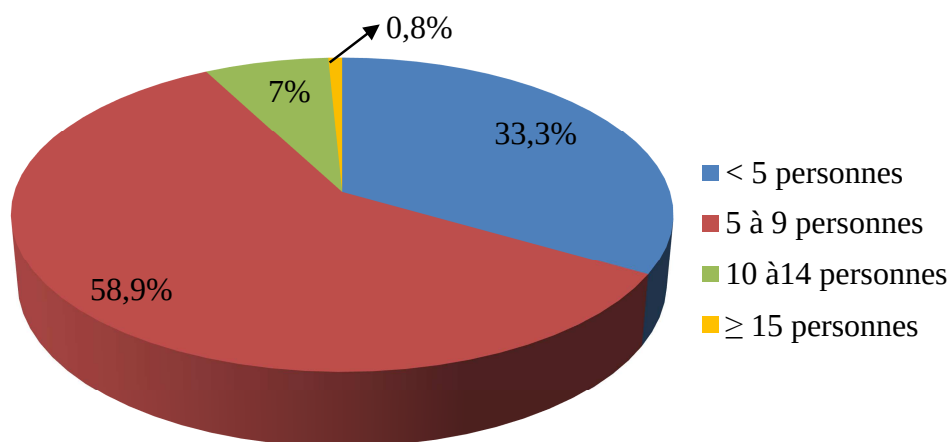


Figure 3 : Répartition des enfants selon la taille de la famille

Effectif : 129 enfants

Les enfants de moins de 5 ans ne vivant avec aucun autre enfant de cette tranche d'âge sont au nombre de 90 soit un taux de 69,8 %. Par contre, ceux vivant avec 5 autres enfants de moins de 5 ans sont les moins représentés, soit 0,8 % (Figure 4). Le dernier groupe socio- démographique étudié est le nombre de frères ou sœurs. En effet, un seul enfant (0,8 %) de cette population d'étude a 6 frères ou sœurs contre un maximum de 47 enfants (36,4 %) qui ont un seul frère ou sœur (Figure 5).

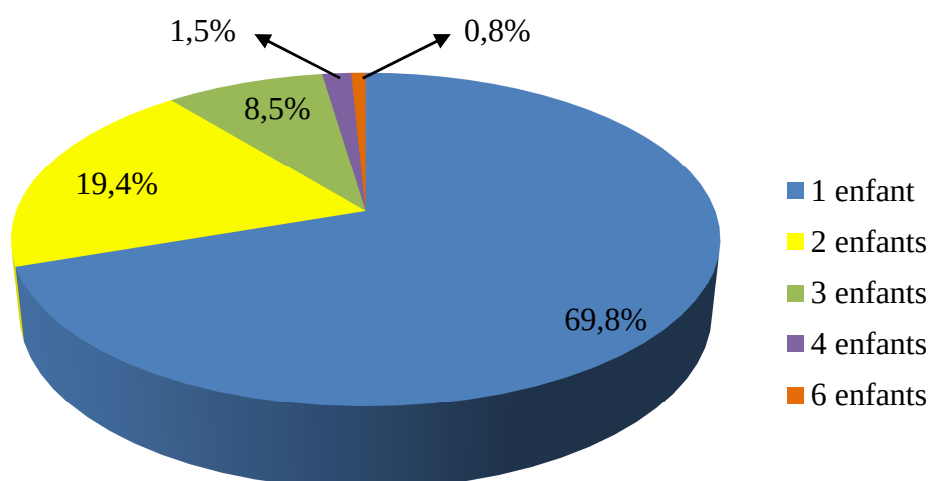


Figure 4 : Répartition des enfants de moins de cinq ans par ménage

Effectif : 129 enfants

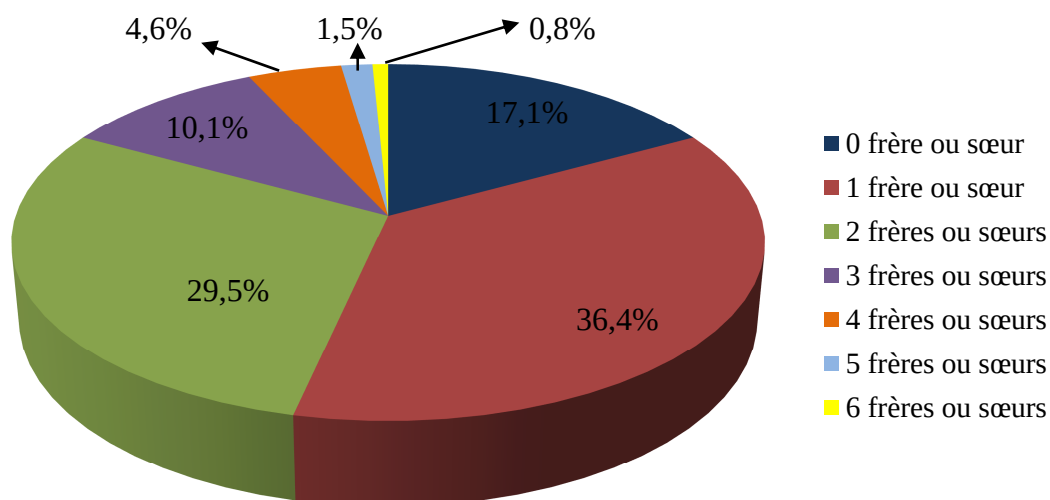


Figure 5 : Répartition des enfants selon le nombre de frères ou sœurs

Effectif : 129 enfants

3.2 PREVALENCE DE LA MALNUTRITION CHEZ LES ENFANTS DE 0 A 59 MOIS

Le type de malnutrition prédominant chez les enfants fréquentant l'hôpital général de Bingerville est la malnutrition chronique encore appelée retard de croissance. En effet, les enfants de moins de 5 ans sont plus affectés par la malnutrition chronique, avec une prévalence qui s'élève à 14,78 %, dont 8,69 % sous la forme modérée et 6,09 % sous la forme sévère. Les moins représentés sont les enfants atteints de malnutrition aiguë ou émaciation avec un taux de prévalence estimé à 5,22 %. Ceux souffrant d'émaciation modérée représente 3,48 % contre 1,74 % pour la forme sévère. Quant à l'insuffisance pondérale ou la malnutrition globale, elle porte sur 7,75 % des enfants, avec 5,43 % de ces enfants atteints de la forme modérée contre 2,32 % souffrant de la forme sévère de la malnutrition globale. De ces trois types de malnutrition, les enfants sont plus atteints par la forme modérée (Tableau I).

Tableau I : Prévalence de la malnutrition

Types de malnutrition	Absence de malnutrition <-2 z-score	Malnutrition		Total enfants malnutris
		Modérée -3 >z-score< -2	Sévère >-3 z-score	
Malnutrition aiguë ou émaciation (P/T)	109 (94,78%)	4 (3,48%)	2 (1,74%)	6 (5,22%)
Malnutrition chronique ou retard de croissance (T/A)	98 (85,22%)	10 (8,69%)	7 (6,09%)	17 (14,78%)
Malnutrition globale ou insuffisance pondérale (P/A)	119 (92,25%)	7 (5,43%)	3 (2,32%)	10 (7,75%)

Effectif total : 115 ; P/T : poids sur taille ; T/A : taille sur âge ; P/A : poids sur âge

3.3 INFLUENCE DES FACTEURS DE RISQUE SOCIO-DEMOGRAPHIQUES

3.3.1 MALNUTRITION AIGUË

L'enquête (Tableau II) a révélé que 8,8 % des enfants de sexe féminin contre 1,7 de sexe masculin sont victimes d'émaciation. La malnutrition aiguë affecte beaucoup plus les enfants de plus de 24 mois (8,9 %) que ceux âgés de moins de 24 mois (1,7 %). Les enfants dont les mères sont âgées de moins de 20 ans sont les plus atteints (20 %), contre 14,3 % pour ceux dont les mères sont âgées de plus de 40 ans et 3,1 % pour l'intervalle de 20 à 39 ans. Concernant la taille des ménages,

5,1 % des enfants issus d'une famille de moins de cinq personnes sont atteints de malnutrition aiguë contre 5,3 % des enfants issus de familles de plus de cinq personnes. Dans cette population d'étude, 7,5 % de malnutris ont plus de deux frères et sœurs contre 3,2 % qui en ont moins de deux. Les enfants de moins de cinq ans vivant seul dans une famille souffrent moins de la malnutrition aiguë (2,5 %) que ceux vivant avec d'autres enfants de cette même tranche d'âge (11,8 %). L'âge de la mère est donc un facteur de risque de la malnutrition aiguë dans cet échantillon d'enfants ($p=0,03$). Les autres facteurs (le sexe, l'âge de l'enfant, le nombre de personnes par ménage, le nombre de frères et sœurs et le nombre d'enfants de moins de cinq ans) ne représentent pas de risque pour les enfants de 0 à 59 mois ($p>0,05$).

Tableau II : Facteurs de risque socio-démographiques de la malnutrition aiguë

Variables	Modalités	Malnutrition			Probabilité P
		Oui		Non (n)	
		(n)	(%)		
Sexe	Féminin	5	8,8	52	0,09
	Masculin	1	1,7	57	
Age de l'enfant	< 24 mois	1	1,7	58	0,08
	≥ 24 mois	5	8,9	51	
Age de la mère	< 20 ans	2	20,0	8	0,03
	20- 39 ans	3	3,1	95	
	≥ 40 ans	1	14,3	6	
Nombre de personnes dans le ménage	< 5 personnes	2	5,1	37	0,97
	≥ 5 personnes	4	5,3	72	
Nombre de frères et sœurs	< 2 personnes	2	3,2	60	0,3
	≥ 2 personnes	4	7,5	49	
Nombre d'enfants de moins de 5 ans	< 2 enfants	2	2,5	78	0,12
	Entre 2 et 4	4	11,8	30	
	≥ 5 enfants	0	0,0	1	

Effectif total : 115 ; (n) : nombre d'enfants

3.3.2 MALNUTRITION CHRONIQUE

La prévalence d'enfants atteints de malnutrition chronique ou retard de croissance est de 21 % pour le sexe féminin contre 8,6 % pour le sexe masculin. Le taux est de 16,4 % pour les enfants de plus de 24 mois et 13,3 % pour ceux de moins de 24 mois. La moitié des enfants (50 %) dont les mères sont âgées de moins de 20 ans ont un retard de croissance, contre 42,8 % pour les mères âgées de plus de 40 ans, et 9,2 % pour ceux dont les mères ont un âge compris entre 20 et 39 ans. Le taux d'enfants malnutris issus d'une famille de moins cinq personnes (10,2 %) est inférieur à celui des enfants appartenant à une famille de plus de cinq personnes (17,1 %). Les enfants ayant plus de deux frères ou sœurs sont plus atteints par la malnutrition chronique que ceux ayant moins de deux frères ou sœurs (17 % contre 12,9 %). Sur les 129 enfants enquêtés, un seul vit avec cinq autres enfants âgés de 0 à 59 mois et ce dernier est atteint de retard de croissance, ce qui donne un taux de 100 % (Tableau III). L'âge de la mère et le nombre d'enfants de moins de cinq ans sont les deux facteurs de risque de la malnutrition chronique ($p=0,0002$ et $p=0,002$ respectivement). Les autres facteurs socio-démographiques ne constituent pas de risque pour les enfants de 0 à 59 mois ($P>0,05$).

Tableau III : Facteurs de risque socio-démographiques de la malnutrition chronique

Variables	Modalités	Malnutrition			Probabilité P
		Oui		Non (n)	
		(n)	(%)		
Sexe	Féminin	12	21,0	45	0,06
	Masculin	5	8,6	53	
Age de l'enfant	< 24 mois	8	13,3	52	0,65
	≥ 24 mois	9	16,4	46	
Age de la mère	< 20 ans	5	50,0	5	0,0002
	20- 39 ans	9	9,2	89	
	≥ 40 ans	3	42,8	4	
Nombre de personnes dans le ménage	< 5 personnes	4	10,2	35	0,33
	≥ 5 personnes	13	17,1	63	
Nombre de frères et sœurs	≤ 2 personnes	8	12,9	54	0,54
	> 2 personnes	9	17	44	
Nombre d'enfants de moins de 5 ans	< 2 enfants	7	8,7	73	0,002
	Entre 2 et 4	9	26,5	25	
	≥ 5 enfants	1	100	0	

Effectif total : 115 ; (n) : nombre d'enfants

3.3.3 MALNUTRITION GLOBALE

L'enquête a révélé que 10 enfants souffrent d'insuffisance pondérale et que tous ces enfants sont de sexe féminin. Le taux d'enfants malnutris âgés de plus 24 mois est estimé à 8 % contre 7,4 % pour ceux de moins de 24 mois. Les enfants dont les mères ont moins de 20 ans sont les plus malnutris avec un taux de 30 %, contrairement à ceux dont les mères ont plus de 40 ans (14,3 %) et les enfants dont les mères ont un âge compris entre 20 et 39 ans (5,3 %). Parmi les enfants atteints de malnutrition globale, 8,1 % sont issus d'une famille de plus de cinq personnes et 7 % sont issus d'une famille dont la taille est inférieure à cinq personnes. Les enfants malnutris ayant plus de deux frères ou sœurs sont estimés à 8,3 %, et ceux qui ont moins de deux frères ou sœurs, à 7,2 %. Les enfants habitant avec plus de deux autres enfants, de la même tranche d'âge, sont plus affectés par la malnutrition globale, avec un taux de 18,4 %, contre 3,3 % pour ceux vivant avec au plus deux autres enfants de moins de cinq ans (Tableau IV). Le sexe (P= 0,001), l'âge de la mère (P= 0,02) et le nombre d'enfants de moins de cinq ans (P= 0,01) constituent des facteurs de risque de la malnutrition globale chez les enfants dans cette enquête. Les autres facteurs socio-démographiques (l'âge de l'enfant, le nombre de personnes par ménage et le nombre de frères ou sœurs) ne constituent pas de facteurs de risque (P>0,05).

Tableau IV : Facteurs de risque socio- démographiques de la malnutrition globale

Variables	Modalités	Malnutrition			Probabilité P
		Oui		Non (n)	
		(n)	(%)		
Sexe	Féminin	10	15,4	55	0,001
	Masculin	0	0,0	64	
Age de l'enfant	< 24 mois	6	8	69	0,90
	≥ 24 mois	4	7,4	50	
Age de la mère	< 20 ans	3	30	7	0,02
	20- 39 ans	6	5,3	106	
	≥ 40 ans	1	14,3	6	
Nombre de personnes dans le ménage	< 5 personnes	3	7	40	0,82
	≥ 5 personnes	7	8,1	79	
Nombre de frères et sœurs	< 2 personnes	5	7,2	64	0,82
	≥ 2 personnes	5	8,3	55	
Nombre d'enfants de moins de 5 ans	< 2 enfants	3	3,3	87	0,01
	Entre 2 et 4	7	18,4	31	
	≥ 5 enfants	0	0,0	1	

Effectif total : 129 ; (n) : nombre d'enfants

4 DISCUSSION

Sur 129 enfants qui constituent la population d'étude, 5,22 % sont victimes de la malnutrition aiguë avec 3,48 % sous la forme modérée et 1,74 % sous la forme sévère. Cette prévalence est identique à celle publiée par le Ministère de la santé et de l'hygiène publique de Côte d'Ivoire [11], après une enquête basée sur la méthodologie SMART à Abidjan, donnant un taux de 5,2 % d'enfants souffrant de malnutrition aiguë, et une autre enquête réalisée dans la région des montagnes, dans l'ouest de la Côte d'Ivoire, par [12] rapportant 5,1 % de malnutrition aiguë, avec 3,5 % sous la forme modérée et 1,6 % sous la forme sévère. La malnutrition chronique est le type de malnutrition qui a la prévalence la plus élevée avec un taux de 14,78 %, dont 8,69 % pour la forme modérée et 6,09 % pour la forme sévère. Cette valeur est proche de celle estimée à 13,1 % à Abidjan par [12], mais plus faible que celle publiée par [13] en milieu urbain (16,7 %). La malnutrition globale représente 7,75 % de la population d'étude ; sa forme modérée constitue 5,43 % contre 2,32 % pour la forme sévère, alors qu'en 2010, selon le Ministère de la Santé, elle était évaluée à 8,2 % dans la ville d'Abidjan. Cela pourrait s'expliquer par la crise qu'a connue la Côte d'Ivoire en 2010.

Dans cette population d'étude, les enfants de sexe féminin sont plus affectés par la MPE que les enfants de sexe masculin (15,07 % contre 3,43 %). Cela pourrait être dû au fait que les filles sont plus vulnérables que les garçons. Ces résultats contredisent l'étude faite par [14] qui ont rapporté que la malnutrition est relativement plus ressentie au niveau des enfants de sexe masculin. L'émaciation et le retard de croissance sont plus prononcés chez ces enfants à partir de 24 mois, contrairement à l'insuffisance pondérale qui touchent beaucoup plus les enfants de moins de 24 mois. Avec une moyenne de $27,8 \pm 6,5$ ans, l'âge des mères est compris entre 16 et 47 ans. Au niveau des trois types de malnutrition, la prévalence est plus élevée chez les enfants dont les mères sont âgées de moins de 20 ans. Cette moyenne d'âge est la même que celle rapportée par [15] au Sénégal. Le jeune âge des mères serait donc un facteur favorisant la MPE ; cela pourrait s'expliquer par l'inexpérience de ces jeunes mères à prendre en charge correctement leurs enfants sur le plan nutritionnel et sanitaire.

Le nombre de frères ou sœurs ou la multiparité n'a aucune incidence sur la MPE. Cette absence de lien paraît compréhensible car le nombre d'enfants par femme ne peut pas avoir d'emblée une incidence sur la malnutrition si les naissances sont suffisamment espacées, le niveau socio-économique élevé et les règles d'hygiène respectées. Ces résultats sont en désaccord avec ceux de [16] qui a trouvé que 50 % des enfants souffrant de MPE étaient issus de mères multipares.

En revanche, le nombre d'enfants de moins de 5 ans présente une association statistiquement significative avec la malnutrition. La référence [17] a trouvé des résultats similaires dans une étude où ils ont rapporté que, dans les familles comprenant 3 enfants ou plus, de moins de cinq ans, la proportion des enfants de petit poids est de 15 %, alors qu'elle n'est que de 7 % dans les familles ne comprenant pas plus de 2 enfants de moins de cinq ans. Dans la présente enquête, l'estimation est de 18,4 % contre 3,3 %. Le lien entre la MPE et le nombre d'enfants de moins de 5 ans pourrait s'expliquer par le fait qu'un grand nombre d'enfants, à bas âge, exigent beaucoup d'attention et de ressources pour l'alimentation et les soins de santé. De plus, en dehors des jumeaux ou des enfants d'une tierce personne, il est pratiquement impossible à une mère d'avoir 3 enfants ou plus, de moins de 5 ans en respectant un intervalle de naissance adéquat.

En outre, les résultats montrent que la taille de la famille n'a aucun lien avec la MPE car les différences observées ne sont pas significatives. Une étude menée par [18] portant sur les facteurs de risque de la MPE chez les enfants de moins de 5 ans, fréquentant l'INSP d'Adjamé (Côte d'Ivoire), a également trouvé qu'il n'existe pas de relation statistique entre la malnutrition et la taille de la famille.

5 CONCLUSION

Il ressort de cette étude que la MPE sous toutes ces formes, est une pathologie très fréquente chez les enfants de 0 à 59 mois et que la forme modérée est la plus fréquente. Le retard de croissance est le type de malnutrition qui affecte beaucoup d'enfants de cette population cible, avec un taux de 14,78 %. Les enfants de sexe féminin sont les plus atteints par la MPE. L'évaluation des caractéristiques socio-démographiques a montré que l'âge de la mère est un facteur de risque de la MPE. Le nombre d'enfants de moins de 5 ans par ménage est un facteur de risque de la malnutrition chronique et de la malnutrition globale. L'utilisation de ces résultats par les pouvoirs publics serait nécessaire pour réduire le taux d'enfants malnutris dans la localité de Bingerville.

REFERENCES

- [1] WHO/FAO (2006). Etat de l'insécurité alimentaire dans le monde 2006 : éradiquer la faim dans le monde. Bilan, dix ans après le sommet mondial de l'alimentation. Rome : FAO.
- [2] Briend A. (1998). La malnutrition de l'enfant : des bases physiopathologiques à la prise en charge sur le terrain, cours dispensé dans le cadre de la Chaire Danone 1996, Institut Danone, 1998, Bruxelles, Belgique.
- [3] Black R. E. (2008). Global, regional and national causes of child mortality in 2008: a systematic analysis. *Lancet* 2010, 5 (375) : 1969- 87.
- [4] OMS (2000). Prise en charge de la malnutrition sévère. Genève : OMS, 63p.
- [5] FAO (2009). L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde : Crises économiques, Répercussions et Enseignements. Rome, FAO.
- [6] Institut National de la Statistique (2006) : Rapport d'enquête : nutrition et survie de l'enfant. Niger, Rapport final, 7 mai 2006.
- [7] OMS (2000) . Turning the tide of malnutrition: responding to the challenge of the 21st century. Geneva: WHO, 2000 (WHO/NDH/00.7).
- [8] Waterlow J. C. (1972). Classification and denutrition of protein-calory malnutrition, in *British Medical journal*, 3 : 556-569.
- [9] Martin-Prevel Y. (2006). Situation nutritionnelle au Sahel : Comment interpréter les indicateurs. Réunion technique ECHO-UE / Afrique de l'Ouest. Ouagadougou, Burkina-Faso, 21-24.
- [10] Masson L. (2007). Diversité alimentaire et situation nutritionnelle chez les enfants de 6 à 35 mois en milieu rural au Burkina-Faso. Thèse de Doctorat de l'Université Montpellier I- Montpellier II.
- [11] Ministère de la Santé et de l'Hygiène Publique (2008) : Rapport de l'Enquête Nutritionnelle basée sur la Méthodologie SMART. Région du Centre, du Nord et de l'Ouest de la Cote d'Ivoire et 5 communes d'Abidjan, juillet 2008.
- [12] Ministère de la Santé et de l'Hygiène Publique (2010) : Rapport de l'Enquête Nutritionnelle basée sur la Méthodologie SMART. Région du Centre, du Nord et de l'Ouest de la Cote d'Ivoire et 5 communes d'Abidjan, juillet 2010. 66p.
- [13] Aké-Tano O., Tiembré I., Konan Y. E., Donnen P., Dagnan N'Cho S., Dramaix M., Koffi K. et Diarra-Nama A. J. (2010). Malnutrition chronique chez les enfants de moins de 5 ans au nord de la Côte d'Ivoire. *Santé publique*. 22 (2) : 213-220
- [14] Badji M. S. et Boccanfuso D. (2006). Niveau de vie du ménage et santé nutritionnelle des enfants âgés de 0 à 59 mois au Sénégal : une étude comparée avant / après la dévaluation du francs FCA, document de travail AUF. 37p.
- [15] Fall LO A. (2011). Facteurs explicatifs de la fréquence de la malnutrition chez les enfants âgés de 0 à 5 ans dans la communauté rurale de Nguène Sarr au Sénégal.
- [16] Ouédraogo V. M. (1982). Thèse de doctorat. Malnutrition protéino calorique chez les enfants de moins de cinq ans à l'hôpital national Yalgado Ouédraogo. Thèse de Doctorat de l'Université de Rouen. 152p.
- [17] Piéchuleck H. et Mendoza A. J. (2007). Les enfants de faible poids à la naissance : exigences d'un programme de surveillance nutritionnelle. 72p.
- [18] Zahé K. A. S. (2013). Facteurs de risque de la malnutrition protéino-énergétique chez les enfants de moins de 5 ans fréquentant l'Institut National de Santé Publique. Mémoire de Master de l'Université Félix HOUPOUET- BOIGNY d'Abidjan. Côte d'Ivoire. 47p.

Caractérisation de la flore et de la végétation et potentiel de conservation de la biodiversité végétale en zone d'activités anthropiques dans le Nord-est de la Côte d'Ivoire

[Characterization of flora and vegetation and conservation capacity of plant biodiversity in anthropogenic area in the North-eastern Cote d'Ivoire]

Marie-Solange TIEBRE, Djakalia OUATTARA, Constant Yves ADOU YAO, Anthelme GNAGBO, and Kouakou Edouard N'GUESSAN

Laboratoire de Botanique, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: Flora of North Cote d'Ivoire is generally little explored than South zones. This northern flora contains plant biodiversity that should be better known. The work was conducted in the riparian zone of Kouassi N'Dawa in the department of Bondoukou. The aim is to achieve a descriptive study of vegetation and different forest and savannah ecosystems encountered on the site and their floristic composition. Two additional technical floristic data collection were in this study. This is the surface survey and the survey transect (itinerant). The sites inventories were selected according to the type of vegetation or the nearby river. The study identified 393 species in 33 surface surveys. They are divided into 292 genera and 87 families. The richest families are those of the Rubiaceae (31 species), Papilionaceae (26 species), Poaceae (23 species) and Apocynaceae and Euphorbiaceae (18 species). The vegetation types encountered are the dense dry forests, riparian forests, degraded forests, savannas and plantations. Human activities constitute a threat to plant biodiversity and could result in loss of plant species not yet described on the flora of Cote d'Ivoire. It is therefore appropriate to establish a management policy of flora of the site.

KEYWORDS: plant biodiversity, forest relics, savannas, flora richness.

RÉSUMÉ: La flore du Nord-est de la Côte d'Ivoire est généralement peu explorée comparativement aux zones Sud du pays. Cette flore septentrionale renferme une biodiversité végétale qui daigne à être mieux connue. Les travaux ont été menés dans la zone riveraine de Kouassi N'Dawa dans le département de Bondoukou. L'objectif est de réaliser une étude descriptive de la végétation et des différents écosystèmes forestiers et savaniques rencontrés sur le site ainsi que leurs compositions floristiques. Deux techniques complémentaires de collecte de données floristiques ont été lors de cette étude. Il s'agit du relevé de surface et du relevé de transect (itinérant). Les sites d'inventaires ont été choisis suivant le type de végétation ou la proximité de cours d'eau. L'étude de la flore a permis de recenser 393 espèces dans les 33 relevés de surface. Elles se répartissent en 292 genres et 87 familles. Les familles les plus riches en espèces sont celles des Rubiaceae (31 espèces), des Papilionaceae (26 espèces), des Poaceae (23 espèces) et Apocynaceae et Euphorbiaceae (18 espèces). Les types de végétation rencontrées sont les forêts denses sèches, les forêts ripicoles, les forêts dégradées, les savanes et les plantations. Les activités anthropiques représentent une menace pour la biodiversité végétale et pourrait entraîner la perte d'espèces végétales non encore décrites dans la flore de Côte d'Ivoire. Il convient donc de mettre en place une politique de gestion de la flore du site.

MOTS-CLEFS: biodiversité végétale, reliques forestières, savanes, richesse floristique.

1 INTRODUCTION

La Côte d'Ivoire, dès le début de son indépendance en 1960, a concentré son développement économique et social sur l'agriculture et l'exploitation forestière. Cette activité est exercée à la fois au niveau industriel ainsi qu'au niveau rural. Cela a entraîné une réduction importante de son couvert forestier. Les espaces forestiers qui étaient encore bien conservés ont pratiquement disparu ou ont été fragmenté en des reliques de forêts [1]. Les travaux de [2] montrent que la régression du couvert forestier est liée à l'essor de l'exploitation des espèces de bois d'œuvre. Selon ce même auteur, cette exploitation qui a débuté sous la colonisation connaît une intensification après les indépendances. Parallèlement à l'activité agricole et à l'exploitation des ressources forestières, le secteur de l'exploitation des ressources minières, qui n'occupait qu'une faible place dans l'économie ivoirienne a pris de l'essor. L'exploitation des grands gisements miniers comme l'or, le manganèse et le nickel a commencé dans différentes régions du pays [3]. Cette exploitation minière est une activité qui porte généralement atteinte à la biodiversité des zones d'exploitations. Elle constitue donc une pression supplémentaire qui vient accentuer celles déjà existantes du fait de l'exploitation forestière et de l'agriculture.

Il se pose alors la question de l'état des connaissances de la flore, de la végétation et des services écologiques de la Côte d'Ivoire. Plusieurs travaux ont été réalisés en Côte d'Ivoire sur la flore et la végétation. Le Nord-est de la Côte d'Ivoire est l'une des zones les moins étudiées. Nous pouvons citer les travaux de [4] qui traitent de l'infestation des Loranthaceae sur les ligneux des agroécosystèmes. Ceux de [5] ont porté sur la végétation herbacée des savanes. Enfin, [6] met en exergue l'importance des îlots forestiers de savane humide pour la conservation de la faune de forêt dense. La présente étude s'inscrit dans le cadre de la description de la flore et de la végétation de la zone Nord-est de la Côte d'Ivoire. Son objectif est de réaliser une étude descriptive de la végétation, des différents écosystèmes forestiers et savanicoles ainsi que leur composition floristique et leurs services écologiques.

2 MÉTHODES D'ÉTUDE

2.1 SITE D'ÉTUDE

Le site d'étude se retrouve dans la région de Bondoukou localisées entre 8° 02' Nord et 2° 47' Ouest. Il est situé à 414 km au Nord d'Abidjan, et à 12 Km à l'Ouest de la ville de Bondoukou dans le village de Kouassi N'Dawa (Figure 1). Le relief de cette région est relativement accidenté avec des collines qui peuvent atteindre 600 mètres d'altitude [7]. Les sols sont essentiellement ferrallitiques avec, dans les bas-fonds, des sols hydromorphes à engorgement temporaire. Les principales formations forestières rencontrées sur le site sont de trois types. Le type majoritairement rencontrée dans la zone est représenté par les forêts denses sèches. Ensuite, on distingue les forêts denses semi décidues. Le troisième type forestier est composé de forêts ripicoles et de forêts galeries.

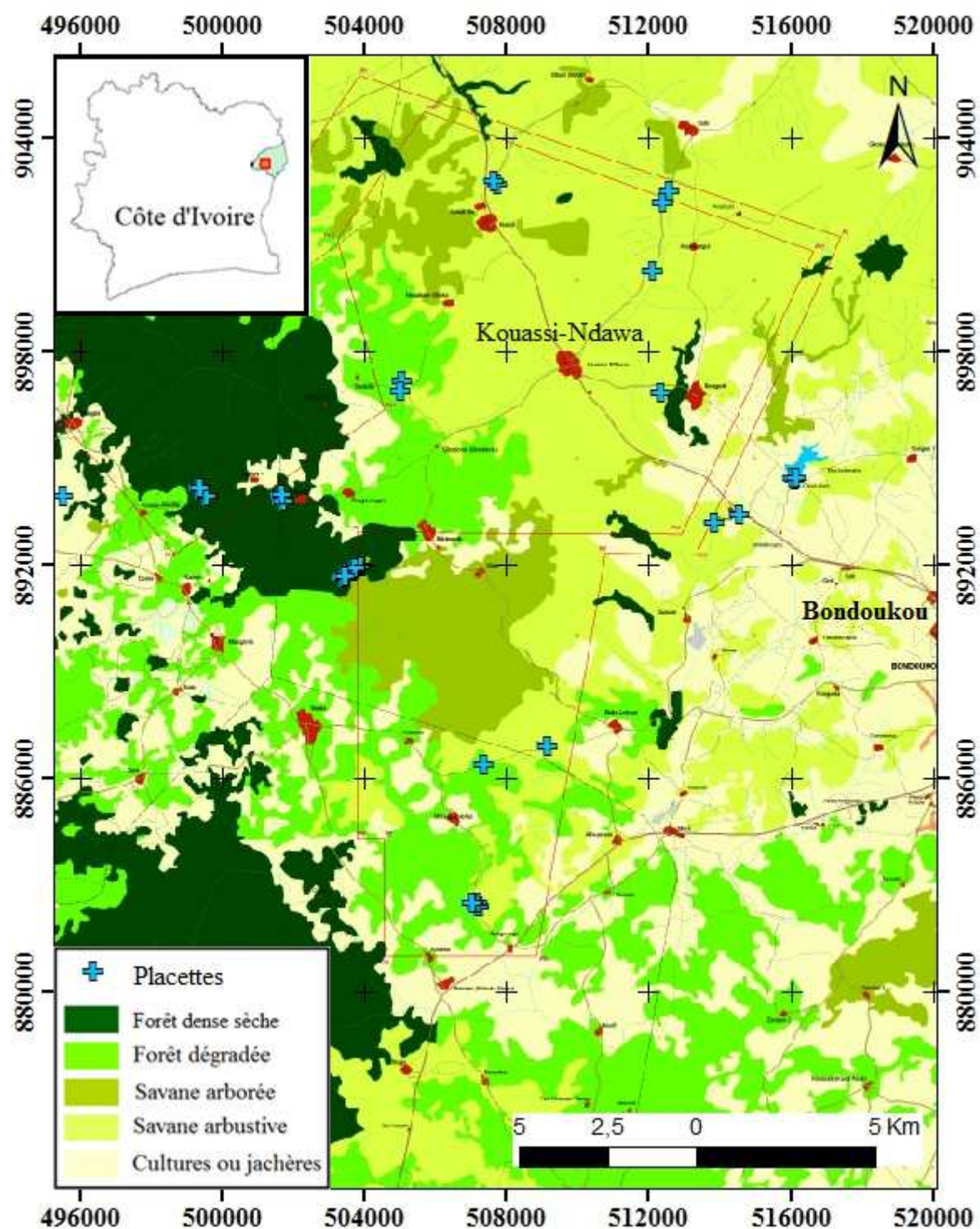


Fig. 1. Disposition des placettes dans la zone d'étude

2.2 COLLECTE DES DONNÉES

Deux techniques complémentaires de collecte de données floristiques ont été utilisées lors de cette étude. Il s'agit du relevé de surface et du relevé de transect (itinérant). Les sites d'inventaires ont été choisis suivant le type de végétation ou la proximité de cours d'eau.

Le relevé de surface a consisté à délimiter 33 parcelles de 10 m x 10 m (100 m²) chacune. À l'intérieur de cette surface, toutes les espèces de plantes rencontrées ont été recensées. Seuls les ligneux à circonférence supérieure ou égale à cinq centimètres ont été pris en compte. Des relevés itinérants ont été réalisés sur les transects, les pistes et certains endroits très difficiles d'accès, d'une placette à une autre et autour des placettes. Les espèces observées, dans ce deuxième type d'inventaire, sont notées et des échantillons récoltés pour compléter la liste floristique générale du site.

2.3 ANALYSE DES DONNÉES

La **diversité spécifique** est une mesure de la composition en espèces d'un peuplement qui tient compte, du nombre d'espèces et de leur abondance relative. Dans le cadre de cette étude, l'**indice de diversité de Shannon** [8] a été utilisé pour effectuer ces calculs. Si nous désignons par N la fréquence totale des S espèces considérées, n_i la fréquence d'une espèce i et P_i (n_i/N) la fréquence relative de l'espèce i , alors l'indice de Shannon se résume à l'expression mathématique suivante :

$$I = - \sum_{i=1}^S P_i \times \log_2 P_i$$

Pour un peuplement, l'**équité** [9] renseigne sur la répartition des fréquences entre les différentes espèces. Ainsi, le calcul de l'indice de diversité spécifique est souvent accompagné de celui de l'équité, car deux peuplements à physiologie différente, peuvent avoir la même diversité. L'équité E s'obtient en rapportant la diversité observée à la diversité théorique maximale. Elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une espèce et vers 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance. Dans le cas où cet indice tend vers 1, le milieu en question est dit équilibré. L'indice d'équité se calcule selon la formule mathématique suivante :

$$E = \frac{I}{\log_2 S}$$

Les méthodes d'ordination permettent une étude globale des relations entre des espèces et des variables à travers des représentations graphiques. Ces méthodes permettent de mieux comprendre les relations entre les espèces végétales d'un site donné et les paramètres qui guident la présence, l'abondance, ou la fréquence de ces espèces. La méthode d'Analyse Canonique des Correspondances [10] utilisé dans le cadre de cette étude permet de confronter directement dans une seule analyse, des variables environnementales et des espèces végétales [11] [12]. L'ordination qui en résulte est faite suivant des axes qui sont une combinaison de variables environnementales qui expliquent le mieux la variation (ou la dispersion) de la matrice espèce. L'ordination a été faite en tenant compte de la physiologie des formations végétales. Pour chaque parcelle, le type de végétation a été décrit. Le logiciel Canoco pour Windows version 4.5 a été utilisé pour l'analyse canonique des correspondances [13].

3 RÉSULTATS

3.1 COMPOSITION ET RICHESSE FLORISTIQUE

L'étude de la flore a permis de recenser 393 espèces dans les 33 relevés de surface. Elles se répartissent en 292 genres et 87 familles. Vingt-cinq genres sur les 292 (soit 8,6%) sont représentés par plus de trois espèces. Les genres les plus représentés sont : *Ficus* (11 espèces), *Cissus* (6 espèces) et *Cola*, *Combretum*, *Dioscorea* et *Terminalia* (5 espèces chacune). La majorité des genres recensés (267 soit 91,4%) dans les placettes sont représentés par un maximum de deux espèces. Les familles les plus riches en espèces sont celles des Rubiaceae (31 espèces), des Papilionaceae (26 espèces), des Poaceae (23 espèces) et Apocynaceae et Euphorbiaceae (18 espèces). L'étude a également permis de recenser 42 espèces dans les relevés de transects (itinérants). Elles représentent celles non observées dans les placettes réalisées.

3.2 DIVERSITÉ QUALITATIVE DU SITE

Parmi les espèces recensées, *Dalbergia oblongifolia* et *Uvaria tortilis* sont signalées comme des espèces endémiques ouest africaines. De ces deux espèces, *Uvaria tortilis* est une endémique ivoirienne selon les listes de [14]. *Cola caricaefolia* et *Turraea heterophylla* sont signalées comme endémiques de la région phytogéographique de la Haute Guinée par [15].

L'étude a identifié 6 espèces (Tableau I) considérées comme rares et menacées d'extinction sur les listes de [16]. L'étude floristique a également permis de recenser 14 espèces classées sur la liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature [17]. La confrontation de la liste des espèces récoltées avec celle de l'UICN a permis de distinguer *Azelia africana*, *Albizia ferruginea*, *Anopyxis klaineana*, *Entandrophragma angolense*, *Entandrophragma cylindricum*, *Garcinia afzelii*, *Khaya grandifoliola*, *Khaya senegalensis*, *Nesogordonia papaverifera*, *Robynsia glabrata* et *Vitellaria paradoxa* comme espèces vulnérables. Les espèces *Milicia excelsa*, *Pterocarpus santalinoides* et *Triplochiton scleroxylon* sont de préoccupations mineures.

Tableau I : Espèces rares et menacées d'extinction selon [16] observées sur le site

N°	Espèces	Type de menace	Chorologie
1	<i>Garcinia afzelii</i> (Clusiaceae)	rare, devenue rare, en voie d'extinction	GC-SZ
2	<i>Garcinia kola</i> (Clusiaceae)	rare, en voie d'extinction	GC
3	<i>Lannea nigritana</i> (Anacardiaceae)	rare, devenue rare, en voie d'extinction	GC
4	<i>Milicia excelsa</i> (Moraceae)	rare, devenue rare, en voie d'extinction	GC-SZ
5	<i>Robynsia glabrata</i> (Rubiaceae)	rencontrée exceptionnellement	GC
6	<i>Uvaria tortilis</i> (Annonaceae)	rare, devenue rare, en voie d'extinction	GCI

3.3 DIVERSITÉ QUANTITATIVE DE LA FLORE RECENSÉE

La diversité quantitative est calculée en tenant compte des différents types de végétations que sont les forêts denses sèches, les forêts ripicoles, les savanes et les plantations. Les résultats obtenus sont compilés dans le tableau II. Les forêts sont plus diversifiées que les savanes et les plantations. L'équitabilité est plus élevée au niveau des forêts ripicoles. Les espèces de ce milieu sont presque toutes aussi abondantes les unes que les autres.

Tableau II : Indices de diversité suivant les différents biotopes

Types de végétation	Indice de Shannon (H)	Equitabilité E
Forêts denses sèches	5,04	0,96
Forêts ripicoles	4,79	0,98
Savanes	4,44	0,97
Plantations	4,38	0,97

3.4 GROUPEMENTS VÉGÉTAUX DU SITE ÉTUDIÉ

L'ordination par l'Analyse Canonique de Correspondance (ACC) a permis de mettre en relation deux matrices de données. La première matrice est celle des 33 relevés et des 393 espèces. Ces espèces sont représentées par leur abondance dans les différents relevés. La deuxième matrice est celle des 33 relevés qui sont décrits suivant les types de végétation que sont les forêts denses sèches, les forêts ripicoles, les forêts dégradées, les savanes et les plantations. En couplant les données floristiques et environnementales, on remarque que la distribution des espèces est influencée par les paramètres environnementaux à des degrés divers (Tableau III). La figure 2 montre la distribution des espèces suivant les différents types de biotopes observés sur le site d'étude.

Tableau III : Relations entre espèces et variables environnementales

Axes de l'ACC	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4	Inertie totale
Valeurs propres	0,584	0,36	0,173	0,123	4,252
Corrélations espèces / paramètres environnementaux	0,93	0,864	0,789	0,598	
Valeurs cumulatives de la variance (p.c.)	13,7	22,2	26,3	29,2	
	47,1	76,1	90,1	100	

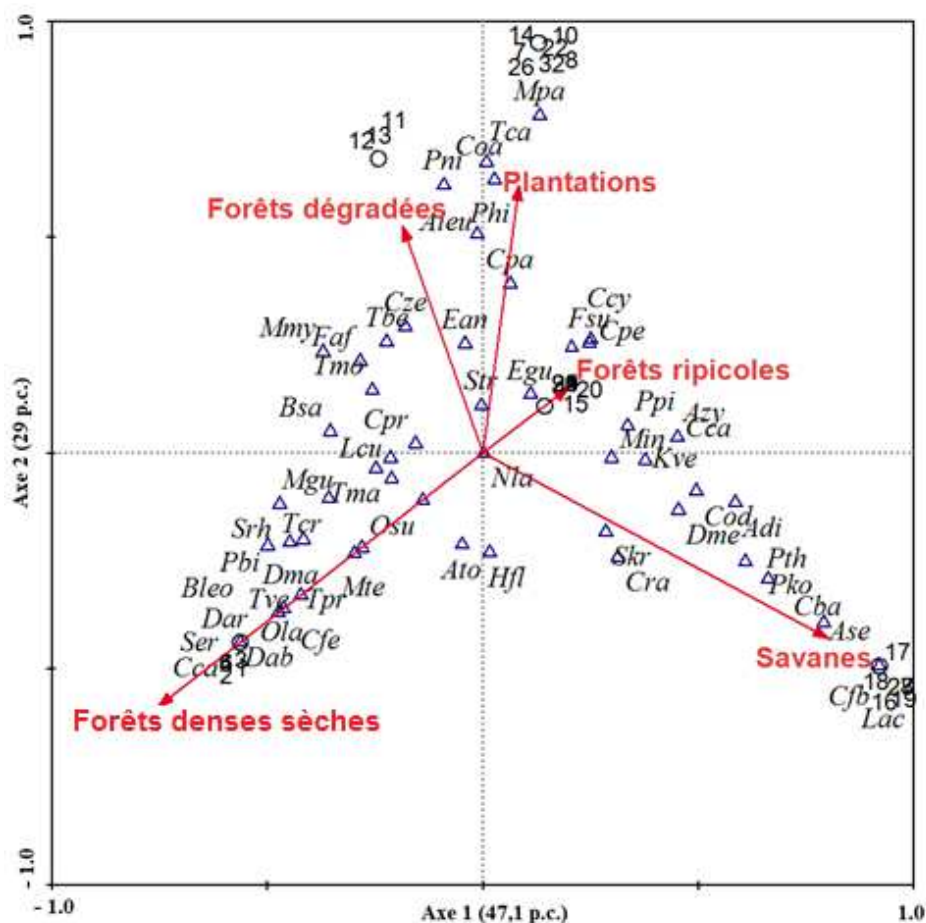


Fig. 2. Graphe de l'ACC montrant la distribution des espèces suivant les types de biotopes

Les types de végétation rencontrés sont :

- Les forêts denses sèches

Ce sont des forêts denses sèches rencontrées dans les zones culminant à 600 mètres d'altitude. Ce sont les biotopes les mieux conservés. Ces forêts sont constituées de *Dialium guineense*, *Pouteria robusta*, *Parkia bicolor*, *Terminalia superba*, *Trilepisium madagascariense* et *Cola gigantea* pour la strate haute et de *Trichilia prieuriana*, *Sterculia rhinopetala*, *Sterculia tragacantha*, *Lecaniodiscus cupanioides*, *Cola millenii*, *Teclea verdoorniana*, *Diospyros abyssinica* et des petits individus des espèces de la plus haute strate pour la strate intermédiaire et de quelques herbacées telles que *Streptogyna crinita*, *Oplismenus hirtellus*, *Olyra latifolia* et quelques jeunes ligneux.

- Les forêts dégradées

Ces forêts occupent quelques rares plaines et les flancs des montagnes. Ce sont des forêts denses semi décidues agressées par les populations des villages mitoyens qui sont avant tout des agriculteurs. Les espèces caractéristiques de cette végétation sont *Milicia excelsa*, *Pouteria robusta*, *Triplochiton scleroxylon* et *Celtis* spp pour les strates arborées. La strate arbustive est caractérisée par des espèces telles que *Sterculia rhinopetala*, *Trichilia prieuriana* et *Teclea verdoorniana*. La strate herbacée est quant à elle composée, essentiellement, de *Streptogyna crinita*, *Oplismenus hirtellus*, *Acroceras zizanioides*.

- Les forêts ripicoles

Ces formations végétales longent les cours d'eaux dans les savanes et dans les reliques de forêts. Elles sont généralement assez étroites et forment une frange d'environ 100 m de largeur. Elles se présentent sous forme d'une végétation fermée dans laquelle l'on retrouve des épiphytes et des lianes. La végétation ligneuse dans ce milieu est multi stratifiée et atteint 15 à 20 m de hauteur par ses plus grands arbres à l'exemple de *Cleistopholis patens*, *Cola cordifolia*, *Cola gigantea*, *Ceiba pentandra*, *Khaya grandifoliola*, *Berlinia grandiflora*, *Detarium macrocarpum*, *Mimusops kumel* et *Pterocarpus santalinoides*.

- Les savanes

Les savanes sont des formations à structures variantes rencontrées sur le site. On distingue les savanes arborées situées aussi bien au sommet des collines que sur les pentes et les plateaux. Elles sont constituées de petits arbres et d'arbustes disséminés dans le tapis graminéen. Dans ces formations, on distingue trois strates pour la partie ligneuse. Le premier niveau d'arbres est compris entre 8 et 15 m de hauteur et constitue la strate arborée formée principalement de *Azelia africana*, *Lophira lanceolata*, *Parkia biglobosa*, *Daniellia oliveri*, *Erythrophleum guineense*. Ensuite, on rencontre des savanes arbustives. Elles sont composées d'un tapis graminéen surmonté d'arbustes. L'étage arbustif atteint une hauteur maximale de 6 m. Les ligneux sont très espacés avec un couvert herbacé pouvant être dégradé laissant apparaître des sols nus par endroits. Dans cette formation, le plus souvent, on ne rencontre plus que des arbustes disséminés. Les espèces caractéristiques sont *Albizia zygia*, *Detarium microcarpum*, *Pericopsis laxiflora*, *Terminalia glaucescens*, *Securinega virosa*, *Bridelia ferruginea* et *Bauhinia thonningii*. Enfin, les savanes herbeuses sont des formations végétales caractérisées par un tapis graminéen continu où arbres et arbustes sont presque absents. Elles sont constituées essentiellement d'une strate formée de hautes graminées atteignant plus de 2 m et recouvrant totalement le sol. Parmi celles-ci, les espèces les plus fréquentes sont *Andropogon gayanus*, *Cymbopogon giganteus* var. *giganteus*, *Imperata cylindrica*, *Loudetia simplex*, ainsi que de nombreuses Cyperacées telles que *Cyperus distans*, *Cyperus laxus* subsp. *buchholzii* *sphacelatus*, *Cyperus niveus* var. *tisserantii*, *Fimbristylis dichotoma* et diverses herbacées ou semi-ligneuses non graminéennes : *Combretum lamprocarpum*, *Crotalaria lachnosema*, *Borreria stachydea*. En période de saison sèche, cette végétation herbacée est brûlée et il ne reste plus que quelques rejets de petits ligneux.

- Les plantations

Certaines jachères sont transformées en plantations d'anacarde. Ces types de biotopes contiennent une grande quantité d'espèces héliophiles. Bien que renfermant quelques grands arbres, la végétation est dominée par des arbustes, et sa composition floristique est dominée par *Chromolaena odorata*, par des espèces héliophiles telles que *Albizia* spp., *Ficus* spp., *Solanum rugosum*, *Trema orientalis*. Les jachères se rencontrent de façon éparse sur l'ensemble de la zone d'étude. La présence de pieds d'anciennes cultures tels les caféiers, les cacaoyers, les bananiers et l'igname complète la composition floristique de ce type de végétation.

4 DISCUSSION

Le site étudié renferme la plupart des différents types de végétation du secteur mésophile du domaine guinéen. Cette flore a fait l'objet de peu d'inventaires botaniques comparativement à la partie Sud du territoire ivoirien [19] [20] [21]. Les inventaires réalisés dans le cadre de cette étude ont permis de rencontrer une espèce non encore signalée dans les travaux consultés sur la flore ivoirienne. Il s'agit de *Rauvolfia caffra* Sond., Apocynaceae. Force est donc de constater que dans cette flore du Nord-est de la Côte d'Ivoire, les activités anthropiques contribuent à la perte d'une diversité biologique qui est encore très peu connue. Cela s'observe dans la végétation naturelle qui est en régression constante. Les savanes herbeuses qui contiennent très peu de ligneux prennent le pas sur les savanes arbustives. Ensuite, les reliques de forêts ne sont rencontrées que sur les collines. Ces espaces forestiers sont plus diversifiés que les savanes. On peut donc affirmer que le recul de la forêt au profit des savanes herbeuses constitue une perte évidente de la biodiversité végétale. Les travaux de [18] dans une zone de contact forêt savane présentent des résultats similaires. Actuellement au niveau des écosystèmes naturels, les savanes couvrent les plus grandes superficies. Cependant, elles sont également menacées par les plantations d'anacarde. Sur la carte d'occupation de sol, toutes les végétations identifiées comme forêts dégradées et savanes arborées ou arbustives sont en transformation. Elles deviennent toutes des plantations d'anacarde. Le cortège d'espèces du site montre que celui-ci est riche. Le site renferme à la fois des espèces de savane et de forêt. Il présente une richesse floristique proche de celle du Parc National de la Comoé [19] [20] [21]. Cependant, les efforts de conservation doivent être concentrés sur les forêts denses sèches et les forêts ripicoles qui sont les plus riches et les plus diversifiées pour une gestion durable des ressources végétales.

5 CONCLUSION

L'étude de la flore et de la végétation et du potentiel de conservation de la biodiversité végétale en zone d'activités anthropiques dans le Nord-est de la Côte d'Ivoire a permis de recenser 393 espèces dans les 33 relevés de surface. Elles se répartissent en 292 genres et 87 familles. Six espèces sont considérées comme rares et menacées d'extinction sur les listes de [16]. L'étude floristique a également permis de recenser 14 espèces classées sur la liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature. Les forêts denses sèches rencontrées dans les zones d'altitude sont les biotopes les mieux conservés du site. Ces forêts sont constituées de *Dialium guineense*, *Pouteria robusta*, *Parkia bicolor*, *Terminalia superba*, *Trilepisium madagascariense* et *Cola gigantea*. On observe également des formations végétales le long des cours d'eaux. Il

s'agit de forêts ripicoles caractérisées par des espèces telles que de *Cleistopholis patens*, *Cola cordifolia*, *Cola gigantea*, *Ceiba pentandra*, *Khaya grandifoliola*, *Berlinia grandiflora*, *Detarium macrocarpum*, *Mimusops kumel* et *Pterocarpus santalinoides*. On rencontre également des savanes qui présentent des structures et des compositions différentes suivant les zones. Le site étudié renferme la plupart des différents types de végétation du secteur mésophile du domaine guinéen, des forêts denses sèches, des forêts ripicoles, des savanes arborées et des savanes herbeuses. Ces écosystèmes renferment une biodiversité végétale encore mal connue et menacée de disparition du fait des activités anthropiques.

REFERENCES

- [1] Kouamé N. F., 1998. - Influence de l'exploitation forestière sur la végétation et la flore de la forêt classée du Haut Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat 3e cycle, Université de Cocody-Abidjan, 227 p.
- [2] Lanly J., 1969. - Regression de la forêt dense en Côte d'Ivoire. *Revue Bois et Forêts des Tropiques*, 127: 45-59.
- [3] MME, 2013. - Gîtes et indices minéraux de la côte d'ivoire. Ministère des Mines et de l'Energie, 12p.
- [4] Amon D.-E. A., Soro D. et Traore D., 2015. - Evaluation de l'infestation des Loranthaceae sur les ligneux des agroécosystèmes de la région du Sud-Comoé (Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(4) : 1822-1834.
- [5] Fournier A., 1983. - Contribution à l'étude de la végétation herbacée des savanes de Ouango-Fitini (Côte d'Ivoire), les grands traits de la phénologie et de la structure. *Candollea*, 38: 237-265.
- [6] Mühlenberg M., Galat-Luong A., Poilecot P., Steinhauer-Burkart B. et Kühn I., 1990. - L'importance des îlots forestiers de savane humide pour la conservation de la faune de forêt dense en Côte d'Ivoire. *Revue Ecologie (Terre Vie)*, 45: 197-214.
- [7] Guillaumet J. L. et Adjanohoun E., 1971. - La végétation de la Côte d'Ivoire. In *Le milieu naturel de Côte d'Ivoire*. Avenard, J.-M., M. Eldin, G. Girard, J. Sircoulon, P. Touchebeuf, J.-L. Guillaumet, E. Adjanohoun et A. Perraud. Mémoires ORSTOM, Paris (France), 50: 157-268.
- [8] Shannon C. E., 1948. - A Mathematical Theory of Communication. *The Bell System Technical Journal* 27: 379-423.
- [9] Piélou E. C., 1966. - Species diversity and pattern diversity in the study of ecological succession. *J. Theor. Biol.*, 10: 370-383.
- [10] Ter Braak C., 1985. - Correspondence analysis of incidence and abundance data: properties in terms of a unimodal response model. *Biometrics*, 41: 859-873.
- [11] Jongman R., Ter Braak C. et Van Tongeren O., 1995. - *Data Analysis in Community and Landscape Ecology*. Cambridge, Cambridge University Press, pp. 57-69.
- [12] Legendre P. et Legendre L., 1998. - *Numerical Ecology*, English 2nd edition. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 213 p.
- [13] Ter Braak C. et Smilauer P., 2002. - *Canoco for Windows version 4.5*. Biometris-Plant Research International, Wageningen.
- [14] Aké Assi L., 1984. - Flore de la Côte d'Ivoire : étude descriptive et biogéographique avec quelques notes ethnobotaniques : tome 3. Analyse des caractères de la flore ivoirienne : considérations générales. Thèse de Doctorat, Université d'Abidjan, 1069 p.
- [15] Poorter L., Bongers F., Kouamé F. N. et Hawthorne W., 2004. - *Biodiversity of West African forests: an ecological atlas of woody plant species*, CABI, 541 p.
- [16] Aké-Assi L., 1998. - Impact de l'exploitation forestière et du développement agricole sur la conservation de la diversité biologique en Côte d'Ivoire. *Le Flamboyant*, 48: 20-21.
- [17] UICN, 2008. - *IUCN Red list threatened Species*. IUCN Conservation Monitoring Centre, Cambridge, UK.
- [18] Sangne Y. C., 2009. - Dynamique du couvert forestier d'une aire protégée soumise aux pressions anthropiques : cas de la Forêt Classée de Téné dans le Département d'Oumé (Centre-ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université de Cocody-Abidjan, 167 p.
- [19] Roth H. H., Mühlenberg M., Röben P. et Steinhauer B., 1979. - Etat actuel des parcs nationaux de la Comoé et de Taï ainsi que de la Réserve d'Azagny et propositions visant à leur conservation et à leur développement aux fins de promotion du tourisme. Tome IV : Réserve d'Azagny. FGU KRONBERG, Kronberg, Allemagne et Abidjan, : 164 pp et annexes.
- [20] Koulibaly A. V., 2008. - Caractéristiques de la végétation et dynamique de la régénération, sous l'influence de l'utilisation des terres, dans les mosaïques forêts-savanes des régions de Lamto et du Parc National de la Comoé en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, Université de Cocody-Abidjan., 111 p.
- [21] Kouassi K. E., Sangne Y. C. et N'da D. H., 2014. - Typologie de la végétation par une approche de signature spectrale dans le sud du parc national de la comoé (nord-est Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*, 10(36) : 270-289.

ETUDE COMPARATIVE DE LA CROISSANCE D'OREOCHROMIS MACROCHIR ET OREOCROMIS NILOTICUS EN ELEVAGE A LA FERME NAVIUNDU

Simon Isaac KABEYA MWEPU

Doctorant et Assistant senior, Institut Supérieur de Statistique de Lubumbashi,
B.P. 2471, Lubumbashi, Province du 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: *Objective:* The author compares the growth curves and in weight of *Oreochromis Macrochir* and *Oréochromis Niloticus* in raising in the Naviundu firm of Lubumbashi city during four periods of 3 months individually in order to determine the best fish to raise and the good period of raising.

Methodology and Results: The comparison was about 360 alevins of which 180 of *Oréochromis Macrochir* race and 180 of *Oréochromis Niloticus* race elevated during four active periods from August to October (100 alevins), from November to January (100 alevins), from February to April (100 alevins) and from May to July (60 alevins). During the periods of management, the alevins are sinned, weighed and measured handed to water every 10 days. The results gotten by ANOVA method show that concerning the weights and the sizes, the *Macrochir* presents a better result than the *Niloticus*. Concerning the periods of raising, the active period from August to October gives good results followed by the active period from February to April, and by the active period from November to January and finally the last period is the one which run from May to July. This one constitutes the worst period for the raising of the *Oréochromis*.

KEYWORDS: Comparison, Growth, *Oréochromis Macrochir*, *Oréochromis Niloticus*, Alevins, ANOVA, Naviundu.

RESUME: *Objectif:* L'auteur compare la croissance en taille et en poids d'*Oreochromis Macrochir* et d'*Oréochromis Niloticus* en élevage à la ferme Naviundu de Lubumbashi au cours de quatre périodes de 3 mois chacune en vue de déterminer le meilleur poisson à élever et la bonne période d'élevage.

Méthodologie et Résultats: La comparaison a porté sur 360 alevins dont 180 de race *Oréochromis Macrochir* et 180 de race *Oréochromis Niloticus* élevés au cours de quatre périodes allant d'Aout à Octobre (100 alevins), de Novembre à Janvier (100 alevins), de Février à Avril (100 alevins) et de Mai à juillet et (60 alevins). Pendant les périodes de gestion, les alevins sont péchés, pesés et mesurés puis remis à l'eau tous les 10 jours. Les résultats de l'ANOVA obtenus montrent que concernant les poids et les tailles, le *Macrochir* présente un meilleur résultat que le *Niloticus*.

Concernant les périodes d'élevage, la période allant du mois d'Août au mois d'octobre donne des bons résultats suivi de celle allant du mois de Février au mois d'Avril puis la période allant du mois de Novembre au mois de Janvier et enfin la dernière période qui est celle allant du mois de mai au mois de Juillet qui constitue la plus mauvaise période pour l'élevage de l'*Oréochromis*.

MOTS-CLEFS: Comparaison, Croissance, *Oréochromis Macrochir*, *Oréochromis Niloticus*, Alevins, ANOVA, Naviundu.

INTRODUCTION

Les Tilapias sont des poissons exotiques à chair blanche et ferme, riche en vitamines du complexe B, en vitamines D, en sélénium et en phosphore¹. Ils sont de la famille des cichlides. Ce sont des poissons d'élevage par excellence, ils constituent l'une des principales espèces d'aquaculture en Asie, en Afrique et en Amérique du Sud. Au niveau mondial, il est le deuxième poisson le plus élevé après le carpe.

Le Tilapia est un poisson low cost très rentable ! Peu cher à nourrir, très résistant, bien adapté à l'aquaculture (il a besoin de peu de place). Il est souvent produit sans toujours suivre les normes de qualité exigées en Europe². Ces avantages font du Tilapia le poisson d'élevage le plus consommé au monde.

La population de la ville de Lubumbashi ne cesse d'augmenter, la quantité de condiment nécessaire à sa nourriture devient de plus en plus grande d'où la nécessité de trouver une source efficace de production de ces aliments. La chair de poisson étant un aliment parmi les plus appréciés de la population de Lubumbashi ; l'élevage du poisson peut constituer une réponse efficace à ce problème. Heureusement, il existe plusieurs types de poisson dans notre contrée. Mais, deux races de Tilapia microphage (*Oréochromis Macrochir* et *Oréochromis Niloticus*) sont particulièrement utilisés en élevage courant depuis qu'il a été démontré que le *Tilapia rendalli*, qui était largement utilisé en pisciculture intensive jusqu'en 1956 provoquait la surpopulation rapide des étangs suite à sa croissance relativement lente et sa reproduction abondante³. Malheureusement, Les deux espèces de Tilapia microphages ont exactement les mêmes exigences écologiques et surtout s'excluent mutuellement⁴. **Alors devant ce choix, quel type d'*Oréochromis* élever et à quelle période de l'année peut-on espérer obtenir le meilleur rendement dans l'élevage de ce poisson ?**

La ferme Naviundu étant située à Lubumbashi, dans le Sud de la province du Haut Katanga, province dans laquelle le climat est plus proche du climat du Sud du continent d'où est originaire *Oréochromis macrochir*, devait logiquement avoir des meilleurs résultats dans l'élevage de ce poisson plutôt que dans celui de son homologue *Oréochromis niloticus* qui, lui, est originaire du Nil situé au Nord du continent.

Plusieurs études ont été menées à ce sujet, nous citerons la thèse de Docteur IPUNGU Lushimba portant sur l'Influence de la température de l'eau sur la croissance et la reproduction d'*Oréochromis macrochir*⁵ et dont cet article constitue une suite logique dans la mesure où il ajoute l'aspect comparatif entre la croissance des *Oréochromis macrochir* et *Oréochromis niloticus* pendant des périodes particulières de l'année. D'autres auteurs ont travaillé sur la croissance des poissons d'eau douce. Il s'agit de B. Merona, T. Hecht et J. Moreau qui déclarent que dans les régions subtropicales, un seul arrêt de croissance annuel est, en général, observé pendant l'hiver et la reprise de croissance, qui correspond à la période de formation de la marque, intervient lorsque la température augmente⁶. Ils ajoutent disant que dans le sud-est africain, la plupart des travaux font état d'une reprise de croissance pendant le printemps austral. Dudley (1974) observe la formation d'une marque entre octobre et janvier chez les *Tilapia rendalli* et *Oréochromis macrochir* de la plaine d'inondation de la Kafue⁷.

Dans les eaux des régions subtropicales, tropicales et équatoriales, cette explication est pour la plupart du temps, insuffisante dans la mesure où les écarts de température sont souvent faibles⁸

¹ www.passeportsanté.net/fr/Nutrition/encyclopedieAliments/Fiche consulté le 31/05/2016 à 13H30'

² www.consoglobe.com/decouvrez-Tilapiapoisson-plus-consommé-monde-cg consulté le 11/06/2016 à 13H38'

³ Bard et al cité par IPUNGU LUSHIMBA dans « L'Influence de la température de l'eau sur la croissance et la reproduction d'*Oréochromis Macrochir* », p. 1

⁴ Thys van den Audenaende D. F. E., Révision systématique des espèces Congolaises du genre *Tilapia* (Pisces : Cichlidae) Ann. Mus. R. Afr. Cent. Ser. 8 Sci. Zool. P 124.

⁵ IPUNGU LUSHIMBA R., 2009, L'influence de la température de l'eau sur la croissance et la reproduction d'*Oréochromis Macrochir*, Thèse présenté en vue de l'obtention du grade d'Agrégé de l'enseignement Supérieur en Médecine Vétérinaire, UNILU, Inédit.

⁶ B. de Merona et al, www.researchgate.net/publication/32982766_croissance_des_poissons_d'eau_douce_africains, p. 193. Consulté le 13/06/2016 à 14H18

⁷ Dudley cité par B. de Merona et al, op cit, p. 194

⁸ Idem

Ces affirmations de Merona montrent bien que les poissons d'eau douce subissent une période d'arrêt de croissance à certaines périodes de l'année suite à des conditions particulières dues à la chute de température ou à un arrêt de l'alimentation lié à la période de reproduction.

Malheureusement affirme encore B. Merona et all dans les eaux subtropicales, tropicales ou équatoriales cette explication (sur les arrêts de croissances dues à la chute de température) est insuffisante dans la mesure où les écarts de températures souvent faibles⁹.

La ferme Naviundu localisée dans la ville de Lubumbashi qui elle-même est située dans le climat tropical se trouve bel et bien dans le dernier cas cité ci-dessus. D'où l'importance d'une étude comme celle-ci qui vise à désigner les périodes de bonne ou de mauvaise croissance des Tilapias d'élevage dans un milieu tropical.

Pour pouvoir procéder à cette comparaison, nous avons utilisé les résultats des mesures prises sur les alevins élevés à la ferme Naviundu pendant quatre (4) périodes différentes à savoir :

- du mois d'Août au mois d'Octobre : période du passage de la saison sèche à la saison de pluie. Elle est caractérisée par une chaleur élevée, souvent avec des faibles quantités de pluies car ces dernières commencent à tomber dans la ville vers le milieu du mois d'Octobre.
- du mois de Novembre au mois de Janvier : période de la saison de pluie au Sud de la R.D.C. Cette période présente une dualité entre les fortes chaleurs et les fortes pluies suivies d'une petite saison sèche généralement à la fin du mois de décembre ou au début du mois de janvier. Cette petite saison sèche constitue une perturbation importante dans l'élevage des *Tilapias* suite au changement de température dans le milieu.
- du mois de Février au mois d'Avril : période de la saison de pluie avec beaucoup des pluies aux mois de Février et mars et relativement moins de pluies dans la deuxième quinzaine du mois d'Avril qui constitue une période de transition de la saison de pluie à la saison sèche.
- du mois de Mai au mois de Juillet : période de la saison sèche australe avec des températures basses entraînant un froid très dense dans les contrées de la province du Haut Katanga.

Pour pouvoir réaliser cette comparaison, nous avons utilisé :

- une analyse descriptive au moyen des courbes d'évolution des gains de poids et de taille,
- deux analyses de la variance (une première pour les poids et une deuxième pour les tailles) à deux facteurs (races et périodes d'élevage) avec interactions.

Les deux analyses ont données les résultats suivants :

1°) ANALYSE DESCRIPTIVE

a) période allant du mois d'Août au mois d'Octobre 2007

a.1. gain moyen de poids du *Macrochir*

gain	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Moyen	12,95	2,8	0,7	2,4	-0,6	4,6	5,4

a.2. gain moyen de poids du *Niloticus*

gain	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Moyen	3,2	6,9	4,1	2,8	3,3	6,6	3,6

⁹ Idem

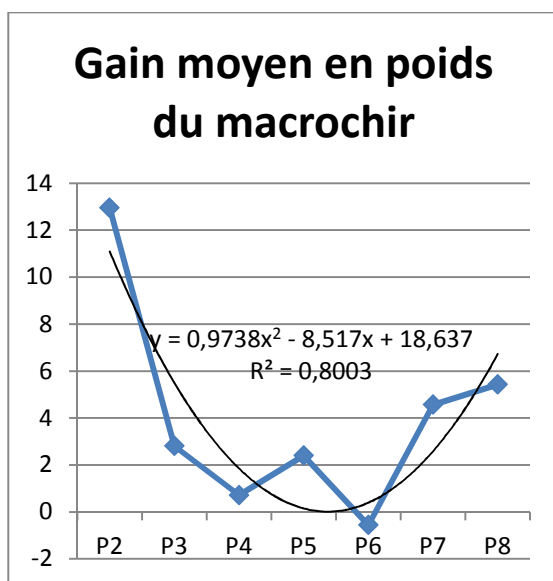


Figure 1 : graphe d'évolution en poids de L'Oréochromis macrochir

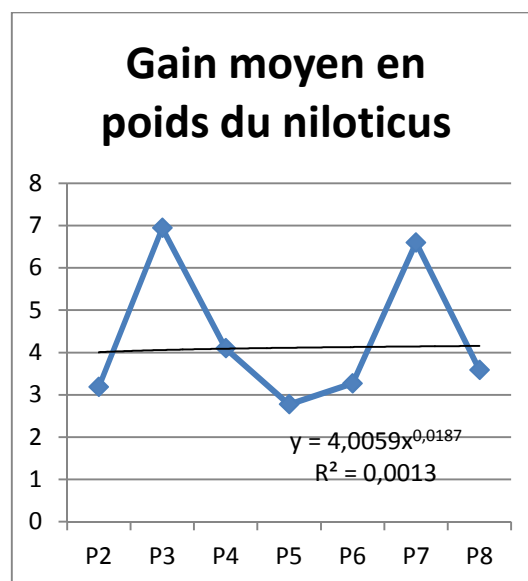


Figure 2 : graphe d'évolution en poids de L'Oréochromis niloticus

Macrochir : Au cours de la première période, le gain en poids le plus élevé est de l'ordre de 12,95 g en moyenne. Ce gain descend lentement jusqu'à devenir négatif au sixième prélèvement pour remonter ensuite jusqu'à 5,4 g en moyenne à la fin de la période. La courbe qui ajuste mieux ces données est une courbe polynomiale d'équation $y = 0,97 X^2 - 8,52 X + 18,64$ pour un $R^2=80\%$.

Niloticus : Au cours de la première période, le gain le plus élevé est de l'ordre de 6,94 g en moyenne. Ce gain descend jusqu'à 2,774 g en moyenne au cinquième prélèvement et commence à remonter jusqu'à 6,598 g en moyenne pour redescendre encore à 3,586 g en moyenne à la fin. La courbe d'ajustement la mieux indiquée est une courbe de puissance d'équation $Y= 4,0059X^{0,0187}$ pour un $R^2=0,1\%$.

a.3 Gain moyen de taille du Macrochir

gain	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Moyen	1,6	0,5	0,4	0,6	0,4	0,3	0,2

a. 4 Gain moyen de taille du Niloticus

gain	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Moyen	0,3	0,5	0,6	0,4	0,5	0,7	0,6

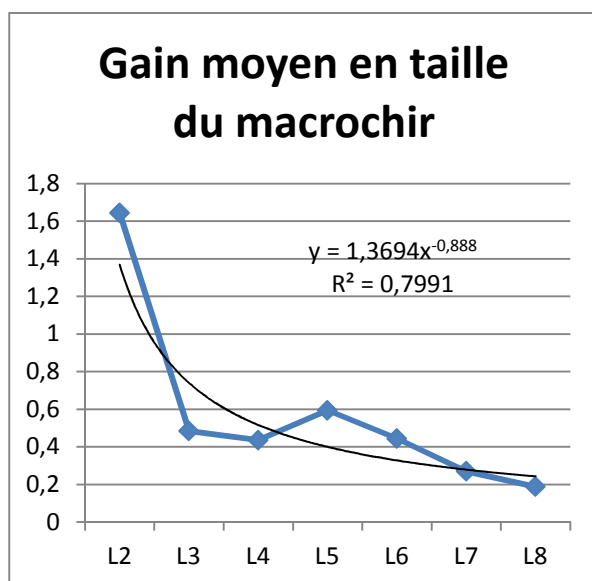


Figure 3 : graphe d'évolution en taille de *L'Oréochromis macrochir*

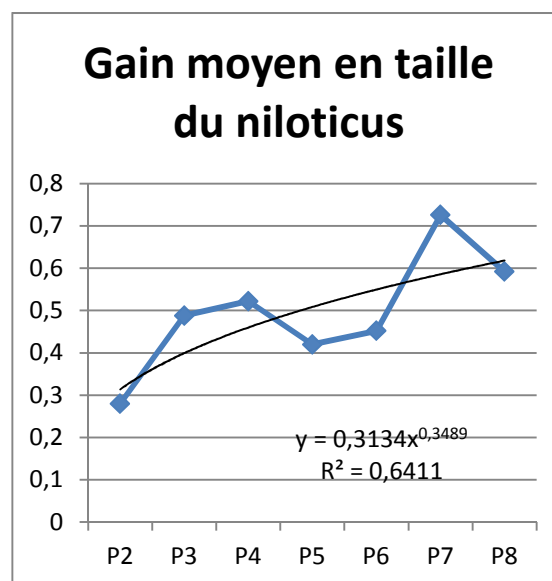


Figure 4 : graphe d'évolution en taille de *L'Oréochromis niloticus*

Macrochir : Au cours de la première période le gain en taille est très élevé de l'ordre de 1,644 cm en moyenne. Ce gain descend lentement jusqu'à 0,188 cm en moyenne et la courbe d'ajustement adaptée à cette situation est une courbe de puissance d'équation $Y = 1,3694X^{-0,888}$ pour un $R^2 = 80\%$

Niloticus : Au cours de cette période, la taille ne fait qu'augmenter ce qui donne une courbe d'ajustement de la forme de courbe de puissance d'équation $Y = 0,3134X^{0,3489}$ pour un $R^2 = 64\%$

a.5 Rapport poids moyen – taille moyenne du *Macrochir* a.6 Rapport poids moyen – taille moyenne du *Niloticus*

Généralement les deux variables sont souvent fortement corrélées et nous pensons que dans ce cas cette affirmation sera respectée.

Var Y	Var X	r	R ²	t	Pr> t
poids	tailles	0,768	0,5898	2,6813	0,0438

Var Y	Var X	r	R ²	t	Pr> t
poids	taille	0,5848	0,342	1,6119	0,1679

Les coefficients de corrélation sont forts et dans les deux cas, ils sont statistiquement significatifs, ce qui montre que la liaison est très forte entre les deux variables sous étude.

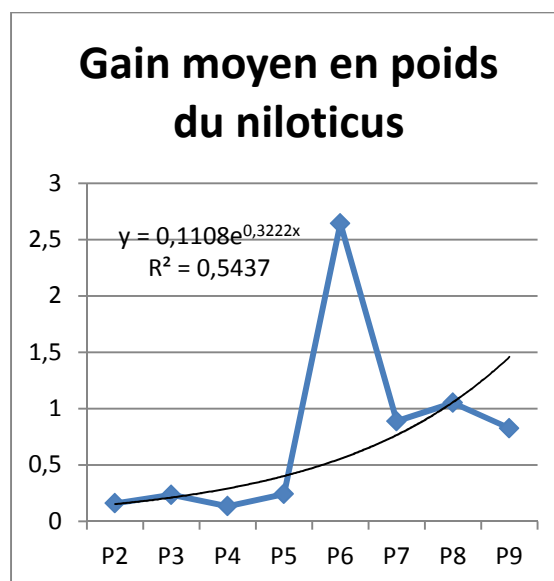
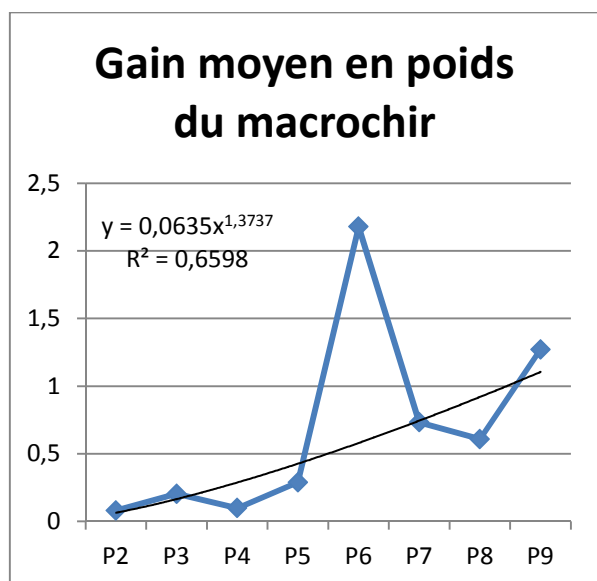
Conclusion partielle: Au cours de cette période, le *Macrochir* présente une évolution en poids meilleure au vue de la courbe d'ajustement ($Y = 0,97X^2 - 8,52X + 8,64$) qui montre une forte évolution du poids vers la fin de la période. Le poids du poisson augmente après une période de baisse en milieu de période, cette baisse peut être due à des causes liées sûrement à la température du mois de septembre qui est un mois charnière entre la saison sèche et la saison de pluie avec des températures très élevées pour un nombre des précipitations souvent faible. Le *Niloticus* voit sa courbe de poids en légère hausse ($Y = 4,0059X^{0,0187}$). En ce qui concerne la taille, l'évolution du *Niloticus* est meilleure que celle du *Macrochir* dont la taille n'augmente pas après une certaine période. Cette période semble mieux indiquée pour l'élevage du *Niloticus*, car ce dernier présente un meilleur gain en poids et en taille que le *Macrochir* et ses courbes de croissance sont toutes deux croissantes.

b) Période allant du mois de Novembre 2007 au mois de Janvier 2008

b.1 gain moyen de poids du *Macrochir*

b. 2 gain moyen de poids du *Niloticus*

gain	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	gain	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Moy.	0,1	0,2	0,1	0,3	2,2	0,8	0,6	1,3	Moy.	0,2	0,2	0,1	0,2	2,6	0,9	1,1	0,8



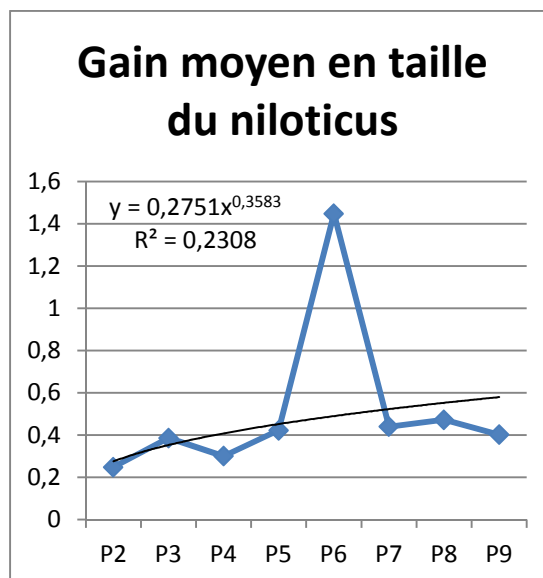
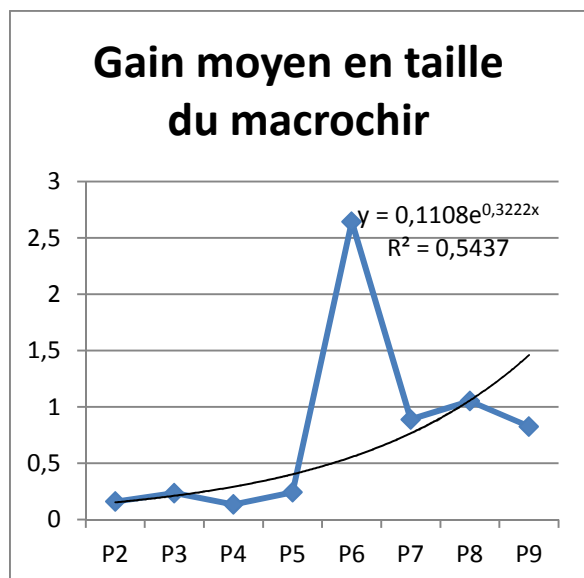
Macrochir : Au cours de la deuxième période, le gain en poids le plus élevé est de l'ordre de 2,18 g réalisé au 6^{ème} prélèvement. Ce gain est très faible au départ et s'accroît progressivement jusqu'à atteindre 1,3 g. La courbe qui ajuste mieux ces données est une courbe de puissance d'équation $Y = 0,063X^{1,373}$ pour un $R^2 = 65,9\%$

Niloticus : Au cours de la deuxième période, le gain en poids le plus élevé est de l'ordre de 2,6 g constaté lors du 5^{ème} prélèvement. Ce gain commence par une valeur de 0,2 g et monte jusqu'à atteindre 0,8 g au dernier prélèvement. La courbe d'ajustement qui convient est une courbe exponentielle d'équation $Y = 0,110e^{0,322x}$ pour un $R^2 = 54,3\%$

b.3 Gain moyen en taille du *Macrochir*

b. 4 Gain moyen en taille du *Niloticus*

gain	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	gain	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Moy	0,2	0,3	0,2	0,5	1,3	0,6	0,2	0,5	Moy	0,3	0,5	0,3	0,4	1,4	0,4	0,5	0,4



Macrochir : Au cours de la deuxième période, le gain est le plus élevé en taille est de l'ordre de 1,3 cm réalisé au 6^{ème} prélèvement. Ce gain est très faible au départ et s'accroît progressivement jusqu'à atteindre 1,3 cm pour redescendre ensuite et atteindre 0,5 cm à la fin de la période. La courbe qui ajuste mieux ces données est une courbe de puissance d'équation $Y = 0,110e^{0,322x}$ pour un $R^2 = 54,3\%$

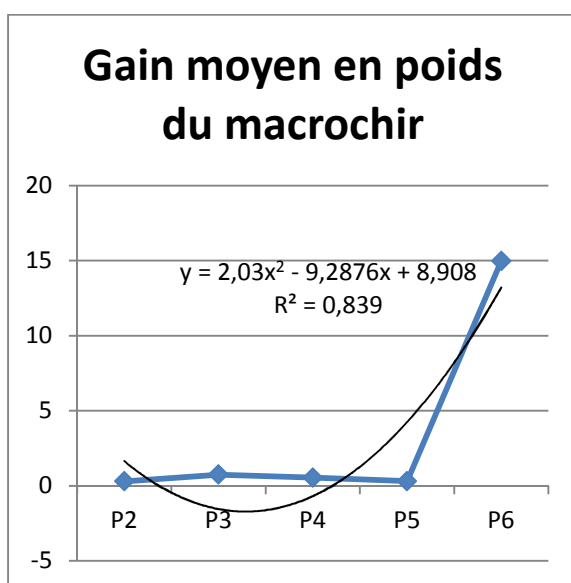
Niloticus : Au cours de la deuxième période, le gain le plus élevé en taille est de l'ordre de 1,4 cm constaté lors du 6^{ème} prélèvement. Ce gain commence par une valeur de 0,3 cm et monte jusqu'à atteindre 1,4 cm pour enfin redescendre et atteindre à 0,4 cm au dernier prélèvement. La courbe d'ajustement la mieux indiquée est une courbe de puissance d'équation $Y = 0,275x^{0,358}$ pour un $R^2 = 23,0\%$

Conclusion partielle : Cette période présente une augmentation continue du poids et de la taille dans des ordres différents car le poids du *Macrochir* et la taille du *Niloticus* présentent une hausse sous forme des courbes de puissance alors que la taille du *Macrochir* et le poids du *Niloticus* réalisent une hausse sous forme des courbes exponentielles. Au cours de cette période, on peut conseiller d'élever les deux races avec des préférences pour le *Macrochir* suite au fait que l'augmentation est beaucoup plus grande en poids et en taille pour les *Macrochirs* que celle en poids et taille pour les *Niloticus*

c) Période allant du mois de Février 2008 au mois d'Avril 2008

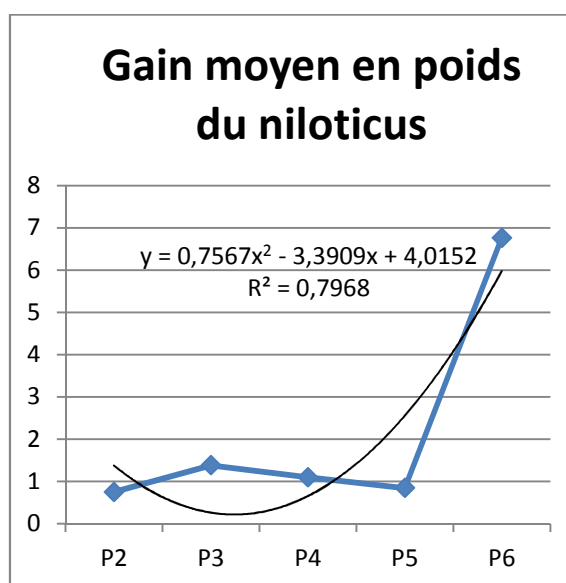
c. 1. Gain moyen de poids du *Macrochir*

Gain	P2	P3	P4	P5	P6
Moyen	0,3	0,74	0,54	0,31	14,98



c. 2. Gain moyen de poids du *Niloticus*

Gain	P2	P3	P4	P5	P6
Moyen	0,75	1,38	1,1	0,84	6,76



Macrochir : Au cours de la troisième période, le gain en poids le plus élevé est de l'ordre de 14,98 g réalisé au sixième prélèvement. Ce gain est très faible au départ et s'accroît progressivement jusqu'à atteindre 14,98. La courbe qui ajuste mieux ces données est une courbe polynomiale d'équation $Y = 2,03x^2 - 9,287x + 8,908$ pour un $R^2 = 83,9\%$

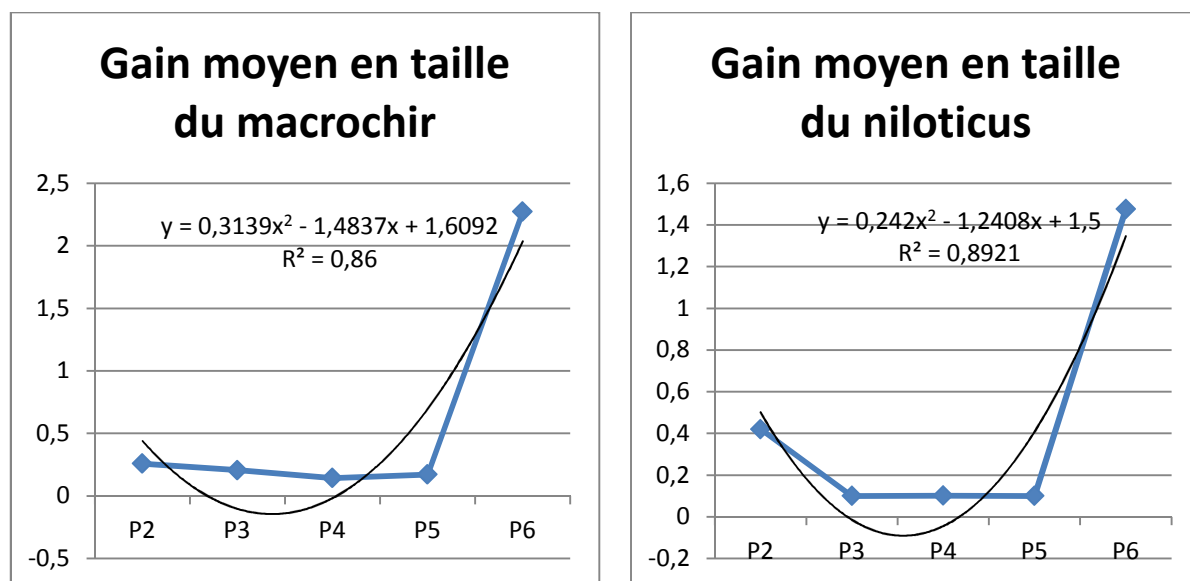
Niloticus : Au cours de la troisième période, le gain en poids le plus élevé est de l'ordre de 6,76 g constaté lors du sixième prélèvement. Ce gain commence par une valeur de 0,75 g et monte jusqu'à atteindre 6,76 g au dernier prélèvement. La courbe d'ajustement qui ajuste mieux ces données est une courbe polynomiale d'équation $Y = 0,756x^2 - 3,390x + 4,015$ pour un $R^2 = 79,6\%$

c. 3. gain moyen de taille du *Macrochir*

Gain	P2	P3	P4	P5	P6
Moyen	0,26	0,21	0,14	0,17	2,27

c. 4 gain moyen de taille du *Niloticus*

Gain	P2	P3	P4	P5	P6
Moyen	0,42	0,1	0,10	0,1	1,48



Macrochir : Au cours de la troisième période, le gain en taille le plus élevé est de l'ordre de 2,27 cm réalisé au sixième prélèvement. Ce gain est très faible au départ et s'accroît progressivement jusqu'à atteindre 2,27 cm. La courbe qui ajuste mieux ces données est une courbe polynomiale d'équation $Y = 0,313 x^2 - 1,483 x + 1,609$ pour un $R^2 = 86,0\%$

Niloticus : Au cours de la troisième période, le gain en poids le plus élevé est de l'ordre de 1,48 g constaté lors du sixième prélèvement. Ce gain commence par une valeur de 0,42 cm et monte jusqu'à atteindre 1,48 cm au dernier prélèvement. La courbe d'ajustement qui ajuste mieux ces données est une courbe polynomiale d'équation $Y = 0,242 x^2 - 1,240 x + 1,5$ pour un $R^2 = 89,2\%$

Conclusion partielle : Au cours de cette période, l'évolution du poids et celle de la taille se fait de la même manière et est ajustée par le même type de courbe (courbe polynomiale) avec des R^2 très élevé de l'ordre de 80%. Cette période semble la mieux indiquée pour l'élevage des deux races d'*Oréochromis* et comme pour la période précédente, la meilleure évolution en poids et en taille est celle réalisée par le *Macrochir* dont les gains de poids et en taille sont les doubles de ceux du *Niloticus*.

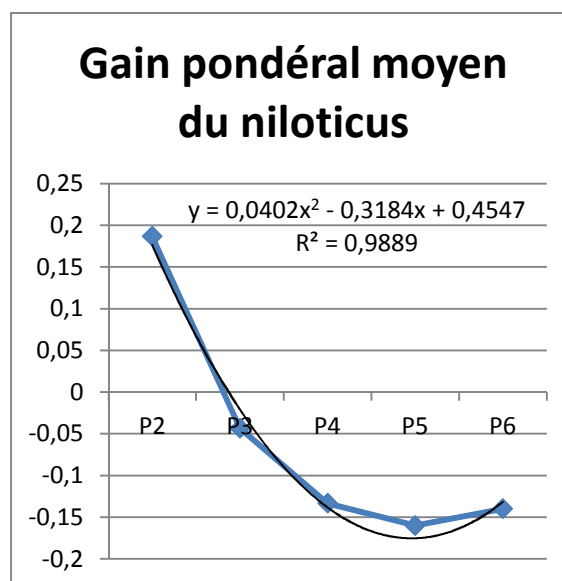
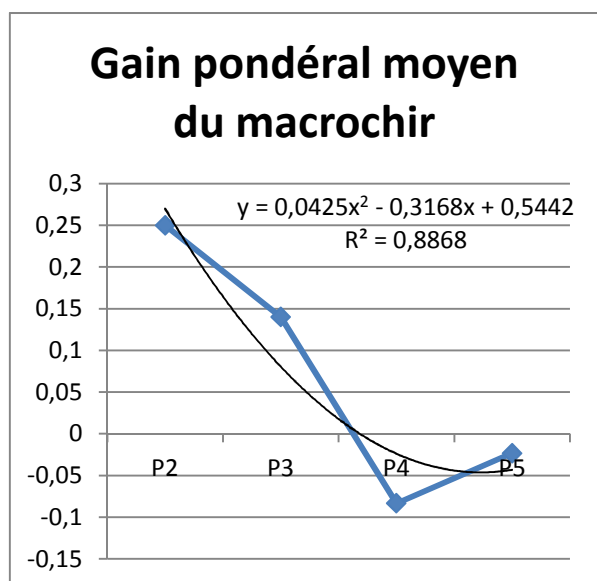
d) Période allant du mois de Mai 2008 au mois de Juillet 2008

d.1. Gain moyen de poids du *Macrochir*

Gain	P2	P3	P4	P5
Moyen	0,25	0,14	-0,08	-0,05

d.2. Gain moyen de poids du *Niloticus*

Gain	P2	P3	P4	P5	P6
Moyen	0,19	-0,04	-0,13	-0,16	-0,14



Macrochir : La quatrième période est particulière car le gain en poids décroît (il s'agit d'une perte de poids plutôt que d'un gain). La valeur la plus élevée est de l'ordre de 0,25 g réalisé au 1^{er} prélèvement. Ce gain est très faible au départ et décroît progressivement jusqu'à devenir négatif vers la fin. La courbe qui ajuste mieux ces données est une courbe polynomiale d'équation $Y = 0,042x^2 - 0,316x + 0,544$ pour un $R^2 = 88,6\%$

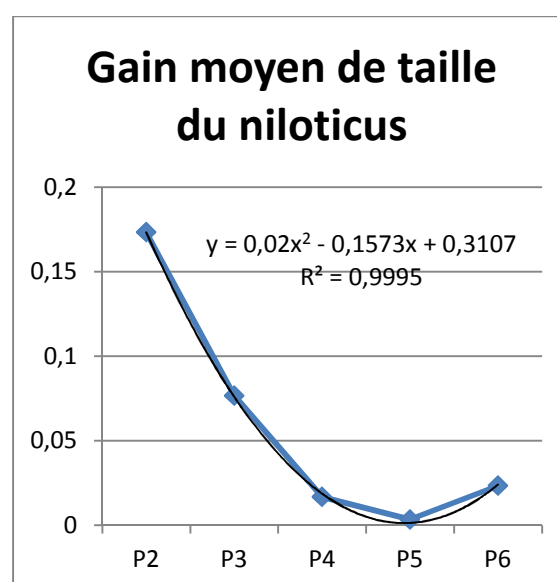
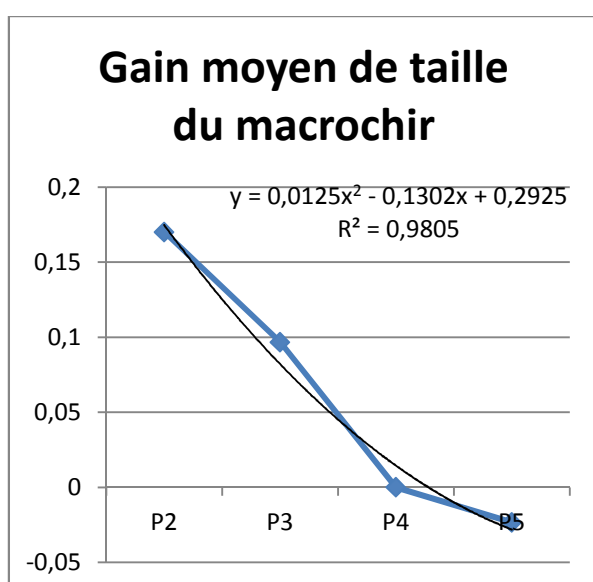
Niloticus : La quatrième période est particulière également pour le *Niloticus*, car le gain en poids décroît continuellement jusqu'à devenir négatif à partir du 3^{ème} prélèvement. Le gain le plus élevé est de l'ordre de 0,19 g constaté lors du 1^{er} prélèvement. La courbe d'ajustement la mieux indiquée est une courbe polynomiale d'équation $Y = 0,242 x^2 - 1,240 x + 1,5$ pour un $R^2 = 89,2\%$

d.3. Gain moyen de taille du *Macrochir*

Gain	P2	P3	P4	P5
Moyen	0,17	0,096	0	-0,023

d.4. Gain moyen de taille du *Niloticus*

Gain	P2	P3	P4	P5	P6
Moyen	0,173	0,076	0,017	0,003	0,023



Macrochir : La quatrième période est particulière pour le *Macrochir* en terme de taille car le gain en taille décroît (il s'agit d'une perte de poids plutôt que d'un gain). La valeur la plus élevée est de l'ordre de 0,17 cm réalisé au 1^{er} prélèvement. Ce

gain est très faible au départ et décroît progressivement jusqu'à devenir négatif vers la fin. La courbe qui ajuste mieux ces données est polynomiale d'équation $Y = 0,012x^2 - 0,130x + 0,292$ pour un $R^2 = 98,0\%$

Niloticus : La quatrième période est particulière également pour le *Niloticus*, car le gain en taille décroît continuellement sans devenir négatif contrairement au *Macrochir*. Le gain le plus élevé est de l'ordre de 0,17 cm constaté lors du premier prélèvement. La courbe d'ajustement la mieux indiquée est une courbe polynomiale d'équation $Y = 0,02x^2 - 0,157x + 0,310$ pour un $R^2 = 99,9\%$

Conclusion partielle : Cette période présente des températures très froides ne permettant pas aux *Oréochromis* de s'adapter. On constate une diminution de poids et de taille pour le *Macrochir* ainsi que pour le *Niloticus*. A moins d'avoir un processus d'augmentation de la température comme celui utilisé lors de l'élevage des *Oréochromis* dans les régions tempérées (à savoir le chauffage de l'eau des étangs d'élevage), dans cette période, il ne faut pas élever les *Oréochromis*.

CONCLUSION

Nous dirons que pour élever les *Oréochromis*, il faut retenir les périodes chaudes :

- du mois d'Août au mois d'Octobre : on préférera élever le *Niloticus*,
- du mois de Novembre au mois de Janvier : on a la possibilité d'élever les deux races d'*Oréochromis*, mais il serait préférable de privilégier l'élevage du *Macrochir*.
- du mois de Février au mois d'Avril : on a la possibilité d'élever les deux races d'*Oréochromis*, et comme précédemment, il faut privilégier l'élevage du *Macrochir*.

Pour les périodes froides s'étalant du mois de Mai au Mois de Juillet, il est conseillé de s'abstenir d'élever l'une des deux races d'*Oréochromis*, car ces poissons s'adaptent mieux aux périodes chaudes comme le montrent les résultats ci-dessus.

Nous allons procéder, pour pouvoir nous assurer de la véracité des conclusions ci-dessus, à un test beaucoup plus puissant en utilisant l'analyse de la variance qui nous permettra confirmer ou d'infirmer les conclusions ci-haut.

2°) ANALYSE DE LA VARIANCE

A) ANALYSE DES POIDS

L'analyse se fait au seuil de 5% en utilisant le logiciel Microsoft Excel 2010

Les Hypothèses suivantes seront vérifiées :

H_{01} : Les gains moyens de poids des races d'*Oréochromis macrochir* et *Oréochromis Niloticus* ne sont pas différents

H_{02} : Les gains moyens de poids obtenus au cours des différentes périodes d'élevage ne sont pas différents

H_{03} : Les gains moyens de poids dus à l'interaction des races et des périodes d'élevage ne sont pas différents

Contre

H_{11} : Les gains moyens de poids des races sont différents,

H_{12} : Les gains moyens de poids obtenus au cours des différentes périodes d'élevage sont différents

H_{13} : Les gains moyens de poids dus à l'interaction des races et des périodes d'élevage sont différents

Après traitement par l'analyse de la variance, nous avons obtenu les résultats suivants :

Source de variation	Somme des carrés	Degré de liberté	Variance	F calculé	F théorique	Décision
Race	82,46	1	82,46	11,31	3,86	H_{11}
Période	41954,97	3	13984,99	1918,23	2,63	H_{12}
Interaction race période	960,55	3	320,18	43,92	2,63	H_{13}
Erreur	2566,41	352	7,29			
total	45564,40	359				

En comparant les F calculés aux F théoriques, nous constatons que F Calculé est plus grand que F théorique pour les races (le gain moyen en poids de la race *Macrochir* est 12,73 g alors que le gain moyen en poids de la race *Niloticus* est de 11,82 g, nous pouvons conclure que la race *Macrochir* présente un poids moyen meilleur que celui du *Niloticus*)

Pour les périodes, le même constat peut être émit (F calculé est supérieur à F théorique) et on peut ranger les périodes de la manière suivante selon les poids périodes : Août – Octobre (gain moyen en poids = 29,38 g) ; Février – Avril (gain moyen en poids = 13,854 g) ; Novembre – Janvier (gain moyen en poids = 5,818 g) et enfin Mai – Juillet (gain moyen en poids = 0,667).

L'interaction est significative montrant que l'élevage des *Oréochromis* doit respecter certaines périodes pour donner des résultats efficaces. Ces périodes sont :

- mois d'Août au mois d'Octobre : on prend le *Niloticus* (gain moyen du poids 30,445 g) mais le *Macrochir* n'est pas très loin 28,314 g),
- mois de Novembre au mois de Janvier : on retient les deux races car l'écart entre les deux est très faible (5,456 g pour *Macrochir* et 6,18 g pour *Niloticus*) avec une préférence pour le *Niloticus*.
- mois de Février au mois d'Avril : on prend le *Macrochir* (gain moyen du poids 16,876 g), le *Niloticus* n'est pas très loin avec ses 10,832 g de gain de poids).
- mois de Mai au mois de Juillet : on ne prend en élevage aucun poisson car les gains en poids sont très faibles 0,28 g pour le *Macrochir* et -0,15 g pour le *Niloticus*.

B) ANALYSE DES TAILLES

L'analyse se fait au seuil de 5% en utilisant le logiciel Microsoft Excel 2010

Les Hypothèses suivantes seront vérifiées :

H_{01} : Les gains moyens de taille des races d'*Oréochromis Macrochir* et *Oréochromis Niloticus* ne sont pas différents

H_{02} : Les gains moyens de taille obtenus au cours des différentes périodes d'élevage ne sont pas différents

H_{03} : Les gains moyens de taille dus à l'interaction des races et des périodes d'élevage ne sont pas différents

Contre

H_{11} : Les gains moyens de taille des races sont différents,

H_{12} : Les gains moyens de taille obtenus au cours des différentes périodes d'élevage sont différents

H_{13} : Les gains moyens de taille dus à l'interaction des races et des périodes d'élevage sont différents

Après traitement par l'analyse de la variance, nous avons obtenu les résultats suivants :

Source de variation	Somme des carrés	Degré de liberté	Variance	F calculé	F théorique	Décision
Race	1,056	1	1,056	4,693	3,86	H_{11}
Période	496,074	3	165,358	734,823	2,63	H_{12}
Interaction race période	108,397	3	36,132	160,566	2,63	H_{13}
Erreur	79,21	352	0,22			
total	684,738	359				

En comparant les F calculés aux F théoriques, nous constatons que F Calculé est plus grand que F théorique pour les races (*Macrochir* ayant enregistré un gain moyen en taille de 4,06 cm alors que *Niloticus* n'a enregistré qu'un gain moyen en taille de 3,48 cm, nous pouvons conclure que le *Macrochir* présente une taille moyenne meilleure que celle du *Niloticus*)

Pour les périodes, le même constat peut être émit (F calculé est supérieur à F théorique) et on peut ranger les périodes de la manière suivante selon les poids périodes : Août – Octobre (gain moyen en taille = 3,77 cm) ; Novembre – Janvier (gain moyen en taille = 3,208 cm) ; Février – Avril (gain moyen en taille = 2,625 cm) ; et enfin Mai – Juillet (gain moyen en taille = 0,267 cm).

L'interaction est significative montrant que l'élevage des *Oréochromis* doit respecter certaines périodes pour donner des résultats efficaces. Ces périodes sont :

- mois d'Août au mois d'Octobre : on prend le *Macrochir* (gain moyen du taille 4,06 cm) mais le *Niloticus* n'est pas très loin (gain moyen en taille de 3,48 cm),
- mois de novembre au mois de janvier : on prend le *Niloticus* (gain moyen du taille 4,118 cm) alors que la taille moyenne du *Macrochir* n'est que de 2,298 cm),
- mois de février au mois d'avril : on prend le *Macrochir* (gain moyen du taille 3,052 cm), alors que pour le *Niloticus*, il est de 2,198 cm)
- mois de mai au mois de juillet : on ne prend en élevage aucun poisson car les gains en taille sont très faibles 0,26 cm pour le *Macrochir* et 0,27 cm pour le *Niloticus*.

CONCLUSION PARTIELLE DE L'ANALYSE DE LA VARIANCE

On constate après cette analyse que :

L'élevage des Oréochromis en étangs offre comme conclusion que le choix du poisson à élever dépend de la période d'élevage et on retiendra que pour :

➤ Août à Octobre :

- * en matière de poids, le meilleur poisson d'élevage est le *Niloticus*
- * en matière de taille, le meilleur poisson d'élevage est le *Macrochir*.

Au vu de cette contradiction, nous sommes amenés à choisir un poisson à élever, notre choix se portera sur le *Niloticus* car le *Macrochir* peut avoir une grande taille mais une faible masse, d'où, il ne serait pas intéressant pour le vendeur, car, généralement, la vente se fait sur base du poids.

Cette conclusion confirme la décision prise précédemment dans l'analyse descriptive.

➤ Novembre à Janvier :

- * en matière de poids, le meilleur poisson d'élevage est le *Niloticus*, en calculant la signification statistique de la différence, nous constatons qu'elle est significative car $t_{\text{cal}} = 19,28$ g et $t_{\text{théorique}} = 2,009$. Cela confirme le choix réalisé d'élever le *Niloticus* pendant cette période.
- * en matière de taille, le meilleur poisson d'élevage est le *Niloticus*, en calculant la signification de la différence entre la taille du *Macrochir* et celle du *Niloticus*, nous constatons que la différence est statistiquement significative car $t_{\text{cal}} = 36,80$ et $t_{\text{théorique}} = 2,009$. Ce qui confirme le choix du *Niloticus* comme poisson d'élevage de la période. Sachant qu'en analyse descriptive, on avait la possibilité de retenir soit le *Macrochir* soit le *Niloticus*, nous avons préféré le *Macrochir*. Cette préférence vient d'être contredite ici. Le bon choix est le *Niloticus*.

➤ Février à Avril :

- * en considérant le poids, le meilleur poisson d'élevage est le *Macrochir*
- * concernant la taille, le meilleur poisson d'élevage est encore le *Macrochir*, mais, il faut remarquer que la différence entre la taille du *Niloticus* est statistiquement significative ($t_{\text{calculé}} = 21,76$; $t_{\text{théorique}} = 2,009$) ; d'où, le choix du *Macrochir* est le bon choix à retenir pour cette période.

➤ Mai à Juillet :

Que ce soit en poids ou en taille, cette période est mauvaise pour l'élevage d'Oréochromis. Les valeurs moyennes sont très faibles ou parfois négatives.

CONCLUSION

Cette expérience a consisté à désigner le meilleur *Oréochromis* à élever et à quelle période de l'année obtenir un meilleur rendement dans cet élevage ? L'étude a porté sur 360 alevins élevés à la ferme Naviundu de la ville de Lubumbashi du mois d'Août 2007 au mois de Juillet 2008. Ce temps a été découpée en quatre périodes de 3 mois chacune qui correspondent parfaitement aux deux saisons climatiques vécues dans la ville de Lubumbashi avec les périodes de transition servant au passage de l'une à l'autre et vice versa à savoir :

- **du mois d'Août au mois d'Octobre** qui est une période de transition de la saison sèche à la saison de pluie. La grande caractéristique de cette période est que la température est élevée et les pluies commencent à tomber. Les aquaculteurs ont le choix d'élever soit le *Macrochir*, soit le *Niloticus*, mais l'étude vient de montrer que le meilleur Tilapia à élever est l'*Oréochromis Niloticus*.
- **du mois de Novembre au mois de Janvier** qui est une période de la saison de pluie qui contient une période de sécheresse souvent vers fin Décembre ou début Janvier. Pendant cette période, les aquaculteurs avaient le choix entre l'*Oréochromis Macrochir* et l'*Oréochromis Niloticus* ; il est conseillé d'élever l'*Oréochromis Niloticus*.
- **du mois de Février au mois d'Avril** qui est une période de la saison de pluie dont la dernière partie du mois d'Avril constitue une transition de la saison de pluie à la saison sèche. Pendant cette période, il est conseillé d'élever l'*Oréochromis Macrochir* qui présente un bon gain en poids et en taille par rapport à l'*Oréochromis Niloticus*.
- **Du mois de Mai au mois de juillet** qui est une période de la saison sèche dans la ville de Lubumbashi. Pendant cette période, les conditions ne sont pas réunies pour réaliser un bon élevage des *Oréochromis*, car le climat ne s'y prête pas. Il est conseillé de ne pas réaliser d'élevage des *Oréochromis*. Néanmoins, pour les personnes qui veulent s'entêter, le *Macrochir* présenterait un meilleur résultat que le *Niloticus* ou encore les différents procédés consistant à chauffer les étangs, si on en a la possibilité.

Ces conclusions peuvent être facilement généralisées aux autres années, vu que le climat est un élément suffisamment stable dans une portion de temps courte. Les conclusions sur l'étude des variations des pluies dans la ville de Lubumbashi, montrent que, les variations se font par paliers décroissants et le dernier palier recensé a débuté vers les années 2004-2005 et court jusqu'aujourd'hui¹⁰. En attendant une prochaine étude qui pourrait contester ces résultats, nous pouvons admettre, toute chose restant égale par ailleurs, que les conclusions tirées en 2008 pourront être généralisées aux années avenir.

¹⁰ MALOBA NYEMBA, 2015, *Etude statistique des températures et précipitations dans une ville, Cas de la ville de Lubumbashi de 1970 à 2015, Mémoire de Licence, ISS/Lubumbashi*, p.51.

REFERENCES

- [1] Anonyme, 2010, Rapport annuel, Hôtel de ville, Lubumbashi
- [2] Bard J., Lemasson J. et Lessent P., 1974 : Manuel de pisciculture pour l'Afrique tropicale, Centre Technique Forestier, Nogent-sur-Marne, 143p.
- [3] Bard J., 1960 : Essais comparatifs de croissances des *Tilapia macrochir* et *nilotica*, p. 175-181 in Proceedings of 3rd Symposium on Hydrobiology of Inland Fishes. Problems of Lakes, Lusaka, 1960. Publ. Commission for Tech. Coop. Africa South Sahara (63)
- [4] De Bont A., Halain C., Huet M. et Hulot A., 1948 Premières directives pour l'élevage de poissons en étangs u Katanga, Pisciculture des Tilapias, Publication de la Direction de l'Agriculture et de l'élevage, Bruxelles.
- [5] Dagnelie P., Principes d'expérimentation, éd. P.A.G., Gembloux, 1984.
- [6] Neil A. Wess., Elementary statistic, third edition, Addison Weiller Publishing, New York, 1975
- [7] Huet M., 1956 : Dix années de pisciculture au Congo belge, Ed. Station de Recherche Eaux et Forêts, Série D, n°22, Bruxelles
- [8] IPUNGU Lushimba R, 2009 : Influence de la température de l'eau sur la croissance et la reproduction d'Oréochromis macrochir (Blgr, 1912), Thèse présenté en vue de l'obtention du grade d'Agrégé de l'enseignement Supérieur en Médecine Vétérinaire, Inédit, Lubumbashi.
- [9] John NETER, Michael H. KUTNER, Christopher J. NACHTSHEIM et William WASSERMAN, Applied Linear Statistical Models, Fourth Edition, WCB McGraw-Hill, New York, 1996.
- [10] Kalombo Kamutanda D., 2016 : Evolution des éléments du climat en RDC : Stratégies d'adaptation des communautés de base face aux événements climatiques de plus en plus fréquents, Edition Universitaire Européenne, Bruxelles, 2016.
- [11] Maloba Nyemba, 2015, Etude statistique des températures et précipitations dans une ville, Cas de la ville de Lubumbashi de 1970 à 2015, Mémoire de Licence, ISS/Lubumbashi, RDC.
- [12] Ruwet J. C. et J. Voss, 1974 : Etude et culture des Tilapias, p. 197-227. In JCL Ruwet (éd) Zoologie et assistance technique. Ed. FULCEAC, Université de Liège
- [13] Ruwet J. C., J. Voss, Hanon L. et MICHA J. C., 1975 : Biologie et élevage des Tilapias, Symposium FAO/CPCA sur l'aquaculture en Afrique, Accra, 1975, 27p.
- [14] Thys van den Audenaende D.F.E., 1964 : Révision systématique des espèces Congolaises du genre *Tilapia* (Pisces : Cichlidae). Ann. Mus. R. afr. Cent. Ser. 8 Sci. Zool. 124 : 1-155.
- [15] www.passeportsanté.net/fr/Nutrition/encyclopédieAliments/Fiche consulté le 31/05/2016 à 13H30'
- [16] www.consoglobe.com/decouvrez-Tilapiapoisson-plus-consommé-monde-cg consulté le 11/06/2016 à 13H38'
- [17] [www.researchgate.net/publication/32982766_croissance des poissons d'eau douce africains](http://www.researchgate.net/publication/32982766_croissance_des_poissons_d'eau_douce_africains), p. 193. Consulté le 13/06/2016 à 14H18'
- [18] Kabeya Mwepu S. I., 2016, Support de cours de Statistique Agricole destiné aux étudiants de 3^{ème} Graduat Statistique, I.S.S./ Lubumbashi, Inédit, Lubumbashi, RDC.
- [19] Kabeya Mwepu S. I., 2006, Support de Statistique Descriptive destiné aux étudiants de 1^{er} Graduat Démographie, I.S.S./Lubumbashi, Inédit, Lubumbashi, RDC.
- [20] Kabunda M. Y., 1986, Cours de Pisciculture et Pathologie des poissons, Fac. Med. Vét., UNILU, Lubumbashi.

Etude sédimentologique et palynologique des aquifères du tertiaire des régions des lagunes (Abidjan) et du sud Comoé (Nouamou): Implication paleoenvironnementale

[Sedimentological and palynological study of the aquifers in the tertiary of the lagoons region (Abidjan) and South Comoé (Nouamou): paleoenvironmental implication]

Zoh Derrick Aurélien BEHI¹, N'goran Jean-Paul YAO¹, Yao Mathieu N'GUESSAN¹, Goha René BIE², and Zéli Bruno DIGBEHI¹

¹Département des Géosciences Marines, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire

²Département des Sciences de la Terre, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: The sedimentological and palynological study of 232 samples of cuttings from two survey drilled in the eastern ivoirien coastline allowed us to characterize the aquifers of early Miocene. It falls within the context of the national drinking water supply from aquifers of the sedimentary basin in the said areas. Sedimentation consists of two facies (the quartz sands and clays). The predominance of subrounded to shiny and rounded grains reflect an aquatic transport of a relatively more or less long journey. Quartz subrounded grains, yellow orange and foxed show the presence of an oxidation and the mats grains reflect a transport by the wind. The granulometry study shows a dominance of sigmoidal facies "S". Sand grains are coarse, medium and are well to poorly sorted with an asymmetry tends to thin elements. The sediments were entirely transported by saltation in more or less agitated dispositional environments. This is shown by the low calcium carbonate (CaCO₃) rate. The presence of glauconites, oxidized pyrites remains of bivalves in the sediments of Anoumabo show a deltaic environment while in Nouamou the depositional environment is of fluvial-deltaic type. The strong presence of spores and pollen grains are characteristics of the hot and humid climate and has also permitted to identify the early Miocene age in the wells.

KEYWORDS: sedimentology, palynology, paleoenvironmental, aquifer, Ivory Coast.

RESUME: L'étude sédimentologique et palynologique de 232 échantillons de déblais issus de deux forages réalisés dans l'Est du littoral ivoirien a permis de caractériser les aquifères du tertiaire. Elle s'inscrit dans le contexte du programme national d'adduction en eau potable desdites régions à partir des nappes aquifères du bassin sédimentaire. La sédimentation est constituée de deux faciès (les sables quartzueux et les argiles). La prédominance des grains sub-arrondis à arrondis et luisants traduisent un transport en milieu aquatique sur un trajet relativement plus ou moins long. Les grains de quartz sub-arrondis, jaunes orangés et jaunes roux montrent la présence d'une oxydation et les grains mats traduisent un transport par le vent. L'étude granulométrique présente une dominance des faciès sigmoïdales "S". Les grains de sables sont grossiers à moyens et assez bien à moyennement classés avec une asymétrie qui tend vers les éléments très fins. Les sédiments ont été transportés en totalité par saltation dans des milieux de dépôt plus ou moins agités matérialisés par la faible teneur en carbonate de calcium (CaCO₃). La présence de glauconites, de pyrites oxydées, de restes de bivalves dans les sédiments d'Anoumabo montrent un milieu deltaïque (ou estuarien) tandis qu'à Nouamou le milieu de dépôt est de type fluvio-deltaïque. La forte présence de spores et grains de pollens caractéristiques d'un climat de type chaud et humide, a permis d'identifier un âge Miocène inférieur dans les puits.

MOTS-CLEFS: sédimentologie, palynologie, paléoenvironnement, aquifère, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

L'eau (H₂O) est la ressource naturelle la plus exploitée dans le monde. Elle demeure la denrée la plus importante et de grande consommation humaine. Aujourd'hui, elle fait l'objet de beaucoup d'attention parce que l'eau de qualité devient de plus en plus rare dans le monde entier et surtout dans les pays désertiques à cause du réchauffement climatique et de la pollution due aux activités anthropiques. Malgré un réseau hydrographique dense en Côte d'Ivoire, presque toutes les régions restent encore mal desservies en eau potable. Dans le littoral ivoirien, la plus grande quantité des eaux exploitées se trouvent dans les aquifères du Tertiaire (Continental Terminal ou Mio-Pliocène). Les travaux hydrogéologiques et hydrochimiques isotopiques de certains auteurs tels que [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], mettent en évidence :

- la vulnérabilité et la pollution de l'aquifère du tertiaire à Abidjan, Dabou, Bonoua et à Adiaké.
- la cartographie des réservoirs de cet aquifère dans la zone d'Abidjan ;
- la source d'approvisionnement de cet aquifère qui est d'origine lagunaire et pluviométrique ;
- sa structure qui est de type continue et poreuse par son caractère continu tout au long des couches sédimentaires hôtes.

Afin de comprendre certains aspects géologiques des aquifères du tertiaire, deux forages hydrauliques ont été réalisés sur le littoral ivoirien de part et d'autre de la faille des lagunes. Il s'agira de caractériser l'extension latérale des aquifères continus du tertiaire sur le littoral Est Ivoirien. Ainsi, la mise en évidence des environnements de dépôt dans lesquels le cortège sédimentaire s'est déposé et des processus sédimentaires qui ont prévalu lors des dépôts sera nécessaire. C'est pourquoi, des approches lithologiques, palynologiques et paléoenvironnementales des déblais issus de ces forages constitueront l'essentiel de ce présent travail.

2 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Le puits d'Anoumambo est situé à Marcory dans au sein du domaine de l'Autorité de Régulation des Télécommunications de Côte d'Ivoire (A.R.T.C.I). Ces coordonnées géographiques en degré-minute-seconde sont 5°18'42.35"N et 3°58'15.64"W. Il est distant de la lagune Ebrié de 422 m. Celui de **Nouamou** est localisé à environ 17, 3 km de la frontière ivoiro-ghanéenne avec pour coordonnées géographiques 5°10'59.98"N et 2°53'38.21"W. La distance qui le sépare de la lagune Ehy est de 662 m.

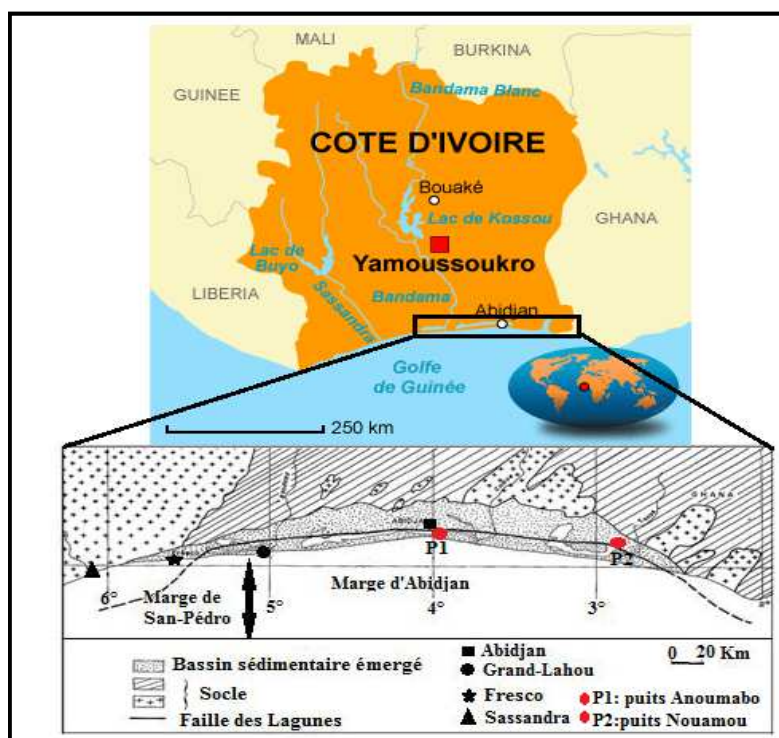


Figure 1: Localisation géographique de la zone d'étude

3 MATARIEL ET METHODES

Le matériel ayant servi de support à cette étude est essentiellement constitué de 232 échantillons de déblais de forages. Le traitement des données a été fait selon les approches suivantes :

- l'analyse lithologique par l'observation macroscopique des échantillons afin de discriminer les zones sableuses des zones argileuses.
- la granulométrie porte sur les sédiments meubles contenant au moins 55% de grains de sable. Les échantillons de roches subissent des traitements (lavage, attaques chimiques, séchage) avant d'être tamisés dans une colonne de seize (16) tamis vibrante de type AFNOR (maille décroissantes de 5 à 0,063mm). Une corrélation est établie entre les paramètres de distribution granulométrique ; le mode de transport des sédiments et les milieux de dépôt sont respectivement déduits des diagrammes de [8] et des diagrammes Sk-So de [9] et Sk-Md [10].
- la morphoscopie des grains de quartz réalisée à la loupe binoculaire permet de déterminer l'agent et la durée du transport selon deux méthodes. Il s'agit de la méthode de [11] qui est basée sur le contour périphérique des grains et de la méthode de [12]. Cette dernière définit des grains de types non usée, émoussé luisant, rond mat propre, etc.
- la teneur en Carbonate de Calcium (CaCO_3) de chaque échantillon est déterminée par l'analyse calcimétrique réalisée au moyen d'un calcimètre Bernard.
- les âges des strates sont connus par l'identification de palynomorphes.

4 RESULTATS ET INTERPRETATIONS

4.1 CARACTERISATION LITHOSTRATIGRAPHIQUE

Cette étude révèle la nature des formations traversées par les différents forages et évalue les proportions relatives des éléments accessoires.

4.1.1 LITHOLOGIE DU Puits D'ANOUABO

L'analyse lithologique des déblais montre dans le sens de la sédimentation les niveaux suivants.

- les sables quartzeux grossiers (142 à 139 m) avec présence de débris carbonés. Les grains de quartz sont arrondis à sub-arrondis et émoussés luisants à sphéricité élevée.
- un banc d'argiles de couleur jaune claire (139 à 138 m).
- les argiles gris-sombres (138 à 60 m) très riche en palynomorphes, foraminifères, glauconites et pyrites oxydées.
- les sables quartzeux grossiers (60 à 2 m) contenant des restes de coquilles de bivalves, de lamellibranches, d'échinodermes, de mollusques; des glauconites, de nombreux débris carbonés, des pyrites oxydées et de la muscovite. Les grains de quartz vont des formes arrondies, sub-arrondis aux formes sub-angleuses.
- la terre de barre (2 à 0 m) de couleur noirâtre qui renferme de nombreux débris carbonés.

4.1.2 LITHOLOGIE DU Puits DE NOUAMOU

Elle présente dans le sens de la sédimentation les niveaux suivants:

- les argiles sableuses brun sombres (90 à 89 m) avec peu de palynomorphes et dépourvues de microfaunes.
- les sables quartzeux grossiers et sombres (89 à 85 m). Ils sont mat-propres et sub-arrondis à sphéricité élevée.
- les argiles sableuses brun sombres (85 à 82 m) avec une passée d'argile jaune ocre renfermant peu de spores et grains de pollens;
- les argiles peu sableuse de couleur jaune orangés (82 à 68 m). Les grains de quartz sont sub-arrondis à arrondis et mats sales;
- les sables quartzeux (68 à 10 m) avec un banc de sable argileux entre 36 et 43 m. Les grains de sable sont émoussés luisants et sub-arrondis avec une présence remarquable de nombreux débris carbonés et de muscovites;

- les argiles jaune claires orangés (10 à 6 m) avec quelques rares grains de sable;
- les argiles gris-claires (6 à 3 m) dépourvues de foraminifères et très riche en palynomorphes.
- les argiles latéritiques rouge-orangés (3 à 1 m) contenant des débris carbonés,
- la terre de barre (1 à 0 m) de couleur noirâtre et renfermant des débris carbonés.

4.2 ETUDE CALCIMETRIQUE

Les carbonates de calcium (CaCO_3) ont été observés seulement dans le puits d'Anoumabo (Fig. 2). Ils sont d'origine biochimique issue de l'abondance relative de débris de mollusques, gastéropodes, bivalves et de tests de foraminifères. L'absence de CaCO_3 à Nouamou et la faible teneur à Anoumabo (teneur inférieure à 10%) témoignent d'une sédimentation effectuée dans un environnement plus ou moins agité.

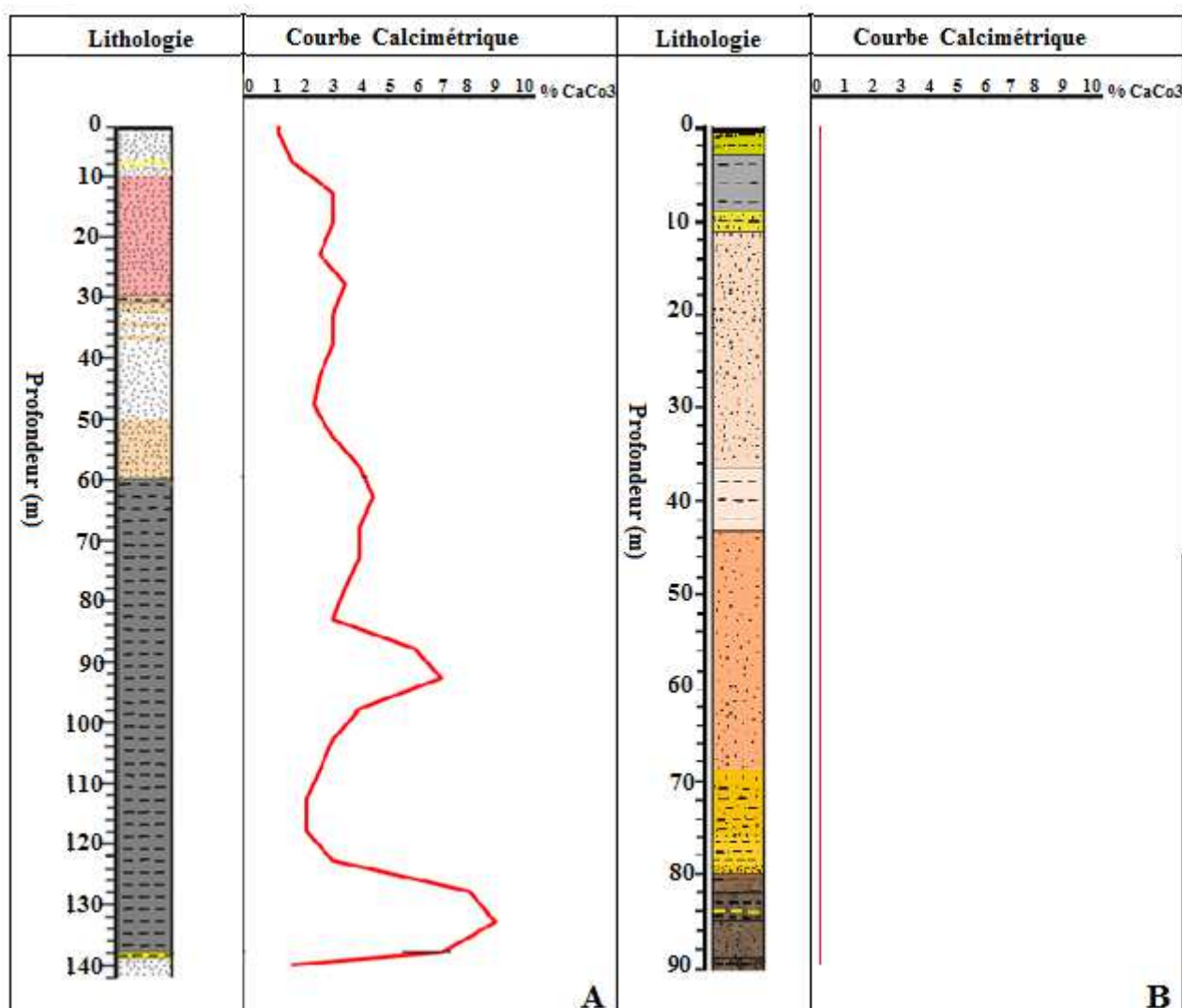


Fig.2. Evolution du taux de carbonate de calcium (CaCO_3) dans les puits d'Anoumabo (A) et de Nouamou (B)

4.3 CORRELATION LITHOLOGIQUE

Cette étude a mise en évidence trois unités lithologiques (Fig.3) avec la présence des aquifères formés sous des couches d'argiles. Les nappes identifiées dans les puits sont de types captifs. La forte ressemblance des unités 1 et 3 laisserait

entrevoir les dépôts de l'unité 2 comme un phénomène de biseautage dû à l'effet de la faille des lagunes sur les formations sédimentaires rencontrées dans le forage d'Anoumabo.

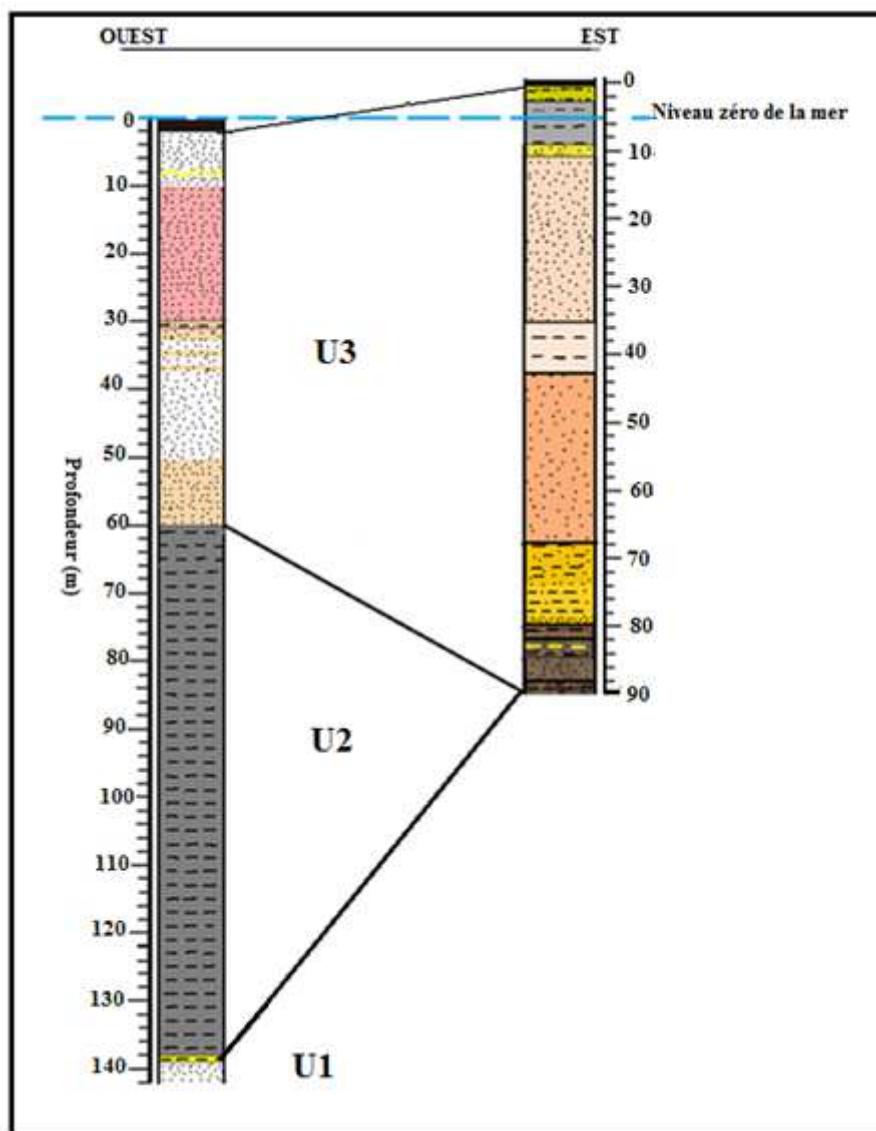


Fig. 3. Synthèse lithologique (Ouest-Est) des puits d'Anoumabo et de Nouamou

5 ETUDE GRANULOMETRIQUES DES SABLES RENCONTRES DANS LES DIFFERENTS Puits

5.1 FACIÈS GRANULOMETRIQUES

L'analyse granulométrique appliquée aux fractions sableuses présente deux intervalles dans les puits d'Anoumabo et de Nouamou. Ce sont respectivement: An1 (2 à 60 m), An2 (138 à 142 m) et N1 (11 à 69 m), N2 (85 à 89 m). Le faciès hyperbolique (sigmoïdal) est le faciès qui caractérise la sédimentation dans les puits c'est-à-dire 100% dans les sédiments d'Anoumabo (Fig. 4) et 53 % dans ceux de Nouamou (Fig. 5).

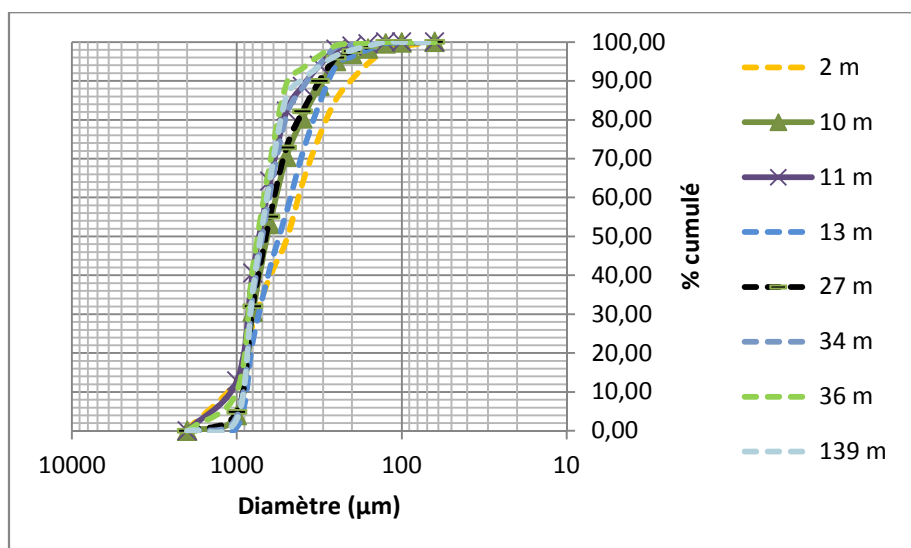


Fig. 4: Faciès granulométriques et hyperboliques dans le puits d'Anoumabo

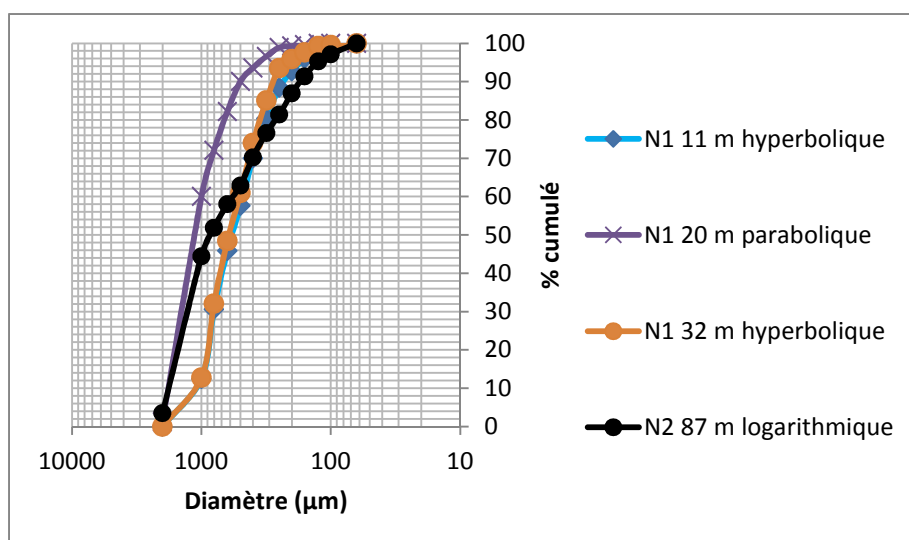


Fig. 5: Faciès granulométriques hyperboliques, paraboliques et logarithmiques dans le puits de Nouamou

5.1.1 PARAMETRES DE DISTRIBUTION GRANULOMETRIQUE

L'analyse des paramètres granulométriques a permis d'identifier à Anoumabo des sables grossiers à moyens, assez bien classés à moyennement classés et très asymétriques vers les éléments fins à asymétriques vers les éléments fins.

A Nouamou ces paramètres identifient des grains de sables très grossiers à grossiers, moyennement à médiocrement classés et très asymétriques vers les éléments fins.

5.1.2 MODE DE TRANSPORT

Le test de Visser appliqué aux sédiments a mis en évidence trois modes de transport: la suspension (Population B); la saltation (Population A, A') et le roulement (Population C).

Le mode de transport dominant à Anoumabo est la saltation (Population A, A' et A'') avec 69 à 98,55 % des sables moyens et grossiers. Le roulement (Population C) concerne les sables grossiers uniquement. Son pourcentage oscille entre 4 et 30 %. La suspension (Population B) a des valeurs comprises entre 0,1 et 3,2 % et caractérise les grains fins.

A Nouamou le mode de transport dominant est aussi la saltation (35 à 81 %) affectant les sables fins, moyens et grossiers (population A et A'). Le roulement (30 à 64%) concerne les sables grossiers et très grossiers (population C). Le transport par suspension représente 0,3 à 3,22 % du transport intéressant uniquement les sables fins (population B).

La saltation peut être subdivisée en trois (3) groupes à Anoumabo (**Fig. 6**). Le groupe I estimé 21,43 % représente la saltation à une population A. Le groupe II avec 64,28 % est la saltation à deux populations A. Enfin groupe III représentant 14,29 % correspond à la saltation à trois population A.

Deux groupes de saltations se distinguent à Nouamou (**Fig. 7**). Le groupe I évalué à 25 % concerne la saltation à une population A; alors que le groupe II avec 75 % se rapporte à la saltation à deux populations A.

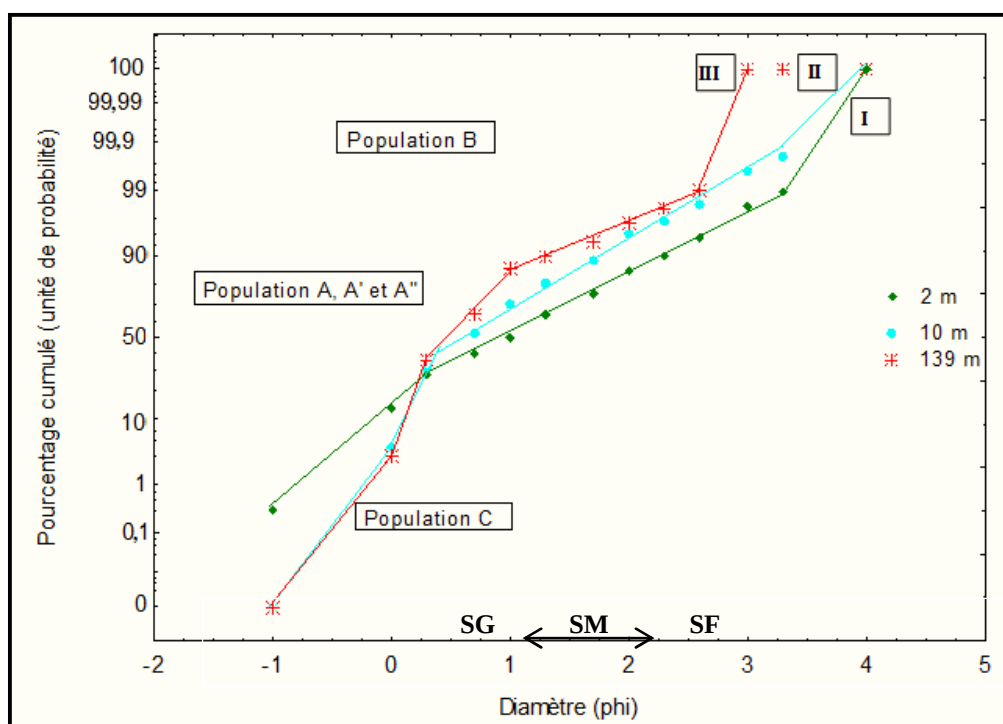


Fig. 6: Application du test de [8] aux sédiments du puits d'Anoumabo; I : groupe I ; II : groupe II ; III : groupe III. SG: sables grossiers, SM: sables moyens, SF: sables fins.

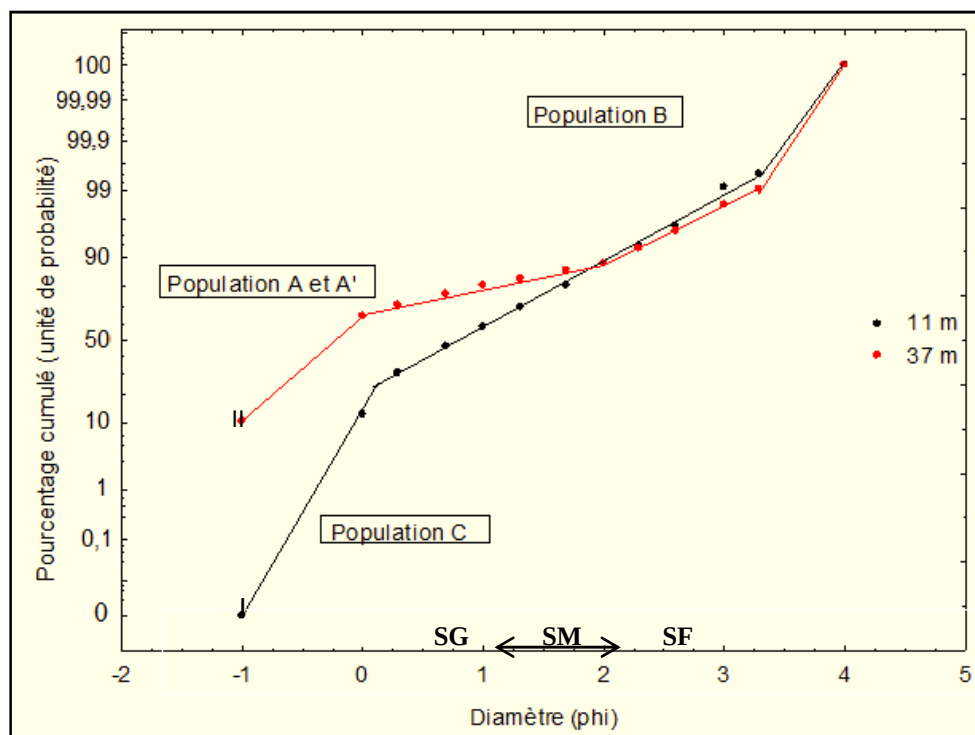


Fig. 7: Application du test de [8] aux sédiments du puits de Nouamou; I: groupe I; II: groupe II. SG: sables grossiers, SM: sables moyens, SF: sables fins

5.1.3 ENVIRONNEMENT DE DÉPÔT

L'application du diagramme Sk-Md aux paramètres granulométriques montre que les grains de sables se sont déposés en très grande partie dans un milieu fluviatile (Fig.8). Par ailleurs, la distribution des grains de sable des puits d'Anoumabo présente un milieu de dépôt de type plage à la côte 47 m.

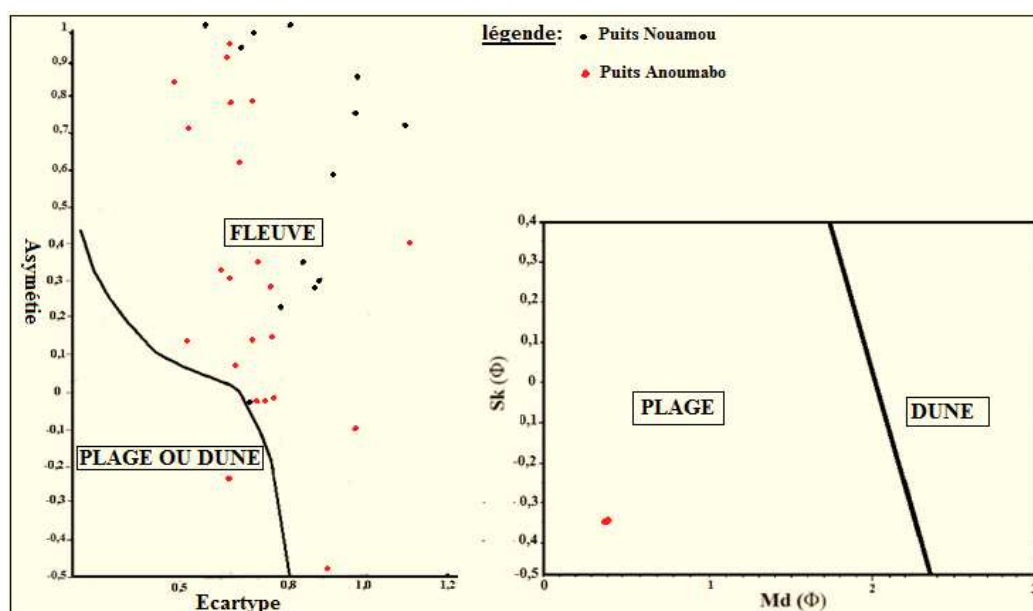


Fig. 8: Dispersion des sables des puits sur les diagrammes Sk-So de [9] et Sk-Md de [10].

5.1.4 ETUDE MORPHOSCOPIQUE DES GRAINS DE QUARTZ

La morphoscopie des grains de sable des différents puits révèle une variation des formes des grains étudiés. En effet, dans le puits d'Anoumabo ils présentent des formes arrondies (42,7 %), sub-arrondies (34 %) et sub-anguleuses (22,8 %) (**Fig. 9**). Les formes anguleuses sont rares (1,2 %). Les grains de quartz du puits de Nouamou (**Fig. 10**), sont de formes sub-arrondies (43,7 %), sub-anguleuses (37,9 %), anguleuses (16,8 %), et arrondies (1,6 %).

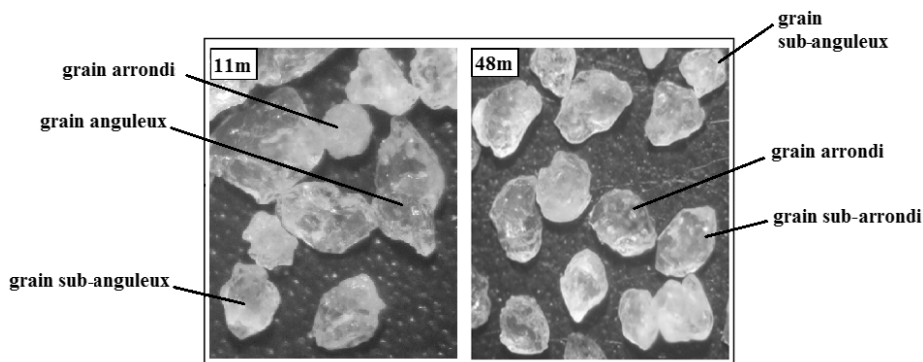


Fig. 9: Morphoscopie des grains de quartz d'Anoumabo (G: 400 μ m x 250)

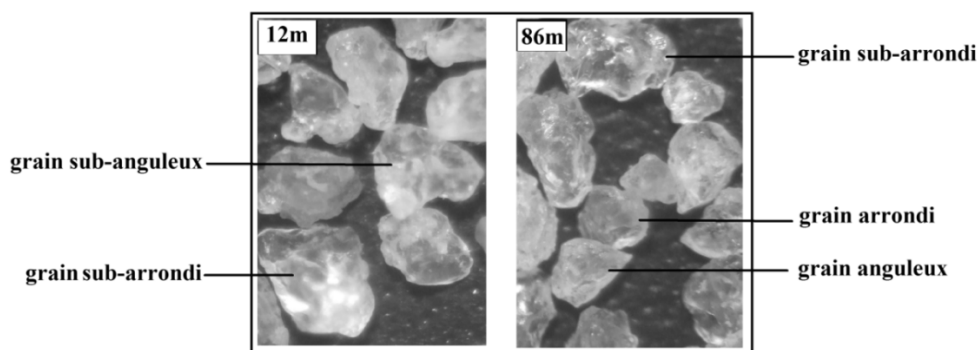


Fig. 10: Morphoscopie des grains de quartz de Nouamou (G: 400 μ m x 250)

6 CARACTERISATION PALYNOLOGIQUE

Les palynomorphes rencontrés dans les puits d'Anoumabo (60 m-138 m) et de Nouamou (84 m-90 m) ont permis de dater les aquifères d'un âge Miocène inférieur. Ce sont *Verrucatosporites usmensis*, *Retitricolporites irregularis*, *Laevigatosporites ovatus*, *Leiotriletes ardriensis*, *Pachydermites diderixii*, *Polypodiaceoisporites regularis*, *Striatopollis catatumbus*, *Monocolpopollenites sp.*, *Crassoretitriletes vanraadshooveni*. Ils sont issus des végétations qui se développent sous un climat tropical chaud et humide et caractérisent un environnement marécageux froid ou humide (mangrove).

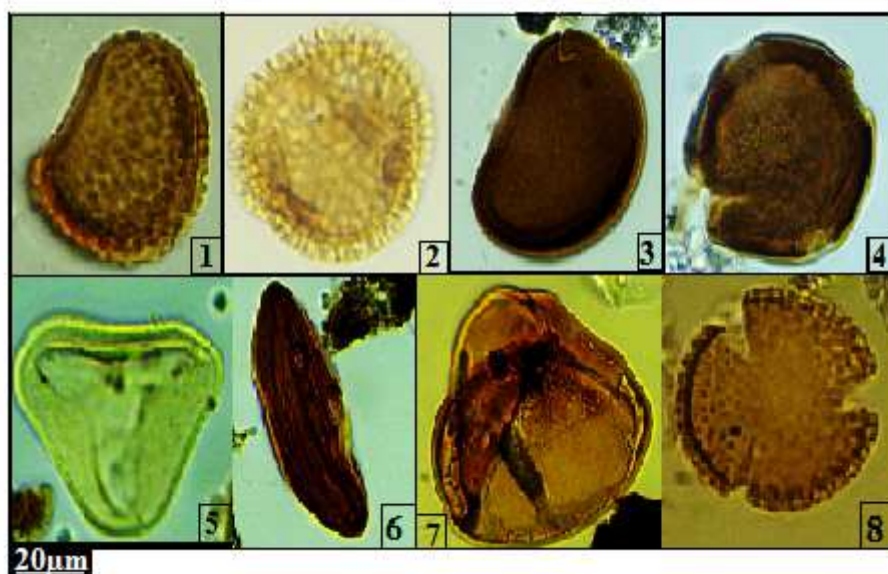


Fig.11: Quelques Spores et Pollens observés; 1-*Verrucatosporites usmensis*, 2-*Retitricolporites irregularis*, 3-*Laevigatosporites ovatus*, 4-*Pachydermites diderixii*, 5-*Polypodiaceosporites regularis*, 6-*Striatopollis catatumbus*, 7-*Monocolpopollenites sp.*, 8-*Crassoretitrites vanraadshooveni*.

7 DISCUSSION

La sédimentation a montré des faciès essentiellement sableux et argileux. Les aquifères ont été datés du Miocène inférieur. Les aquifères rencontrés sont situés en dessous de couches d'argiles formant ainsi des nappes captives. Ces nappes s'alimentent beaucoup plus difficilement par infiltration très lente à travers les couches d'argile. Le cortège sédimentaire renferme des restes d'organismes marins, de la muscovite, des débris carbonés, des glauconites et de la pyrite oxydée à Anoumabo. A Nouamou il est caractérisé par de nombreux débris carbonés et de la muscovite. La présence de glauconites et de pyrites indiquent un milieu de dépôt marin peu profond, peu oxygéné et témoignent d'un ralentissement de la sédimentation [13]. Les débris carbonés et les muscovites caractéristiques des sédiments de Nouamou indiquent un milieu de dépôt continental de type fluvio-deltaïque tels que décrit par [14]. Les carbonates observés sont d'origine biochimique issue de l'abondance relative de débris de mollusques, gastéropodes, bivalves et de tests de foraminifères dans les sédiments d'Anoumabo. Leur faible taux suggère un milieu agité, condition défavorable au dépôt des calcaires [15]. Selon [16], la forte présence de population A et A' transportée par saltation est considérée comme caractéristique du mouvement alternatif des vagues (swash-backwash) dans lequel les grains de sable se déplacent par bonds suite à des chocs successifs. Ce mouvement est sensible en milieu littoral dans la zone de déferlement des vagues et en milieu deltaïque à la limite de la ligne de rivage. Le faciès sigmoïdal "S" est le plus dominant dans les puits. Selon [17] la forme en « S » dénommée « faciès de dépôt par excès de charge » serait un faciès de sable littoral où les grains sont transportés par saltation sur le fond par l'eau en mouvement : rivière, courant marin, jet de rive; suite d'une diminution de la compétence de l'agent de transport. Pour [18] la forme en « S » indique des sables transportés dans un milieu plus ou moins agité avec une évacuation des particules fines, le stock sédimentaire est homogène et l'énergie est adaptée à la charge transportée. Les sables sont grossiers à moyen, assez bien classé à moyennement classé et très asymétrique vers les éléments fin à asymétrique vers les éléments fins à Anoumabo. A Nouamou les grains de sables sont très grossiers à grossiers, médiocrement à moyennement classés et très asymétriques vers les éléments fins. Le classement des sables du littoral Est ivoirien est différent d'une région à une autre, traduisant ainsi la variation de la dynamique sédimentaire dans le bassin ivoirien [19]. Selon [20] la taille des grains diminue du Nord vers le Sud pour les sédiments de même âge. Pour lui cela indiquerait que le sens de l'écoulement général s'est fait du Nord vers le Sud de la Faille des Lagunes. L'application du test [9] et de [10] aux sédiments montre que les dépôts se sont effectués dans un environnement fluvial à Nouamou ; fluvial et plage à Anoumabo. Les grains de quartz étudiés sont sub-arrondis à sub-anguleux, arrondis et rarement anguleux. Ils présentent un caractère émoussé luisant de couleur grise à jaune orangée traduisant un transport en milieux aquatiques continentaux ou d'évolution en milieux marins [21]. Les grains de sables jaunes roux à jaune orangés indiquent la présence d'oxydes ferriques d'origine continentale [13].

Les palynomorphes tels que *Verrucatosporites usmensis*, *Retitricolporites irregularis*, *Laevigatosporites ovatus*, *Leiotriletes ardiensis*, *Pachydermites diderixii*, *Polypodiaceosporites regularis*, *Striatopollis catatumbus*, *Monocolpopollenites sp.*, *Crassoretitriletes vanraadshooveni* mis en évidence dans les sédiments argileux ont permis de suggérer un âge Miocène inférieur dans les deux puits. Le Miocène inférieur identifié dans nos travaux a été mis en évidence dans les travaux réalisés à Bingerville par [22] et [13] avec ces mêmes espèces. Les sporomorphes *Pachydermites diderixii*, *Striatopollis catatumbus* et *Verrucatosporites usmensis* ont été utilisées par [23] au Soudan en association avec d'autres palynomorphes pour caractériser le Miocène inférieur.

8 CONCLUSION

L'étude sédimentologique a permis d'établir la lithostratigraphie, la granulométrie et la calcimétrie des formations sédimentaires d'Anoumabo et de Nouamou. Elle a mise en évidence deux faciès lithologiques que sont les sables quartzeux et les argiles. Les grains de sable sont grossiers à moyen, majoritairement sub-arrondis à sub-anguleux et luisants, évoquant ainsi un transport en milieu aqueux sur une distance plus ou moins longue. Le mode de transport dominant de ces grains est la saltation. Les dépôts se sont réalisés dans un milieu peu agité, de type deltaïque ou estuarien à Anoumabo et fluvio-deltaïque à Nouamou. Les nappes du tertiaire rencontrées sont captives. Leur alimentation n'est plus directe par les eaux d'infiltration issues des pluies actuelles mais plutôt à travers l'écoulement latéral. Les nappes sont continues sur tout le littoral et peuvent contenir une importante quantité d'eaux susceptibles de combler le déficit en eau potable dans ces régions. Mais, il ne faut pas perdre de vue le volet environnemental (pollution anthropique: eaux usées, pesticides, herbicides...). Les sporomorphes observés dans les formations sédimentaires argileuses ont permis de dater les aquifères du Miocène inférieur.

REMERCIEMENTS

Les auteurs souhaiteraient adresser leur infinie reconnaissance aux responsables de la Direction de la **S.O.A.F.H.** (Société Africaine de Forages Hydrauliques) qui nous ont autorisés à prendre une part active aux différentes missions de forages, nous permettant ainsi de réaliser les prélèvements d'échantillons utilisés dans ce travail.

Aussi les auteurs aimeraient remercier les responsables du Centre d'Analyse et de Recherche (C.A.R) de la PETROCI pour la confection des lames palynologiques.

Enfin nos remerciements vont à l'endroit des responsables du laboratoire des Géosciences marines de l'UFR STRM (Université Felix Houphouët Boigny) qui nous ont offert un cadre propice pour la réalisation de nos travaux de recherches.

REFERENCES

- [1] AGHUI N. et BIEMI J., Géologie et hydrogéologie des nappes de la région d'Abidjan et risque de contamination. Annuaire de l'Université de Côte d'Ivoire, série C (sciences), tome 20, pp.313-347, 1984.
- [2] SY A. épouse Tapsoba, Contribution à l'étude géologique de la région de Dabou (sud de la Côte d'Ivoire): Hydrochimie, isotopie et indice de vieillissement des eaux souterraines. Thèse de Doctorat 3^e cycle en Science, Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, 200p., 1995.
- [3] YEI M.S.O., Ressources en eaux souterraines dans la région du grand Abidjan (Côte d'Ivoire): Approches hydrochimique et isotopique. Thèse de Doctorat en Sciences de l'Université de Paris-Sud, Orsay, France, 290p., 1998.
- [4] AHOUSI K.E., Evaluation quantitative et qualitative des ressources en eau dans le Sud de la Côte d'Ivoire. Application de l'hydrochimie et des isotopes de l'environnement à l'étude des aquifères continus et discontinus de la région d'Abidjan-Agboville. Thèse de Doctorat unique de l'Université F.H.B., Abidjan (Côte d'Ivoire), 270 p., 2008.
- [5] ADIAFFI B., Apport de la géochimie isotopique, de l'hydrochimie et de la télédétection à la connaissance des aquifères de la zone de contact "socle-bassin sédimentaire" du sud-est de la Côte d'Ivoire Thèse de Doctorat unique de l'Université Paris Sud Faculté des Sciences d'Orsay, France 196 p., 2008.
- [6] DEH S.K., Contribution de l'évaluation de la vulnérabilité spécifique aux nitrates et d'un modèle de transport des organochlores à la protection de la nappe d'Abidjan (sud de la Côte d'Ivoire) Thèse de Doctorat unique de l'Université F.H.B., Abidjan (Côte d'Ivoire), 210p. 2013.
- [7] EBLIN S.G., Dégradation des écosystèmes environnementaux dans la région d'Adiaké (Sud-est côtier de la Côte d'Ivoire) et risque de pollution des eaux: Apport d'un SIG. Thèse de Doctorat unique de l'Université F.H.B., Abidjan (Côte d'Ivoire) 205p., 2014.

- [8] VISHER.G.S., Grain size distributions and depositional processes. *Journ. Sedim. Petrol.*, Tulsa, vol. 39, pp. 1074-1106, 1969
- [9] FRIEDMAN G. M., Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands. *J. Sed. Ped.*, 37, pp. 327-354, 1967.
- [10] MOIOLA.R.J, et WEISER, Textural parameters: an evaluation. *Journ. Sedim. Petrol.* n°38, pp 45-53, 1968:
- [11] PETITJOHN: Sedimentary rocks. Edit. Harper and Brothers, New-york., 2nd Edit., 718p., 1957.
- [12] CAILLEUX A., Distinction des sables marins et fluviaux. *Bull. Soc. Géol. Fr, 5ème série, t. XV, pp. 375-404, 1947.*
- [13] GBGANGBOT K.J.M., Lithostratigraphie des dépôts de subsurface des régions de Bingerville et d'Assinie, sud et sud-est, basse côte d'ivoire. Essai de comparaison des environnements de dépôts au cours du tertiaire. *European Journal of Scientific Research* ISSN 1450-216X Vol. 86 No1 September, 2012, pp.41-52, 2012.
- [14] SELLEY R.C., Ancient sedimentary environments. Second édition. 287p., 1978.
- [15] YAO N.J.P., Caractérisation sédimentologique, minéralogique, géochimique et biostratigraphique des falaises vives de Fresco: région de grand-lahou (Côte d'ivoire). Thèse de Doctorat unique de l'Université F.H.B., Abidjan, 240 p., 2012.
- [16] SOW, Etude sédimentologique et révision chronostratigraphique du Crétacé Terminal du Horts du Ndiass (Sénégal occidental). Doctorat de 3^{ème} cycle en géologie de l'Université C.A.D de Dakar, 152p., 1992.
- [17] PINOT.J.P., Manipulations sédimentologiques courantes M.W. TURGAL.07.SEDI Edition de février 1994. 118p., 1994.
- [18] ATOUI *et al.*, Distributions granulométriques des sédiments de surface de la frange littorale du Ras Taguermess au Ras Marmour (Golfe de Gabès, Tunisie). *In: Conférence Méditerranéenne Côtière et Maritime. Edition 1, Hammamet, Tunisie 2009*, pp.75-78, 2009.
- [19] BOGA A.H., analyses sédimentologiques et stratigraphiques de séquences sédimentaires (Crétacé-Quaternaire) de l'est du bassin sédimentaire de côte d'ivoire. Caractérisation des processus de dépôts détritiques. Thèse de Doctorat unique de l'Université F.H.B., Abidjan (Côte d'Ivoire), 235 p., 2015.
- [20] ASSALÉ F.Y.P., Caractérisation sédimentologique, palynologique, géochimique et paléoenvironnementale des formations sédimentaires connexes à la faille des lagunes (Est du bassin onshore de Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat unique de l'Université F.H.B., Abidjan (Côte d'Ivoire), 441 p., 2013.
- [21] SAAIDI E., Traité de sédimentologie, pétrographie, environnements sédimentaires. Editions Afrique Orient, 399 p., 1991.
- [22] ENNIN T. M. (Etude sédimentaire et palynologique de quatre puits dans la région de Brégbo (Sud -Est d'Abidjan). DEA des sciences de la terre option Géologie marine, UFR STRM, Université d'Abidjan, 58p., 2003.
- [23] EISAWI A. and SCHRANK E., Upper Cretaceous to Neogene palynology of the Melut Basin, Southeast Sudan. *Palynology*. Volume.32, n°1, pp. 101-129, 2008.

Aplicación del método DRASTIC para la cartografía de la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero de R'mel (Larache, Marruecos)

[Application of DRASTIC method for mapping vulnerability to contamination of aquifer R'mel (Larache, Morocco)]

Nisserine Ben Driss¹ y Fermín Villarroya²

¹Departamento de Geografía, Facultad de Letras y Ciencias Humanas (Martil), Tetuán (UAE), Marruecos

²Departamento de Geodinámica, Facultad de Ciencias Geológicas (UCM) C/José Antonio Novais, 2. 28040 Madrid, España

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 DRASTIC methodology have been aplicated to determine the vulnerability to contamination of groundwater in the unconfined aquifer of R'mel (Larache, Morocco). The variables considered by this method have been mapped using the ARCGIS 9.3 software by mean the scan tool Spatial Analyst. The results were that 70,5% of the aquifer has a very low level of vulnerability; 17,9% low degree of vulnerability; 6,7% a moderate vulnerability, while the remaining 4,8% have no vulnerability. The application of this method was performed for the first time in this area by mean of this study and the results provide a basis for environmental management, land planning and its suitability for different uses and a starting point for future research aimed at protecting the aquifer contamination.

KEYWORDS: groundwater, R'mel aquifer, contamination, DRASTIC, vulnerability.

RESUMEN: Se ha aplicado el método DRASTIC para conocer la vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas en el acuífero libre de R'mel (Larache, Marruecos). Las variables que contempla este método se han cartografiado aplicando el software ARCGIS 9.3 mediante la herramienta de análisis Spatial Analyst. Los resultados obtenidos han sido que el 70,5% de la superficie del acuífero presenta un grado de vulnerabilidad muy bajo; el 17,9% un grado de vulnerabilidad baja; el 6,7% una vulnerabilidad moderada, mientras que el 4,8% restante no presenta vulnerabilidad. La aplicación de este método se ha efectuado por primera vez en esta zona mediante este estudio y los resultados constituyen una base de gestión ambiental y de ordenación del territorio y su adecuación a diferentes usos y un punto de partida para futuras investigaciones orientadas a la protección del acuífero contra la contaminación.

PALABRAS CLAVE: aguas subterráneas, acuífero R'mel, contaminación, DRASTIC, vulnerabilidad.

ABRIDGED VERSION

INTRODUCTION AND METHODOLOGY

This article includes part of the content of the doctoral thesis of Ben Driss (Ben Driss, 2009) which focused on a contamination vulnerability analysis of the R'mel aquifer. This aquifer (Fig.1, 2 and 4) covers approximately 240 km² in the north-western part of the Bas-Loukkos river basin, south of the city of Larache. The mean annual precipitation and

temperature are 645 mm and 25°C, respectively (Fig.3). Most of this region is covered with six soil types as shown in Fig.4, with a significant presence of sandy and red Mediterranean soils.

The DRASTIC method uses the assignment of indices from 1 – 10, according to the characteristics and behaviour of the seven variables considered which give this method its name: D (depth to water); R (net recharge), A (aquifer media), S (soil media), T (topography), I (impact of vadose zone) and C (hydraulic conductivity) (Aller *et al.*, 1987). These parameters are assigned values and a multiplier (weight according to importance) to obtain the DRASTIC index (DI) :

$DI = D_r D_w + R_r R_w + A_r A_w + S_r S_w + T_r T_w + I_r I_w + C_r C_w$, where the subscripts r and w are the rating and weighting factors respectively. The DI ranges from 23 (minimum vulnerability) to 230 (maximum vulnerability), although in practice the predominant index varies from 50 - 200 (Table 1, 2). Table 3 shows the colour codes used on the maps obtained by applying this method.

RESULTS AND DISCUSSION

Depth to water (D) is an important parameter as it determines the thickness of the materials through which a contaminant must flow before reaching the water level.

From an inventory of 70 wells, the depth to water was determined at between 0.9 and 64 m. Seven different categories were defined by estimating vulnerability in relation to this parameter and classified in three groups depending on the depth to water (Fig.5). In the most vulnerable zones the piezometric surface is found at less than 4.5m (rating 10 and 9). In the moderately vulnerable zones the depth ranges from 4.5 - 15m (rating 7 and 5). The least vulnerable zones are where the depth of the piezometric surface is greater than 15m (rating 3, 2 and 1).

Recharge (R) is one of the most difficult variables to determine. It depends on precipitation, evapotranspiration, runoff, soil type and also on anthropic factors such as the predominantly agricultural activity (and irrigation return flows) in the area. The recharge values in whole area is considered to be homogeneous and assigned a rating of 9.

The hydrodynamic characteristics of the saturated zone (A) have an important influence on the dilution, diffusion and residence time of the contaminants and potentially on the aquifer water quality. Three types were identified (Fig.6).

Soil (S) represents the surface where contaminating activities predominate and the barrier to contaminants during infiltration. Five types were obtained with sandy texture type 9 predominant. The other four types (rating 8, 7, 4 and 3) present a clay and/or clay-silt texture (Fig. 7).

The evaluation of Topography (T) parameter in the study area was determined automatically from a numerical terrain model (NTM) obtained by digitizing the contours of the topographic area maps. These contours were transformed into an elevation map using 3D Analyst, which then enabled the percent slope calculation. Five types were identified from the slope map, with 0 - 6% slope the most significant, indicating low aquifer protection against contamination (Fig. 8).

The most relevant parameters to take into consideration in a study of vadose zone vulnerability are those likely to delay any vertical transit of contaminants: the unsaturated zone parameter (I). This is essentially the thickness of the unsaturated zone down to the phreatic surface. The thickness of the unsaturated zone was deduced from the wells inventory and lithological columns. Three types were identified (Fig. 9).

Given that not enough information was available to evaluate the hydraulic conductivity value (C) of the aquifer (Fig.10), the values obtained from a mathematical model were used. The hydraulic conductivity values range from 0.77- 22.64 m/day. The values for this parameter were classified on a pixel-by-pixel basis using the DRASTIC method rating system. The map obtained presents three types: a less vulnerable zone occupying 36.44% of the surface; a more vulnerable zone representing 12.41% of the total surface; the remaining areas, with hydraulic conductivity ranging from 4-12 m/day, occupy 51.15% of the total surface and present moderate vulnerability.

The vulnerability was mapped by overlaying the seven thematic maps (Fig. 11). Four DRASTIC index intervals can be observed. Each index represents a level of susceptibility to contamination of the R'mel aquifer groundwater. Immediately evident is the predominance of very low vulnerability zones (rating 80-99). The zone with nil vulnerability (rating 23-79) corresponds to the first type established by Aller *et al.*(1987) (Table 1); the low vulnerability zone (rating 100-119) corresponds to the third type; and the rest corresponds to the fourth type with moderate vulnerability (rating 120-139). As a result the total surface vulnerability can be classified as follows: 70.47% - very low; 17.94% - low; 6.75% - moderate; 4.84% - nil (Fig. 12). The most vulnerable zone is found mainly in the north western part of the study area south of the city of

Larache, due to the proximity of the water level to the surface and the permeable nature of the lithological formations present in this area.

It remains to be seen whether by applying other methods such as GOD, EPIK, AVI, SINTACS, PRK, would obtain the same results. DRASTIC is one of the most widely used and reliable methods for groundwater vulnerability mapping because of the related variables integrated. The results obtained in this study can be used as a basis for environmental management and as an important tool for land-use planning, and provide an excellent starting point for carrying out research aimed at the protection of water resources.

INTRODUCCIÓN

Las aguas subterráneas son un recurso valioso que merece especial atención. La experiencia de numerosos países ha venido a demostrar que la gestión integrada y concertada de los recursos hídricos constituye una necesidad imperiosa para un desarrollo socioeconómico sostenible. En las últimas décadas, el incremento de actividades antrópicas en las áreas de recarga de los acuíferos debido especialmente a las prácticas agrícolas, como es el caso que nos ocupa, ha puesto en peligro la calidad de las aguas subterráneas. Por este motivo se ha fomentado extraordinariamente los estudios de calidad de las aguas, si bien en regiones áridas como es la cuenca del R'mel en Marruecos, no hay que descuidar los aspectos de cantidad. Este artículo recoge parte de los trabajos contenidos en la tesis doctoral de Ben Driss que fue defendida en la Universidad Complutense (Ben Driss, 2009) y que se centraba en el análisis de la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero de R'mel.

El término vulnerabilidad a la contaminación de un acuífero se aplica para representar las características intrínsecas que determinan su susceptibilidad a ser afectados adversamente por una carga contaminante que produzca cambios químicos, físicos o biológicos que superen los límites máximos establecidos en las normativas que regulan la potabilidad del agua (Foster, 1987).

La cartografía de la vulnerabilidad de acuíferos, es uno de los procesos más adecuados para preservar la calidad de las aguas subterráneas, ya que permite conocer las características naturales del terreno permitiendo de este modo proteger el acuífero de la acción de los diferentes contaminantes que puedan infiltrarse desde la superficie, asociados a fenómenos naturales o a la actividad del hombre. Si bien la metodología DRASTIC (Aller *et al.* 1987) ha sido muy utilizada en numerosos acuíferos (Auge, 2005; Vrba and Zaporec, 1994; Nicoletti and Spandre, 1996; Martínez *et al.* 1998), sin embargo, que sepamos, es la primera vez que se aplica al acuífero del R'mel cuyas características se explican a continuación.

CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS, CLIMÁTICAS E HIDROGEOLÓGICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

El acuífero de R'mel, objetivo de este trabajo, pertenece administrativamente a la Provincia de Larache (Fig. 1). Esta provincia ocupa una superficie de 2783 km² en el sector noroccidental de Marruecos. Destaca por su importante potencial hidroagrícola, ya que la actividad económica de esta provincia está basada esencialmente en la agricultura, la pesca y la industria agroalimentaria.

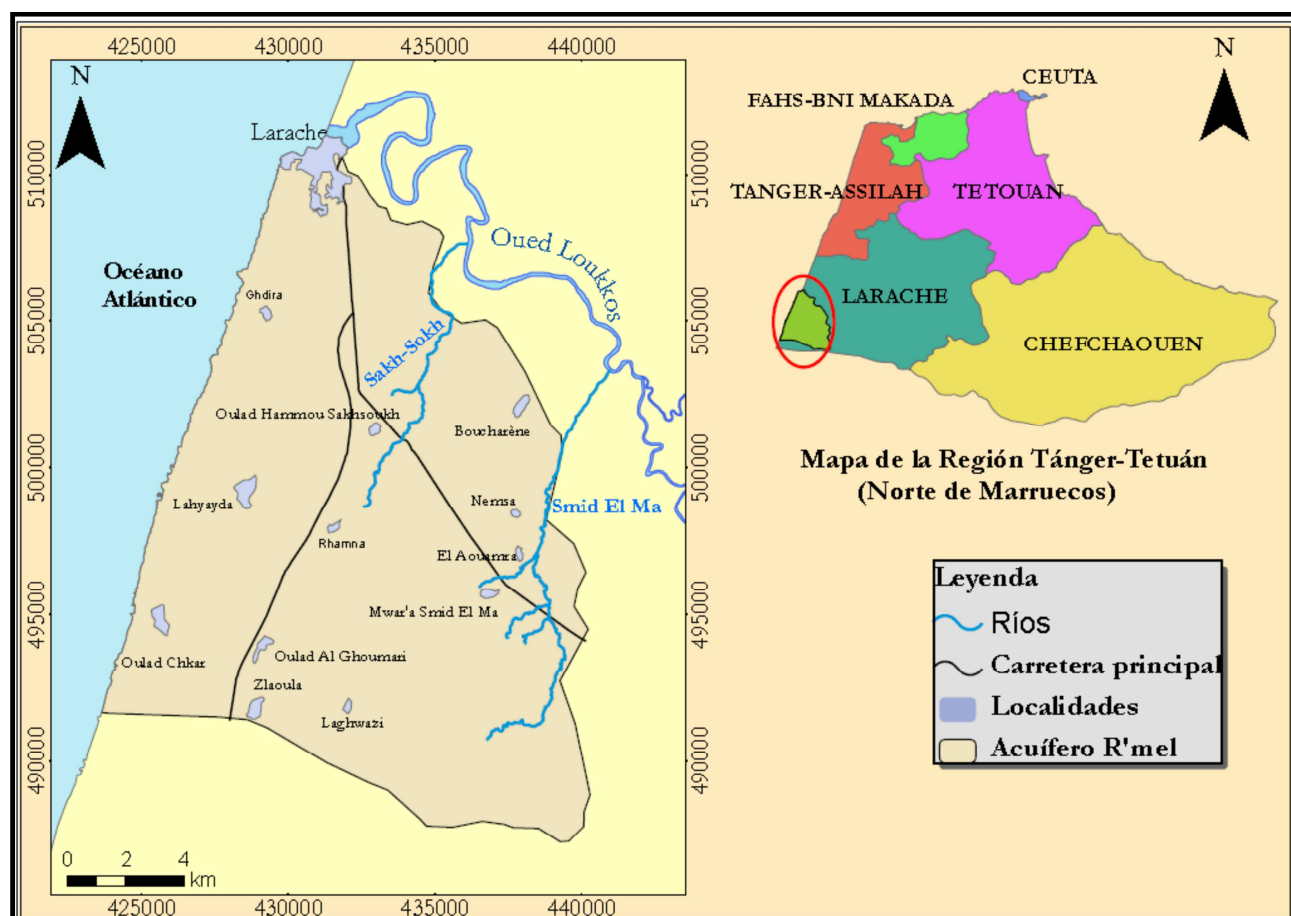


Fig.1. Mapa de localización de la zona de estudio

El acuífero de R'mel (Fig. 2, 4 y 5), se extiende sobre una superficie de unos 240 km² y está situado en la parte noroccidental de la cuenca del Bas-Loukkos, al sur de la ciudad de Larache. Limita con el Océano Atlántico al Oeste, con Oued Loukkos al Este y por los afloramientos Mio-Pliocenos margosos al Sur. Está drenado por los ríos Oued Sakh Sokh, Smid el Ma y el Kihel (ABHL, 2003).

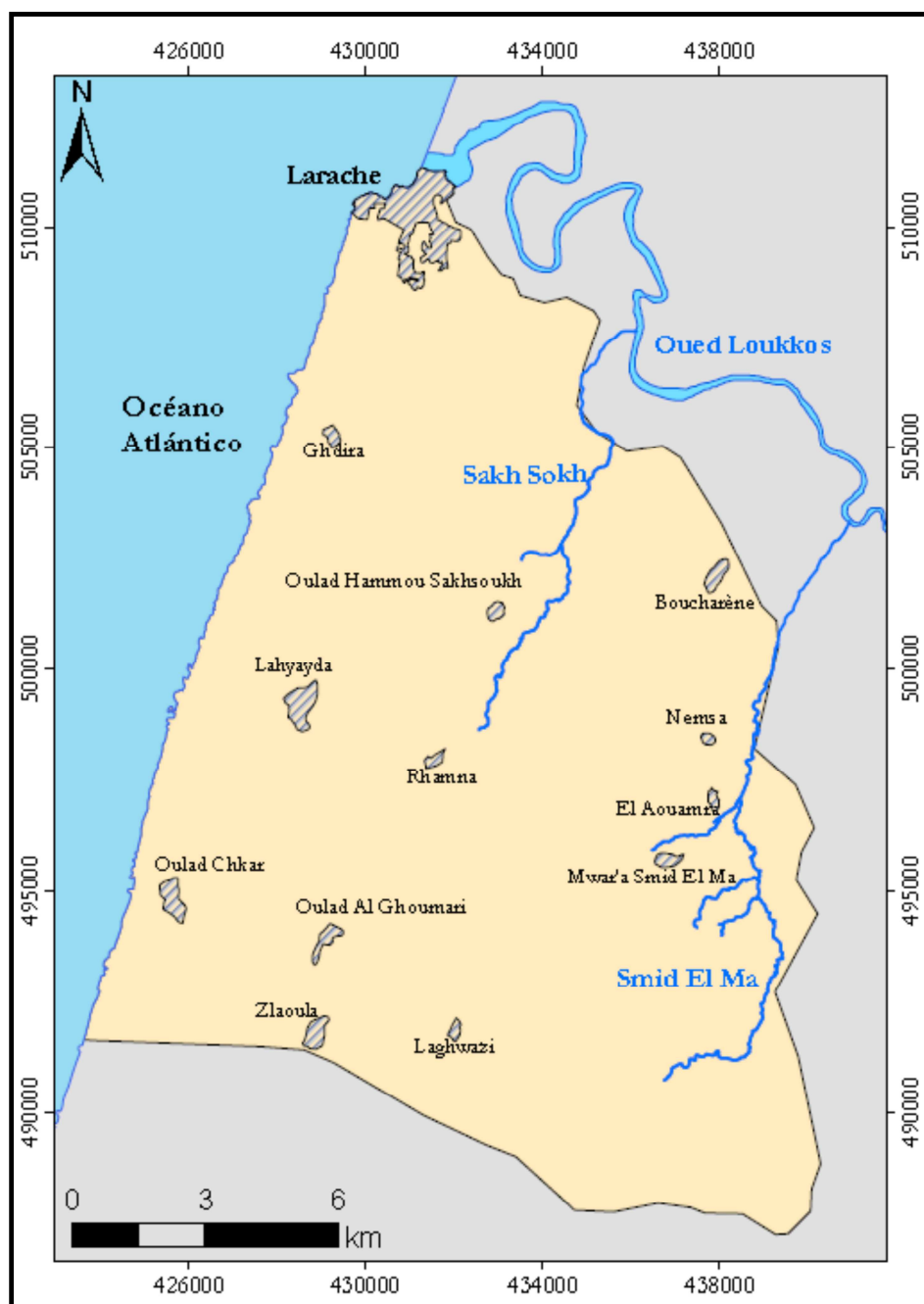


Fig. 2. Ríos de la cuenca Baja de Loukkos

Las lluvias se producen generalmente entre octubre y mayo, registrando una pluviometría media anual de 645mm, durante el periodo de 20 años (1989-2009). La precipitación anual máxima registrada fue de 1238 mm en 1995/96 y la mínima de 296 mm en 1998/99. La precipitación media mensual también registra variaciones muy considerables; el máximo observado en el mes de diciembre son 134.4 mm mientras que el valor mínimo de 0.7 mm se produce en el mes de julio. (Informes internos de la ABHL: 2003, 2005, 2006)

Presenta una temperatura media anual de 25°C con una estación seca que se extiende entre los meses de junio y septiembre. Según el índice de humedad, definido por la UNESCO en 1979, el clima de la zona es de tipo semiárido.

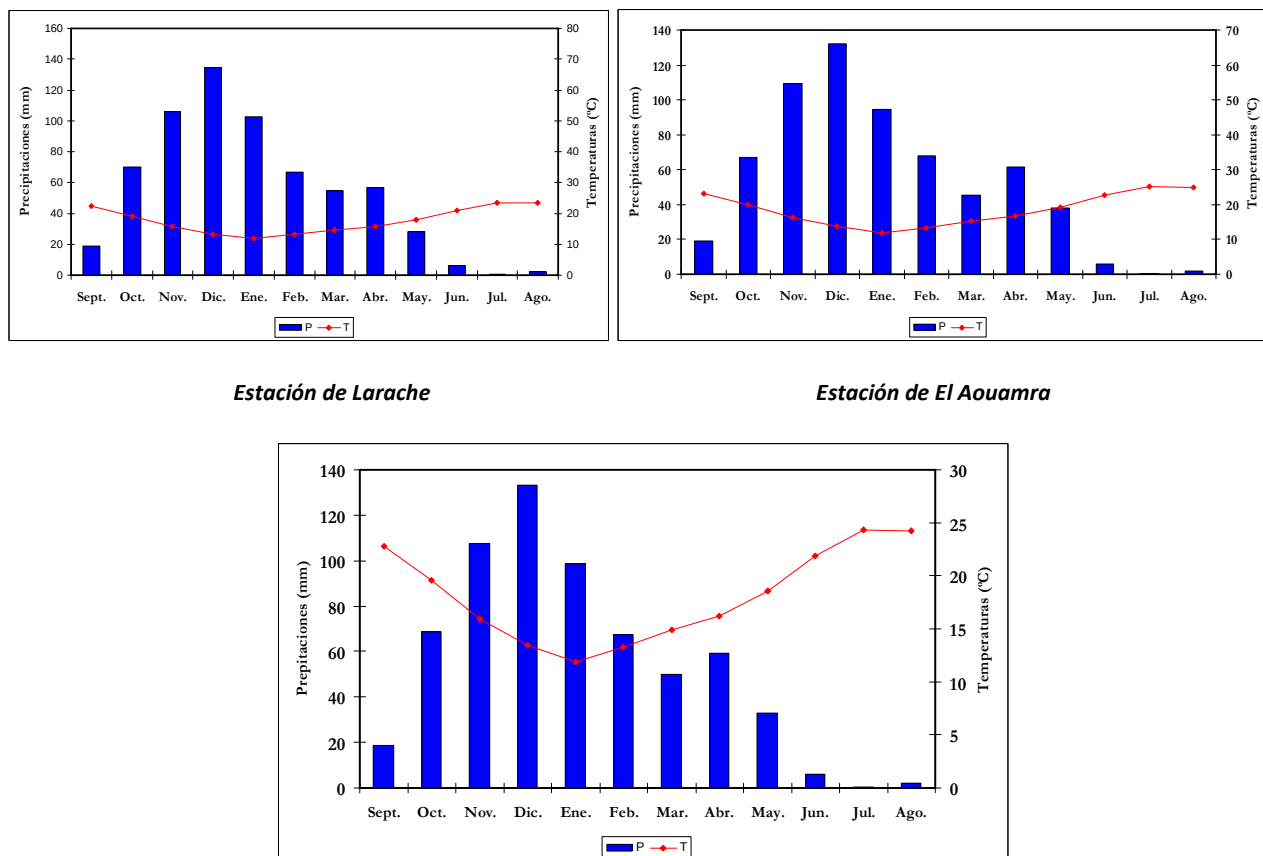


Fig. 3. Diagrama ombrotérmico de las medias de las estaciones de Larache y El Aouamra

(Elaboración propia a partir de los datos obtenidos a partir de las fichas de las dos estaciones climatológicas disponibles en la ABHL 1989-2009).

Para poder delimitar las zonas vulnerables en la cuenca de R'mel es imprescindible conocer los diferentes tipos de suelo existentes en la zona de estudio y su distribución. La mayor parte de la región está tapizada por seis tipos de suelos (ORMVAL, 1998):

- suelos arenosos
- suelos aluviales
- suelos arcillosos (tirs)
- suelos calcimorfes (calcimagnésicos)
- suelos turbosos

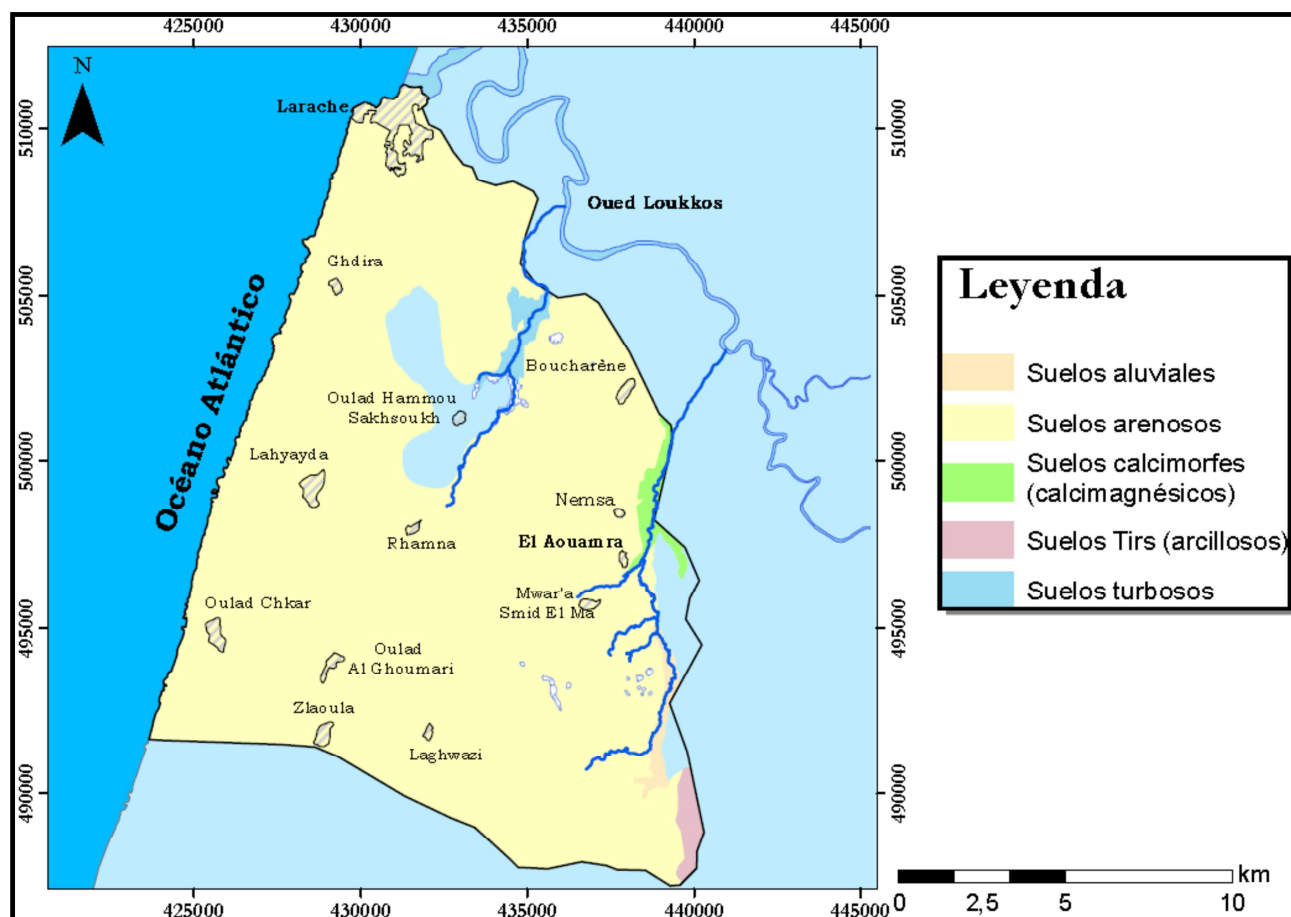


Fig. 4. Mapa pedológico de la planicie de R'mel (realizado a partir del mapa pedológico de la zona, ONI, 1962)

METODOLOGÍA

El movimiento de un contaminante desde la superficie del suelo hasta el agua subterránea puede tardar días o décadas antes de que el impacto de la contaminación resulte evidente en el acuífero. La descontaminación de acuíferos es muy costosa y no siempre se consigue eliminarla en su totalidad. Esta es una de las justificaciones que ha llevado a realizar el presente estudio de vulnerabilidad a la contaminación en el que se determinan las zonas de mayor a menor susceptibilidad que posee el sistema acuífero. La selección del método para evaluar la vulnerabilidad del agua subterránea en una región determinada depende de varios factores, entre los que destacan: el conocimiento y difusión de la metodología, la información disponible, el alcance de la evaluación y finalmente la validación de los resultados y su representación cartográfica (Auge, 2005). Cabe señalar que para la determinación de la vulnerabilidad de acuíferos se han establecido varios métodos: GOD, EPIK, AVI, SINTACS, PRK, DRASTIC... (Vrba y Zaporozec, 1994, Nicoletti y Spandre, 1996, Auge, 2005, Albinet y Margat, 1975). Hemos optado por aplicar el método DRASTIC por contar con todos los parámetros o variables que utiliza y por ser uno de los métodos, más contrastados.

El método DRASTIC es uno de los métodos más difundidos a nivel internacional para determinar la vulnerabilidad de acuíferos, tanto para la calificación (evaluación cualitativa) como para la cartografía. Es un método perteneciente al subgrupo PCSM (Point Count System Model) desarrollado por Aller *et al.* en 1987, muy utilizado por la Agencia de Protección Ambiental de EEUU con el objetivo de evaluar los riesgos de contaminación de las aguas subterráneas (Vrba y Zaporozec, 1994). Utiliza unos índices que van del 1 al 10, de acuerdo con las características y el comportamiento de las variables consideradas en el método. Clasifica y pondera parámetros intrínsecos, reflejo de las condiciones naturales del medio (Aller *et al.* 1987). El método utiliza siete parámetros de interés para el análisis a los que se asignan valores y un multiplicador (peso según su importancia). Los factores de clasificación se establecen del 1 al 10, mientras que los factores de ponderación varían según el factor implicado entre 1 y 5. Los criterios aplicados dan lugar al acrónimo con el que se conoce este método:

- D (depth to water): profundidad del nivel del agua;
- R (net recharge): recarga neta;

- A (aquifer media): formación geológica que constituye el acuífero;
- S (soil media): cubierta edáfica bajo la superficie del terreno;
- T (topography): pendiente del terreno;
- I (impact of vadose zone): tipo de material geológico de la zona no saturada;
- C (hydraulic conductivity): conductividad hidráulica del acuífero.

Así pues, las puntuaciones ponderadas se suman para obtener el índice DRASTIC:

$$ID = D_r D_w + R_r R_w + A_r A_w + S_r S_w + T_r T_w + I_r I_w + C_r C_w$$

donde los subíndices r y w significan factor de clasificación y factor de ponderación respectivamente. La valoración de los parámetros permite determinar los intervalos de vulnerabilidad a la contaminación y delimitar así áreas de mayor riesgo frente a un contaminante potencial. El índice ID oscila entre 23 (vulnerabilidad mínima) y 230 (vulnerabilidad máxima) aunque en la práctica el índice dominante varía entre 50 y 200 (Tabla 1). La tabla 2 hace referencia a los pesos atribuidos a cada parámetro del método, mientras que la Tabla 3 señala los códigos de colores que aparecerán en los mapas que resultan de la aplicación del método.

Tabla 1. Intervalos de los valores del índice DRASTIC y las clases correspondientes (Aller et al. 1987)

VULNERABILIDAD GENERAL	
Grado vulnerabilidad	Valor DRASTIC
Muy bajo	23-64
Bajo	65-105
Moderado	106-146
Alto	147-187
Muy alto	188-230

Para la realización de los siete mapas temáticos correspondientes a los parámetros (D, R, A, S, T, I y C), se ha procedido en primer lugar a la cartografía del acuífero de R'mel, después a la realización de los mapas de repartición de cada parámetro basados en los rangos determinados por el método DRASTIC. Esta labor ha sido realizada gracias al software ArcGis 9.3.

Tabla 2. Tabla recapitulativa de los pesos del método DRASTIC (Aller et al. 1987)

PARÁMETROS	PESO
D- Deep Water (Profundidad del acuífero) (m)	5
R- Recharge Net (Recarga Neta) (mm/año)	4
A- Aquifer Media (Tipo de Acuífero)	3
S- Soil Media (Tipo de Suelo)	2
T- Topography (Topografía, Pendiente) (%)	1
I- Impact of Vadose Zone (Impacto de la Zona No Saturada)	5
C- Conductivity Hydraulic (Conductividad Hidráulica del Acuífero) (m/día)	3

Tabla 3. Tabla recapitulativa de las puntuaciones y pesos DRASTIC (Aller et al. 1987)

Clase de vulnerabilidad	Color
Muy alta	Rojo
Alta	Rosa
Media	Amarillo
Baja	Verde
Muy baja	Azul

Como se ha dicho, a cada parámetro se le atribuye un peso constante que varía entre 1 y 5. Según el valor de los pesos, los parámetros obtenidos han sido agrupados en tres clases:

- Primera clase (peso 5) para la profundidad del agua (D) y la zona no saturada (I);
- Segunda clase (pesos 4 y 3) para la recarga (R) con un peso 4, y zona saturada (A) y la conductividad hidráulica (C) con un peso 3;
- Tercera clase (pesos 2 y 1) atribuidos al tipo de suelo (S) con un peso 2 y a la pendiente (T) con un peso 1.

ANÁLISIS Y RESULTADOS

- **La profundidad del agua (D)** (Fig. 5) es un parámetro importante ya que determina el espesor de los materiales a través de los cuales puede circular un contaminante antes de alcanzar el nivel del agua. Generalmente la capacidad de atenuación aumenta con la profundidad del nivel de agua. La evaluación del parámetro D ha sido realizada a partir de 70 puntos de agua inventariados, repartidos prácticamente por casi la totalidad del área de estudio. La profundidad del agua se reparte entre 0.9 y 64 m.

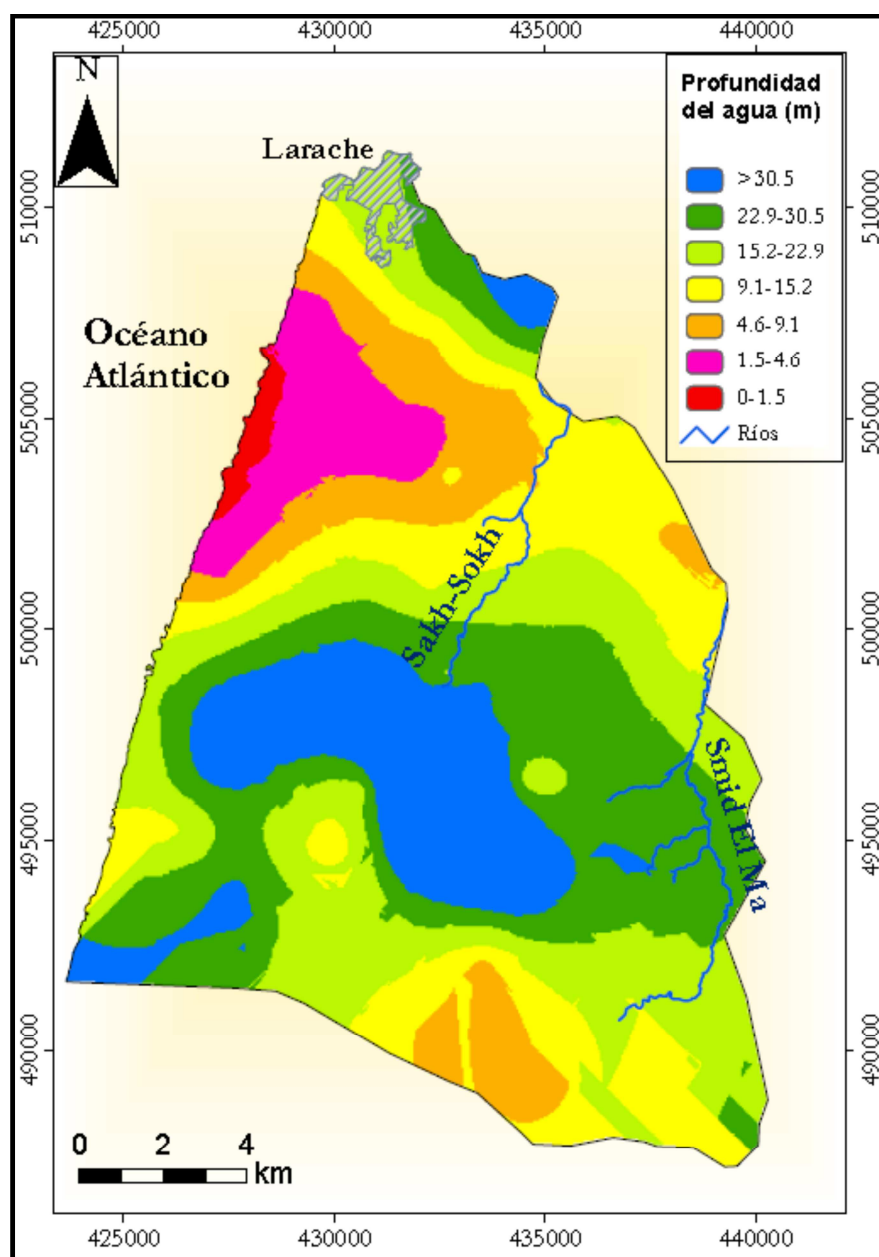


Fig. 5. Mapa temático del parámetro D del método DRASTIC en el acuífero de R'mel

Tabla 4. Valoración de la profundidad agua subterránea

PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACIÓN (D _R)
0 - 1.5	10
1.5 - 4.6	9
4.6 - 9.1	7
9.1 - 15.2	5
15.2 - 22.9	3
22.9 - 30.5	2
> 30.5	1

La estimación de la vulnerabilidad relativa a este parámetro (Tabla 4) nos ha permitido distinguir siete clases que agrupamos en tres grupos según la profundidad del agua. Las zonas más vulnerables son aquellas en las que el nivel piezométrico se encuentra a menos de 4,5m (puntuaciones: 10 y 9) cubriendo el 11,33% de la superficie total. Estas zonas se localizan en el extremo Noroeste de la planicie. Las zonas medianamente vulnerables en las que las profundidades varían entre 4,5 y 15m (puntuaciones: 7 y 5) se reparten sobre el 30,65% de la superficie total de la planicie, localizadas en la parte septentrional y en el extremo meridional del acuífero. Las zonas menos vulnerables son aquellas en las que la profundidad del nivel piezométrico supera los 15m (puntuaciones: 3, 2 y 1) representando así el 58% de la superficie total y se localizan en el centro y en el extremo Noreste de la planicie.

- **La recarga (R)** es una de las variables más difíciles de determinar. Depende de las precipitaciones, de la evapotranspiración, de la escorrentía, del tipo de suelo y de otros factores antrópicos, como es el caso de la actividad agrícola (y los retornos de riego) que predomina en la zona. El valor de la recarga anual que utilizó Larabi (2004) para la aplicación de un modelo matemático en toda la zona fue de 225 mm y se le ha asignado una puntuación de 9. Esta recarga es anómalamente alta y merecería una comprobación rigurosa para su verificación (El Kellouti, 2004, ORMVAL, 2008). No obstante de cara a este estudio, dado que no hay que introducir este valor cuantitativo, se ha asignado una puntuación homogénea para toda la zona.
- Las características hidrodinámicas de la **zona saturada (A)** influyen de manera importante en la dilución, la difusión y el tiempo de estancia de los contaminantes y eventualmente la calidad de las aguas del acuífero. Con el objetivo de evaluar la vulnerabilidad relativa a la zona saturada, el estudio de la superficie piezométrica es fundamental y permite poner en evidencia la variación del gradiente hidráulico, la dirección y sentido del flujo. Se ha distinguido tres tipos de clases (Fig. 6):
 - * clase 1 (puntuación 5, color verde), que representa el 17,61% del total de la superficie y está caracterizada por el predominio de areniscas margosas y/o limosas y pueden en algunos lugares presentarse en forma de intercalaciones de capas de arena y de grava.
 - * clase 2 (puntuaciones 6 y 7, colores amarillo y naranja respectivamente), que representa el 80,94%, caracterizada por el predominio de arenas permeables y arenisca con algunas intercalaciones de grava y gravilla.
 - * clase 3 (puntuación 8, color rosa) que sólo representa el 1,45% que se caracteriza por suelos arenosos.

Las zonas delimitadas en la clase 2 son más vulnerables que las de clase 1. En esta última, la granulometría fina de la litología del acuífero favorece la infiltración de los contaminantes que han escapado al poder de retención del suelo y de la zona no saturada.

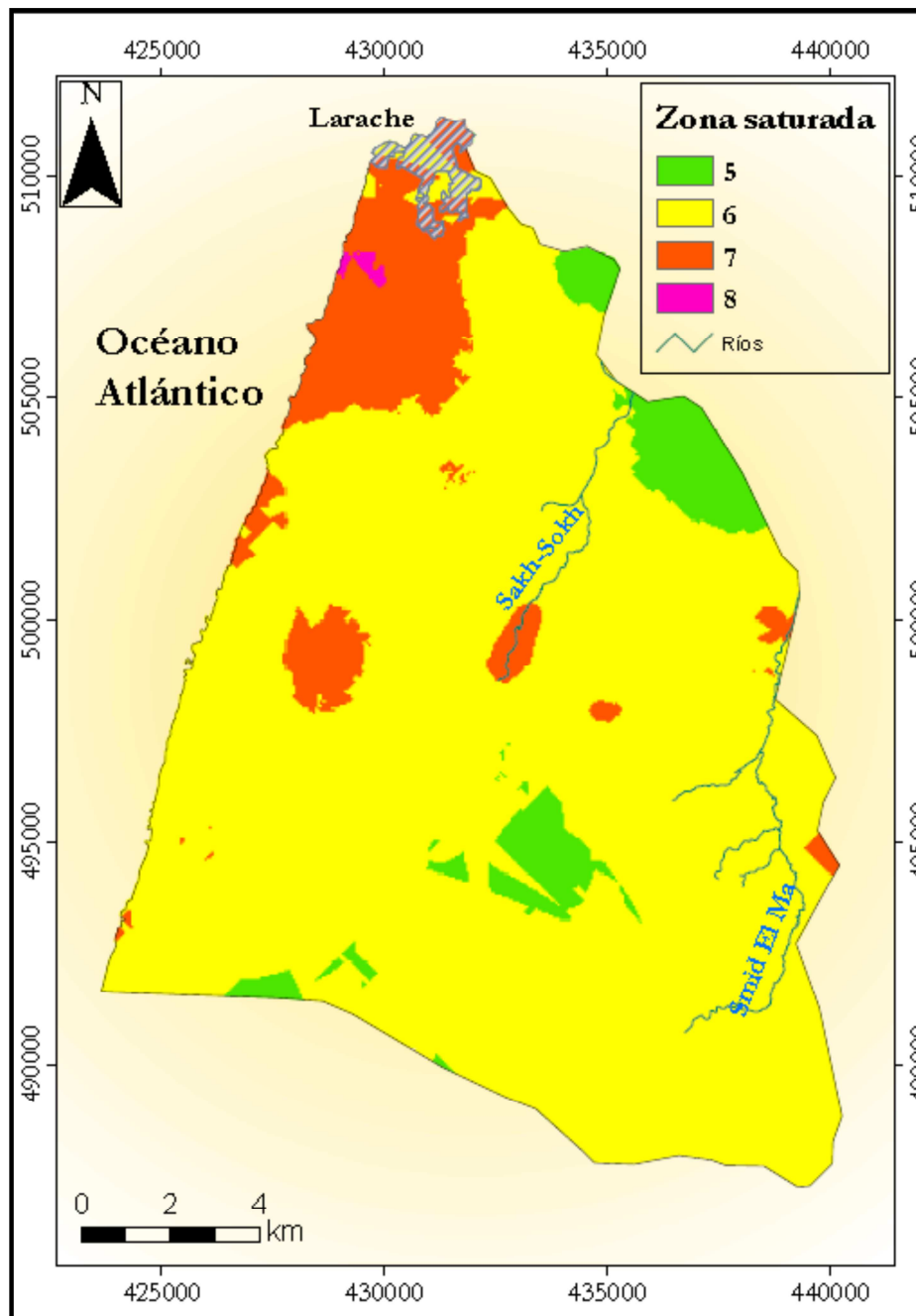


Fig. 6. Mapa temático del parámetro A del método DRASTIC. Verde: areniscas limosas; amarillo: arenas permeables; naranja: areniscas; rosa: suelos arenosos.

- **El suelo (S)** representa la superficie en la que dominan las actividades contaminantes, y por lo tanto la barrera que a la que se enfrentan los contaminantes durante su infiltración hacia el acuífero. La concentración de un contaminante puede disminuir considerablemente en el acuífero gracias al poder auto-depurador del suelo (Fig. 7).

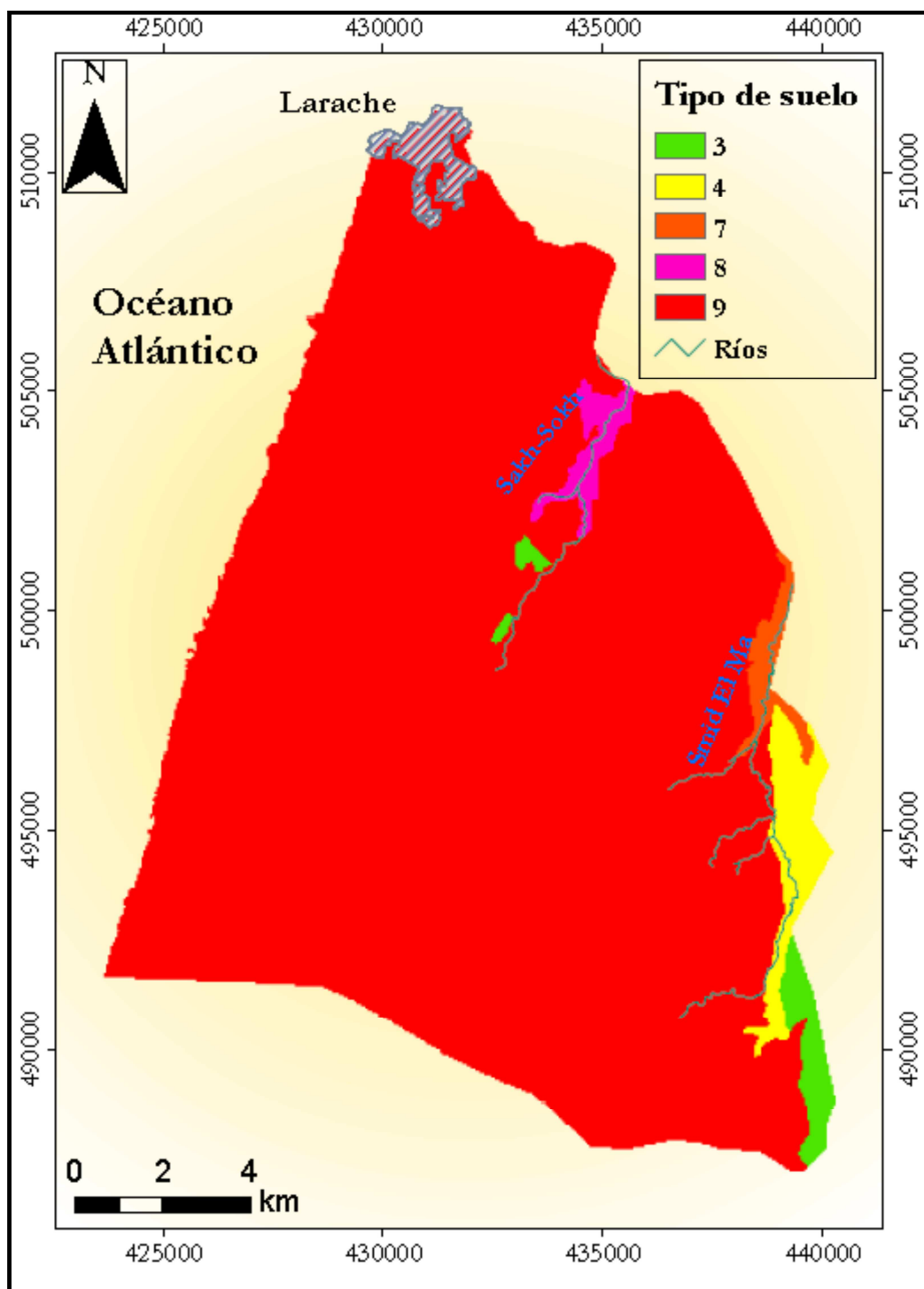


Fig. 7. Mapa temático del parámetro S del método DRASTIC. Los colores 3, 4, 7 y 8 representan suelos con textura arcillosa y/o arcillo-limosa y el color 9, textura arenosa.

Se han obtenido 5 clases con el predominio de la clase 9 (color rojo) que representa el 94,33% de la superficie total, con textura arenosa. Las otras cuatro clases (puntuaciones 8, 7, 4 y 3; colores rosa, naranja, amarillo y verde respectivamente) representan el 5,67%, presentando textura arcillosa y/o arcillo-limosa que se localizan en el extremo borde sureste y una zona estrecha en el noreste de la planicie. La zona de la primera clase es más vulnerable que las demás zonas.

- **La topografía (T)** del terreno natural influye sobre la infiltración de las aguas de lluvia cargadas de contaminantes en las formaciones acuíferas. Efectivamente, contrariamente a una pendiente baja, una pendiente mayor favorece la scorrentía

de las aguas lo que disminuye la infiltración de los contaminantes. La evaluación del parámetro (T) en la zona de estudio ha sido determinada automáticamente a partir de un modelo numérico de terreno (MNT) obtenido por la digitalización de las curvas de nivel de los mapas topográficos que cubren el área (Larache y Lalla Mimouna) a escala de 1/50.000. Estas curvas han sido transformadas en mapa de elevación mediante 3D Analyst, que posteriormente nos ha permitido calcular la pendiente en porcentaje (Fig. 8).

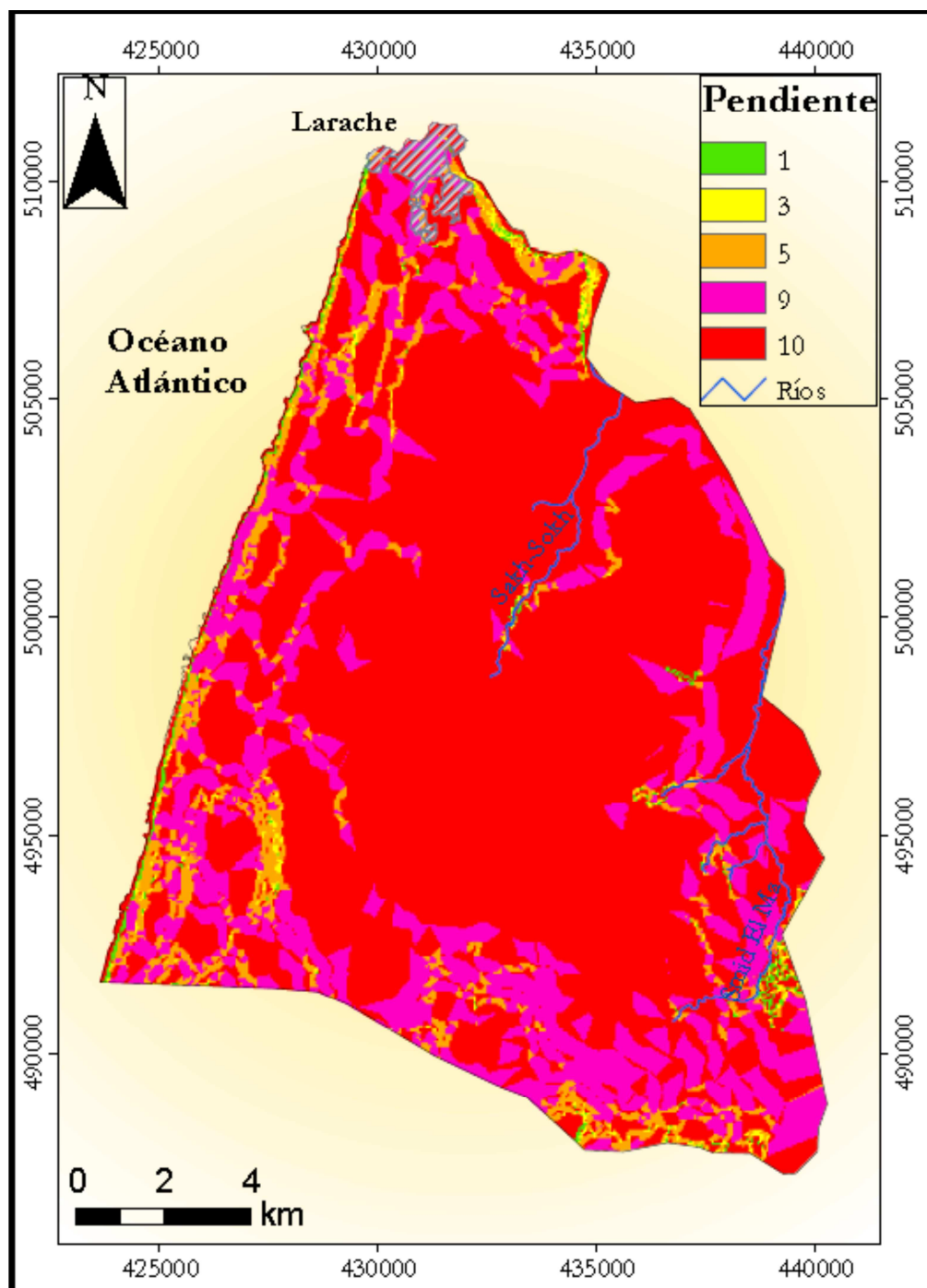


Fig. 8. Mapa temático del parámetro T del método DRASTIC. Pendiente de 0 a 6% corresponde a las clases 9 y 10 señaladas con colores rosa y rojo. Pendiente entre 6% y 18% corresponde a las clases 3 y 5 señaladas con colores amarillo y naranja, respectivamente. El color verde indica zona con pendiente superior al 18%.

A partir del mapa de pendientes, se han distinguido cinco clases: una pendiente de 0 a 6% que cubre 91,39% de la superficie total (clases 10 y 9 representadas con los colores rojo y rosa respectivamente), lo que indica una baja protección del acuífero contra la contaminación, y por consiguiente se consideran zonas más vulnerables. La pendiente se eleva gradualmente hacia los bordes oscilando entre 6 y 18% cubriendo el 6,97% de la superficie total de la planicie (clases 5 y 3 representadas respectivamente en el mapa con los colores naranja y amarillo), mientras que la pendiente sobrepasa los 18% en el resto de la superficie de la planicie (1,64%) y que está representada con el color verde.

- **Zona no saturada (I).** El contaminante, después de atravesar la superficie del suelo, se desplaza según una trayectoria subvertical atravesando la zona no saturada. Ésta se caracteriza por la presencia de materias orgánicas, materiales arcillosos y otros elementos. En ella, el agua adquiere sus características físico-químicas y bacteriológicas. Los parámetros más pertinentes que se deben tomar en consideración para el estudio de vulnerabilidad relacionada con la zona no saturada, son aquellos susceptibles de ejercer una eventual función de retrasar el tránsito vertical de los contaminantes. Se trata esencialmente del espesor de la zona vadosa o no saturada hasta alcanzar la superficie freática. A partir del inventario de puntos de agua y de las columnas litológicas se ha deducido el espesor de la zona no saturada. Se han distinguido tres clases (Fig. 9):

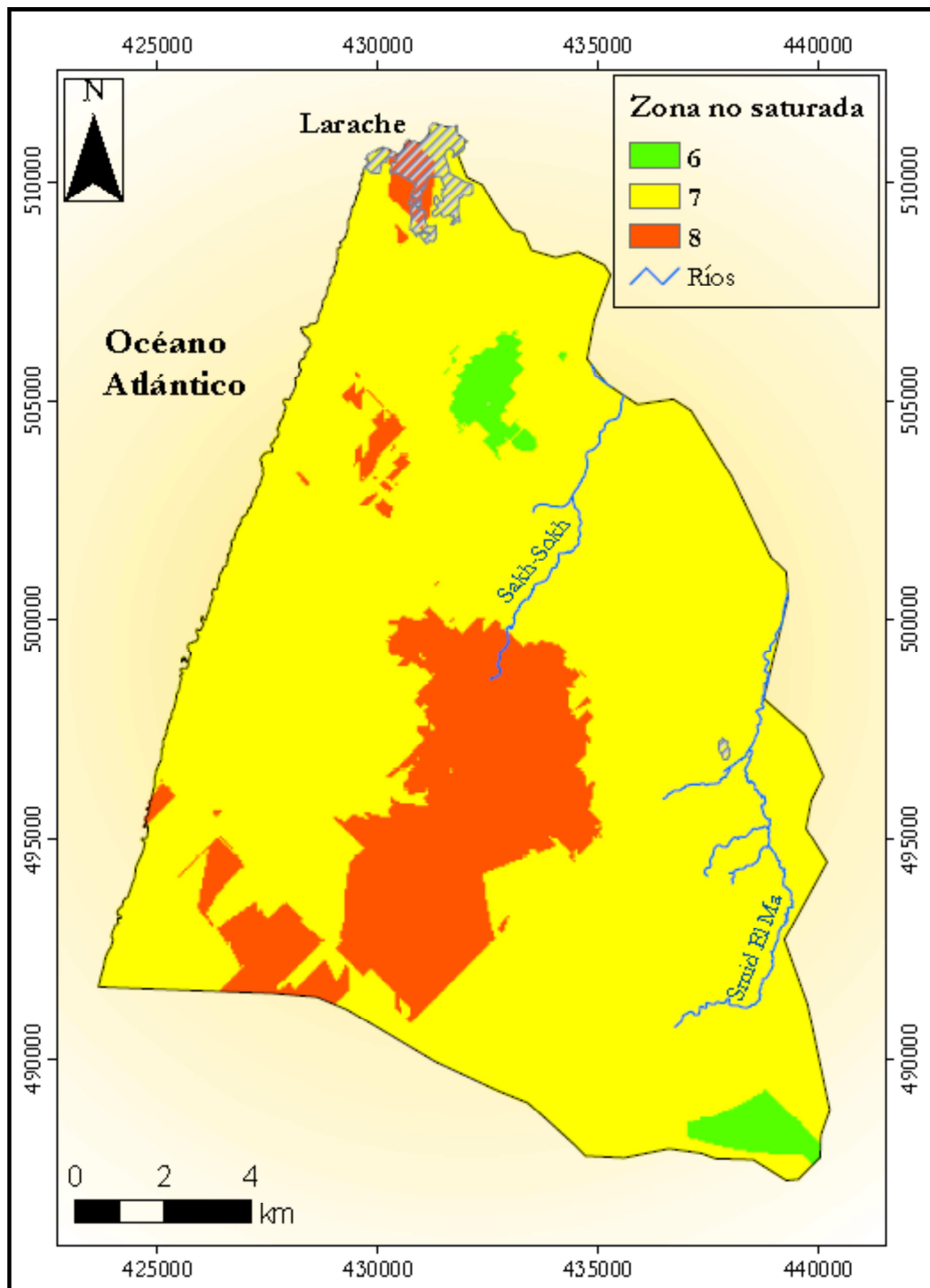


Fig. 9. Mapa temático del parámetro I del método DRASTIC. El color verde indica predominio de areniscas, el color el color amarillo indica la presencia de arenas y areniscas-arenosas y el color naranja la presencia de arenas eólicas.

- la primera clase (puntuación 6) que representa el 3,01% de la superficie total de la planicie, se caracteriza por el predominio de areniscas, localizada esencialmente en el extremo sureste y en la parte superior de la planicie (color verde),
- la segunda clase (puntuación 7) que representa el 85,19% del total de la superficie, cubre la mayoría de la planicie. Esta zona se caracteriza por el predominio de arenas y areniscas arenosas (color amarillo);

- la tercera clase (puntuación 8), se extiende sobre la parte central y suroccidental de la planicie con 11,80% de la superficie total. Se caracteriza por la existencia de arenas dunares y por consiguiente es considerada más vulnerable que las demás (color naranja).
- Para evaluar el valor de la **conductividad hidráulica del acuífero (C)**, se ha utilizado los valores obtenidos en un trabajo de modelización matemática (Larabi, 2004). Los valores de conductividad hidráulica varían entre 0.77 y 22.64 m/día. Los valores del parámetro “conductividad hidráulica” están clasificados para cada píxel en función del sistema de puntuación del método DRASTIC. El mapa obtenido del parámetro de la conductividad hidráulica muestra tres clases (Fig. 10):
- la zona menos vulnerable ocupa 36,44% (puntuación 1, color azul en el mapa) situada en la parte este de la planicie;
- la zona más vulnerable (puntuación 4, color amarillo en el mapa) que representa el 12,41% de la superficie total de la planicie se localiza en la parte noroccidental y en el extremo sur-suroccidental;
- el resto, que representa más de la mitad de la superficie total (51,15%) con una puntuación 2, donde la conductividad hidráulica está entre 4 y 12 m/día, son zonas medianamente vulnerables.

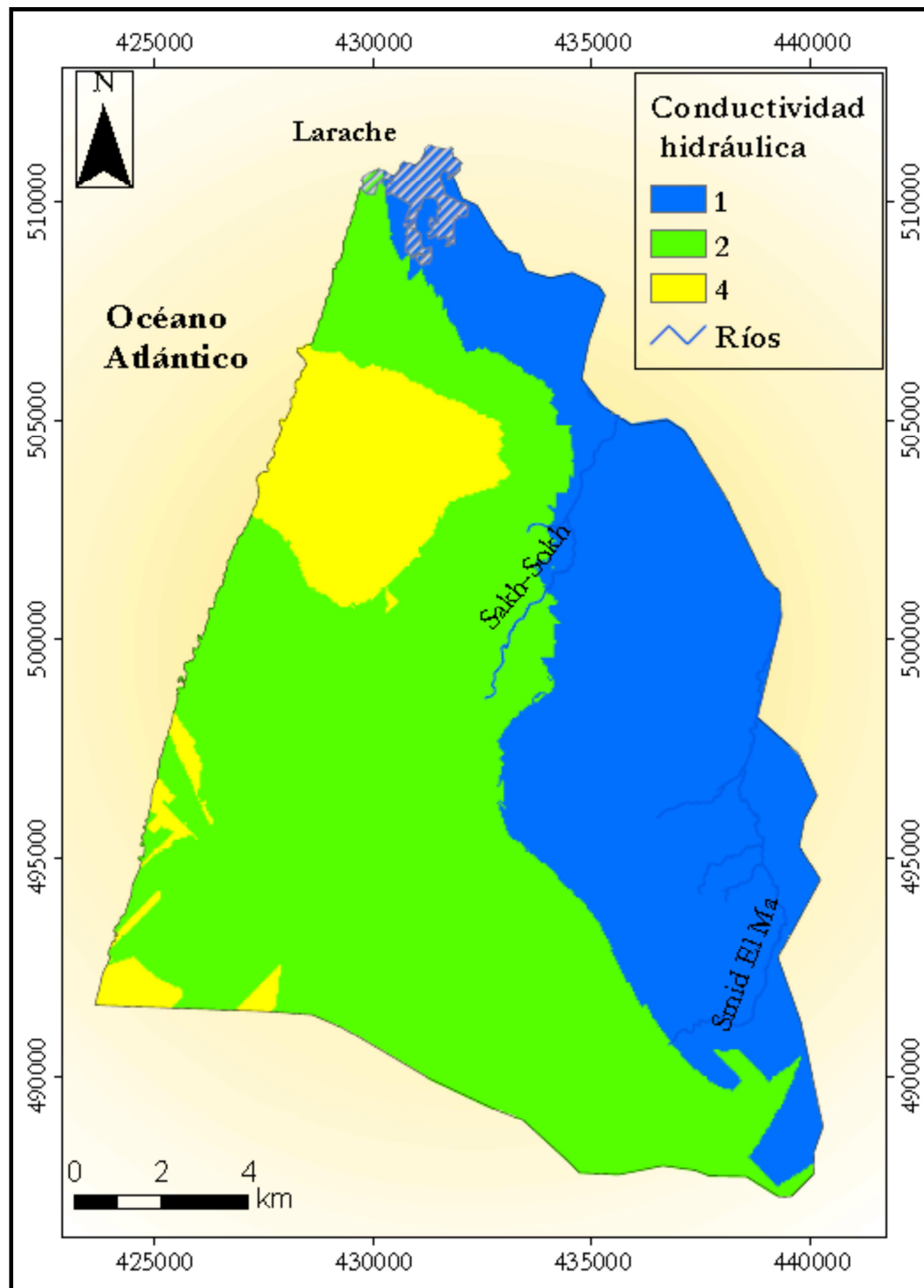


Fig. 10. Mapa temático del parámetro C del método DRASTIC. El color azul significa zona menos vulnerables, amarillo señala la zona más vulnerable y verde zonas intermedias de vulnerabilidad.

MAPA DE VULNERABILIDAD: DISCUSIÓN Y RESULTADOS

La evaluación de la vulnerabilidad mediante el índice DRASTIC se obtiene mediante la suma ponderada de las siete puntuaciones correspondientes a los siete parámetros utilizados por el método. La superposición de los siete mapas temáticos nos ha permitido obtener el mapa de vulnerabilidad (Fig. 11). Se distinguen cuatro intervalos de índice DRASTIC. Cada índice representa un grado de vulnerabilidad de las aguas subterráneas a la contaminación en el acuífero de R'mel. Resalta a primera vista la predominancia de las zonas con vulnerabilidad muy baja (puntuación entre 80-99) (Tabla 2). La

zona con vulnerabilidad nula (puntuación 23-79) está identificada por la primera clase establecida por Aller *et al*, 1987 (Tabla 2), mientras que la vulnerabilidad baja (puntuaciones 100-119) pertenece a la tercera clase, y el resto pertenece a la clase cuarta con vulnerabilidad moderada (120-139 de puntuación). El resultado es que el 70,47% de la superficie total es de vulnerabilidad muy baja, el 17,94% de vulnerabilidad baja, el 6,75% de vulnerabilidad moderada y el 4,84% no presenta vulnerabilidad alguna (Fig. 12).

Los grados de vulnerabilidad más elevados (vulnerabilidad moderada) se localizan esencialmente en la parte noroeste de la zona de estudio al sur de la ciudad de Larache. Ese fenómeno se explica por la escasa profundidad del nivel del agua y por la naturaleza permeable de las formaciones litológicas presentes en esta zona.

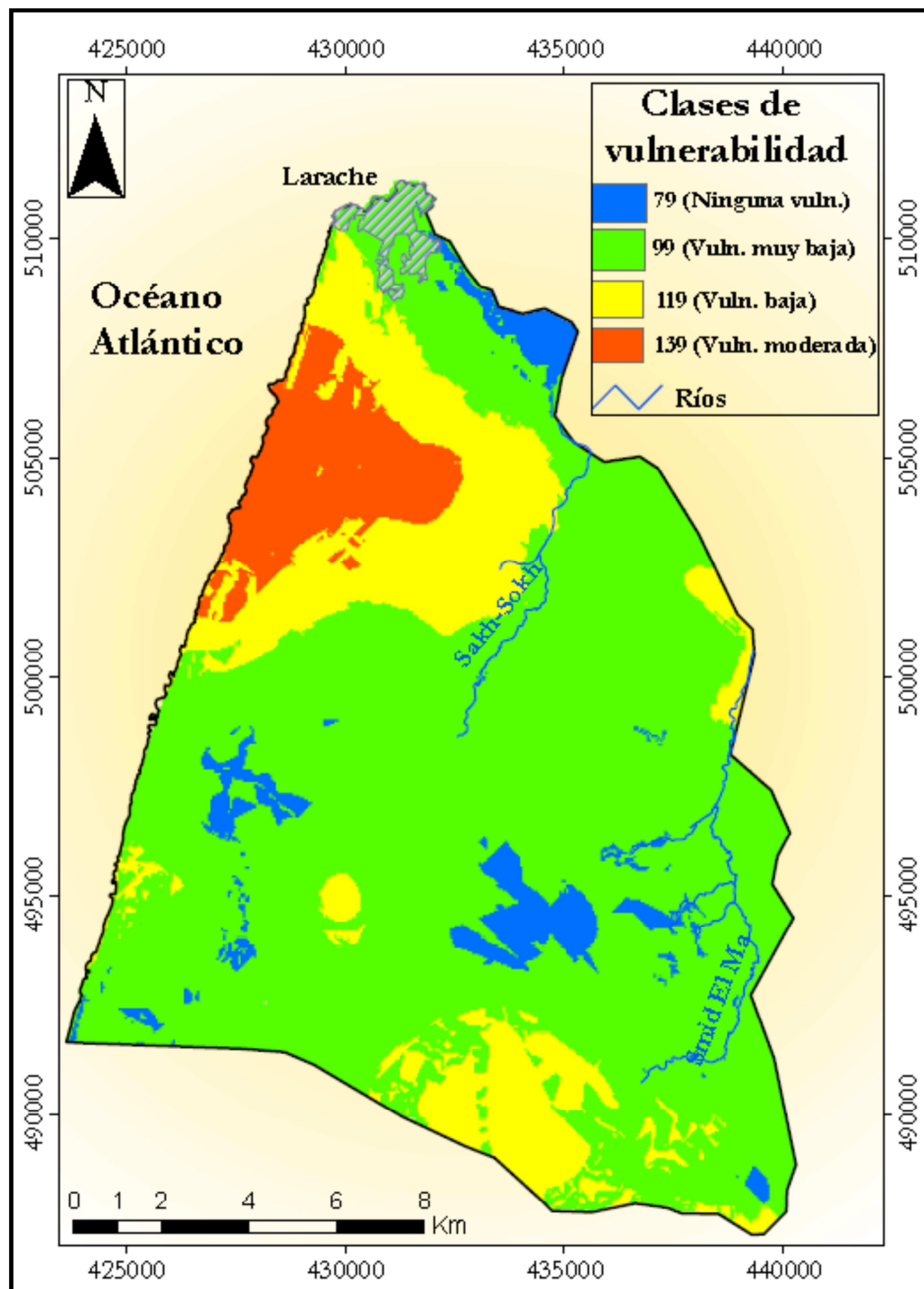


Fig.11. Mapa de vulnerabilidad del método DRASTIC

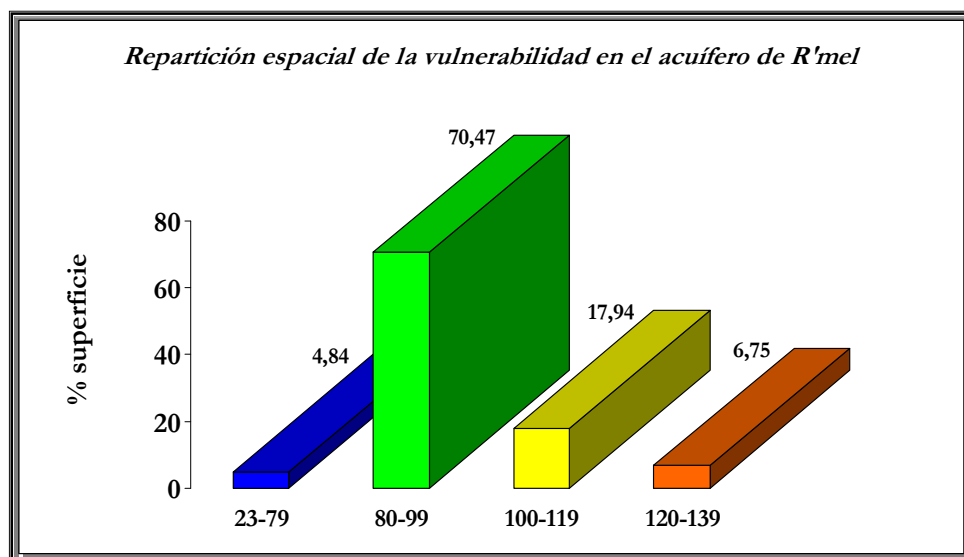


Fig.12. Distribución geográfica de las clases de vulnerabilidad

Las zonas de vulnerabilidad muy baja ocupa casi los tres tercios de la superficie total a excepción de algunas pequeñas zonas encontradas con nula o baja vulnerabilidad. Esto se debe a que la profundidad del agua es muy grande, por lo que retarda el proceso de infiltración del contaminante aunque no lo impide.

Faltaría conocer si con la aplicación de los otros métodos mencionados GOD, EPIK, AVI, SINTACS, PRK, se obtendrían los mismos resultados. En cualquier caso, los resultados obtenidos en este trabajo deben servir a la administración responsable en materia de ordenación del territorio para tenerlos en cuenta a la hora de establecer planes y programas que afecten al territorio.

CONCLUSIÓN

Los SIG son una herramienta muy importante en el estudio del medio ambiente y de la modelización espacial de los fenómenos naturales ya que permite analizar grandes cantidades de datos espaciales. El método DRASTIC es uno de los más utilizados para realizar mapas de vulnerabilidad de aguas subterráneas, y es muy confiable gracias a las variables relacionadas que integra. Los resultados obtenidos mediante este estudio se convierten en una base de gestión ambiental, y en una importante herramienta para estudios de la ordenación territorial. Constituye un buen punto de partida para la realización de trabajos de investigación encaminados a la protección los recursos hídricos.

AGRADECIMIENTOS

La labor de edición de este trabajo ha sido posible merced a los proyectos REPSOL-UCM nº 4154596 y al Proyecto nº P2013/MAE-2739 CARESOIL (Caracterización, remediación, modelización y evaluación del riesgo de suelos contaminados) financiado por la Comunidad de Madrid (Consejería de Educación, Juventud y Deporte).

REFERENCIAS

- [1] ABHL (Agence du Bassin Hydraulique du Loukkos) (2003). Nappe de R'mel: situation des ressources en eau, état de mobilisation et perspectives de développement. Août 2003. Inédito.
- [2] Albinet, M. and Margat, J. (1975). Cartographie de la vulnérabilité à la pollution des nappes d'eaux souterraines. Bull. BRGM, 2^e Série 3(4) Págs.: 13-22. Orléans. France.
- [3] Aller, L., Bennet, T., Lehr, J., Petty, R. and Hackett, G. (1987). DRASTIC: A Standardise System for Evaluating Groundwater Pollution Potential Using Hydrogeologic Setting. National Water Well Association. Dublin Ohio. EPA, Oklahoma. USA, EPA-600/2-87-035.
- [4] Arbai, A. (1999). Etude hydrogéologique et modélisation de la nappe de R'mel. Projet de fin d'études. Ecole Hassania des Travaux Publics- Maroc.

- [5] Auge, M. (2005). Vulnerabilidad de Acuíferos. Conceptos y Métodos. Ebook: <http://tierra.rediris.es/hidrored/ebvulnerabilidad.html>. Entrada abril 2012.
- [6] Ben Driss, N. (2009). Evaluación y cartografía de vulnerabilidad a la contaminación en el acuífero de R'mel (Larache, Marruecos) y contribución a la realización del mapa de riesgo. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Geológicas. UCM. Madrid
- [7] DRHL (Direction Régionale de l'Hydraulique de Loukkos) (1999). Etude hydrogéologique et modélisation de la nappe de R'mel. Note de synthèse. Informe inédito.
- [8] El Katari, A. (2000). Étude hydrogéologique quantitative et qualitative de la nappe de R'mel de Larache du bassin du Bas-Loukkos au Nord Ouest du Maroc. Etude de l'impact des activités humaines sur la qualité de l'encaissant et de l'eau souterraine. Thèse de Doctorat en Sciences de l'Environnement. Fondation Universitaire Luxembourgeoise. Arlon. Belgique.
- [9] El Kellouti, M. (2004). Modernisation de la gestion de l'irrigation dans le périmètre du Loukkos (Maroc). Séminaire sur la modernisation de l'agriculture irriguée, 10 p. IAV Hassan II, Rabat, 2004
- [10] Foster, S. (1987). Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy. In: Van Duijvenbooden W, Van Waegeningh HG (eds), Vulnerability of soil and groundwater to pollutants. Proc Inf TNO Comm. Hydrol Res., The Hague 38: 69–86.
- [11] Larabi, A. (2004). Programme de gestion des ressources en eau: Modélisation de l'Intrusion Marine dans la Nappe de R'mel (région de Larache, Maroc), Rapport FAO (internal report).
- [12] Martínez, M., Delgado, P. y Fabregat, V. (1998). Aplicación del Método DRASTIC para la evaluación del riesgo de afección a las aguas subterráneas por una obra lineal. Jornadas sobre la contaminación de las aguas subterráneas: un problema pendiente. Edit AIH-GE. Madrid.
- [13] Nicoletti, F. and Spandre, R. (1996). Valoración del Riesgo de Contaminación de las aguas subterráneas por nitratos mediante el uso de los modelos paramétricos DRASTIC y SINTACS. Ingeniería del Agua, vol.3, No 4, pp. 7-24.
- [14] ORMVAL (Office Office Régionale de Mise en Valeur Agricole) (1998). Etude d'évaluation environnementale du périmètre du Loukkos. Rapport final- Description de l'environnement, et identification et évaluation des effets sur l'environnement. Groupement CID/nedeco/maroc developpement. Projet financé par Kreditanstalt Fur Wiederaufbau (KFW) de l'Allemagne. Mars 1998.
- [15] ORMVAL (2008). Monographie de la zone d'action de l'Office Régionale de Mise en Valeur Agricole du Loukkos. (Inédito).
- [16] ONI (Office Nationale d'irrigation) (1962). Aménagement du bassin de l'Oued Loukkos, rapport préliminaire. V- Pédologie. SCET-COOPERATION-MAROC.
- [17] VRBA, J. and ZAPOROZEC, A. (1994). Guidebook on mapping groundwater vulnerability. International Association of Hydrogeologists, vol. 16. Ed. Heise.131p.

Qualité microbiologique, caractéristiques Biochimiques et Physico-Chimiques d'un vinaigre artisanal à base des mangues jetées

[Microbiological Quality, Biochemical and Physical-Chemical characteristics of artisanal vinegar based piers mangoes]

Cardi Mbungu¹, Karl Tshimenga¹, Pascal Nsambu², Christina Mputu Tshibadi³, Joseph Muwawa⁴, and Jean-Noël Mputu Kanyinda^{1,2}

¹Département de Chimie et Industrie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, BP 190 KinXI, RD Congo

²Faculté d'Agronomie, Université Evangélique en Afrique B.P.3323et 266 Bukavu, RD Congo

³Clinique d'HEmatologie, Onkologie, Immunologie et médecine tropicale à Klinikum Schwabing. Kölner Platz 1, 80804 München, Germany

⁴Département des Sciences de Base, Institut Supérieur Pédagogique de Bulungu, Bandundu, 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 vinegar is obtained by a double fermentation of two measures of juice of mango with a measure of water in the presence of the yeast *Saccharomyces Cerevisiae* for the first fermentation and for the second fermentation, the wine obtained in the first fermentation is added to 10 % of its volume by a mother of vinegar containing the bacterium *Acetobacter Aceti*. The fermentation lasted 47 days. From the microbiological point of view, the elaborate vinegar is exempt from any pathogenic germ. In spite of its relatively low acidity pH approximately 3, its rate of soluble solids brought up approximately 5,4 °Brix, its dry matter of 2,3 %, its density of 1,02 g/l, its rate low of ash of 0,20 % and its slightly superior electric conductivity of the order of 3,83 mS / cm compared with the commercial vinegar. The protein content, of the order of 2,26 % remains high compared with the commercial vinegar. The concentration in mineral elements is of the order of 6,012g for Ca²⁺ and of 2,917g for Mg²⁺; with a low content in alcohol 0,56 % and a low titratable acidity with regard to the commercial vinegar 5,388 °.

KEYWORDS: Craft vinegar, valuation, quality, process, piers mangoes.

RÉSUMÉ: Le vinaigre est obtenu par une double fermentation de deux mesures de jus de mangue avec une mesure d'eau en présence de la levure *Saccharomyces Cerevisiae* pour la première fermentation et pour la seconde fermentation, le vin obtenu à la première fermentation est additionné à 10% de son volume par une mère de vinaigre contenant la bactérie *Acetobacter Aceti*. La fermentation a duré 47 jours. Du point de vue microbiologique, le vinaigre élaboré est exempt de tout germe pathogène. Malgré son acidité relativement basse pH environ 3, son taux de solides solubles élevé environ 5,4 °Brix, sa matière sèche de 2,3%, sa densité de 1,02 g/l, son taux de cendre faible de 0,20% et de sa conductivité électrique légèrement supérieure de l'ordre de 3,83 mS/cm par rapport au vinaigre commercial. La teneur en protéines, de l'ordre de 2,26% reste élevée par rapport au vinaigre commercial. La concentration en éléments minéraux de l'ordre de 6,012 pour le Ca²⁺ et de 2,917 pour le Mg²⁺; avec une teneur en alcool faible 0,56% et une acidité titrable faible par rapport au vinaigre commercial 5,388°.

MOTS-CLEFS: Vinaigre artisanal, valorisation, qualité, procédé, mangues jetées.

1 INTRODUCTION

La plupart des produits agricoles des régions tropicales subissent des pertes post-récoltes importantes, avoisinant 30%, pour plusieurs raisons, dont notamment : les mauvaises techniques de récolte, les attaques de parasites et ravageurs, les dépréciations des produits sous l'influence des agents microbiologiques, les difficultés de conservation en absence d'infrastructures appropriées, le faible niveau de transformation par méconnaissance des techniques les mieux indiquées, le manque d'un transport rapide du lieu de la cueillette jusqu'au commerce et la surabondance de fruits sur les marchés engendrant des stocks de produits non vendus [1].

Parmi les produits tropicaux, les fruits sont considérés comme des denrées les plus périssables. Mais, c'est aussi l'un des secteurs où il existe de nombreuses technologies et procédés de transformation susceptibles de réduire considérablement les pertes post-récoltes, d'allonger la durée de vie des fruits ou de produits dérivés, de diversifier les marchés, de créer des emplois et d'améliorer les revenus des acteurs [2,3].

C'est dans ce cadre que nous abordons cette étude pour la valorisation des pertes post-récoltes de la mangue (mangues en voie d'altération) par la fabrication du vinaigre. L'objectif poursuivi est axé sur deux volets à savoir la mise au point d'une technique de transformation de la mangue en vinaigre et la caractérisation physico-chimique et microbiologique du produit fini.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 MATERIEL VEGETAL

En vinaigrerie traditionnelle, le choix de la matière première est capital car il joue sur la qualité du produit fini. Les mangues qui ont fait l'objet de notre étude sont celles qui sont écartées du commerce c'est-à-dire des mangues trop mûres dont le processus d'altération peut être engagé pour une bonne partie et dont certaines préparations (jus, nectars, confiture,) ne peuvent plus être envisagées.

2.2 MATERIEL BIOLOGIQUE

La fabrication du vinaigre est un processus à double fermentation nécessitant les microorganismes (*saccharomyces cerevisiae* et *acétobacter aceti*) comme starter. Ces microorganismes peuvent être présents dans la nature (fruits, air, vin...) [3] ou être apportés à partir d'une souche pure [4]. Pour la fermentation alcoolique nous avons utilisé le *Saccharomyces cerevisiae* (levure de boulangerie) achetée dans le commerce ; tandis que pour la fermentation acétique, nous avons utilisé un *acétobacter aceti* fourni par la vinaigrerie du Clos Saint Antoine de Callas en France, car la souche trouvée dans la nature étant toujours insuffisante pour une transformation complète de l'éthanol en acide acétique.

2.3 ELABORATION DU VINAIGRE TRADITIONNEL

Après parage, triage et lavage et broyage des mangues, le jus est récupéré avec de l'eau de robinet. Le mélange obtenu est additionné d'un sirop titrant 60 °Brix pour ramener le jus à une teneur de 18, 13 °brix nécessaire pour la fermentation. Le mélange est mis en fermentation durant dix-sept jours à la température ambiante, dans une jarre bouchée avec un bouchon à téflon muni d'un barboteur pour contrôler la fermentation alcoolique. Après la fermentation, il est procédé au tamisage. Le produit ainsi obtenu est additionné de la mère du vinaigre et laissé fermenter pendant un mois à l'air libre. Le produit final est le vinaigre traditionnel.

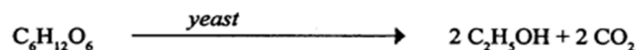
2.4 PROCEDE DE FABRICATION

La méthode est basée sur une double fermentation suivant un processus artisanal. La première fermentation (alcoolique) transformant le jus de mangue en alcool par l'action de la levure *saccharomyces cerevisiae* est suivie d'une fermentation acétique transformant l'alcool en acide acétique (vinaigre de mangue), cette deuxième fermentation étant déclenchée par l'action d'une flore bactérienne *l'acétobacter aceti* apportée par un vinaigre de démarrage par simple ajout dans le vin de mangue.

La fermentation alcoolique, qui convertit le sucre naturel en alcool. La fermentation de l'acide, dans laquelle l'*acétobacter*, les micro-organismes présents dans l'air que nous respirons, convertissent l'alcool en acide.

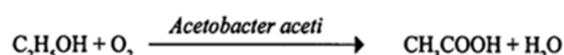
2.4.1 LA FERMENTATION ALCOOLIQUE (ANAEROBIE)

La fermentation alcoolique a eu lieu dans une jarre en plastique hermétiquement fermé muni d'un barboteur pour le dégagement du CO₂ formé au cours de la fermentation. Le seau a été préalablement nettoyé puis rincé à l'eau propre avant son utilisation.



Dans notre jarre de fermentation de 10 litres de capacité, 5,5 litres de jus de mangue à 18,13°Brix ont étéensemencés avec 10g de levure (*saccharomyces cerevisiae*). La fermentation s'est déroulée pendant 17 jours.

2.4.2 LA FERMENTATION ACETIQUE (AEROBIE)



Dans l'ensemble, notre préparation a duré 47 jours (soit 17 jours pour la fermentation alcoolique et 30 jours pour la fermentation acétique), le vinaigre obtenu après préparation était destiné aux différentes analyses.

2.5 ANALYSES DU VINAIGRE

2.5.1 DETERMINATION DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES ET BIOCHIMIQUES

Enfin d'étudier les caractéristiques du produit obtenu et l'efficacité du procédé de fabrication à travers lequel il est issu, notre vinaigre de mangue est analysé dans les mêmes conditions qu'un vinaigre témoin de marque Leader Price. Ce dernier est un vinaigre de vin rouge de commerce. Dans nos conditions d'étude, les analyses physico-chimiques et biochimiques ont porté sur les paramètres suivants :

Détermination du pH : La détermination du pH, elle est importante dans le contrôle de la fermentation microbienne. Sa variation, renseigne sur l'activité métabolique de la microflore présente. La détermination du pH s'effectue dans nos conditions par une lecture directe à l'aide d'un pH-mètre préalablement étalonné du type METTLER TOLEDO. **Détermination du taux de solides solubles :** Le taux de solide soluble (TSS) exprimé en degré Brix est déterminé à l'aide d'un réfractomètre de marque Abbé [5]. **Détermination de la matière sèche :** La matière sèche des produits est déterminée par évaporation de leur humidité sans provoquer la volatilisation des substances constitutives du produit. Elle est obtenue par dessiccation à l'étuve BINDER à 105 °C jusqu'à obtention d'un poids constant après une série des pesées successives [5]. **Dosage des protéines :** La teneur en azote total du vinaigre est déterminée par la méthode de Kjeldahl [6]. **Détermination des cendres :**

Les cendres totales sont déterminées par incinération. Un étuvage à 105 °C pendant 24 heures des échantillons, est suivi par une calcination au four à moufle HERAUS (1 heure à 550 °C environ). **Détermination de la conductimétrie :** Elle nous renseigne sur la teneur en éléments minéraux du produit ; elle est mesurée par un conductimètre. Les résultats sont exprimés en milliSiemens/cm [7]. **Détermination de la densité :** La densité renseigne sur l'état des produits par la mise en œuvre du taux de matière solide et de la viscosité. Elle est donc d'une importance considérable dans la mesure où elle nous renseigne sur l'aptitude des microorganismes vis-à-vis de l'état physique du milieu. Elle est mesurée par lecture directe à l'aide d'un densimètre [8].

Dosage de l'alcool : Le dosage de l'alcool par l'alcoomètre. La méthode consiste à distiller le jus alcoolisé des mangues puis à mesurer la densité du distillat à l'aide d'un alcoomètre GIBERTINI à la température ambiante [5]. **Dosage de l'acide titrable :** L'acidité totale titrable d'un vinaigre calculé en acide acétique est dosé par titrimétrie avec une base forte comme la soude à 0,1N en présence de phénophtaléine comme indicateur. La concentration en acide est exprimée en gramme par litre (g/L) [7]. **Dosage de l'acide ascorbique (Vitamine C) :** Il est réalisé en présence d'une solution d'iode (I₂) de concentration connue avec l'amidon pour déceler le point de fin de titrage [9].

2.5.2 ANALYSES MICROBIOLOGIQUES

L'analyse de la qualité hygiénique se base sur la connaissance de la flore microbienne existant dans le produit alimentaire. Cette appréciation reste de nos jours la meilleure méthode d'appréciation de la qualité d'un aliment [10]. **Recherche de la**

flore microbienne : Pour la recherche de la flore microbienne, nous avons adopté le principe de dilution, jusqu'à 10^{-5} [5]. **Recherche des germes totaux** : Pour cette étude le milieu à base de Tryptone, glucose, agar et extrait de viande (TGAE) sont utilisés. Après incubation à 30 °C pendant 72 heures, les germes aérobies et anaérobies sont identifiés [10]. **Recherche des levures et des moisissures** : Le développement des levures dans les produits alimentaires cause l'altération de leurs qualités marchandes, par formation de trouble et apparition d'odeur désagréable. L'altération provoquée par les moisissures conduit à une modification de la qualité nutritionnelle et de la qualité organoleptique. Certaines moisissures arrivent même à produire des toxines. Le milieu utilisé pour la recherche de ces germes est l'oxytétracycline-glucoseagar (OGA) [7].

2.6 ANALYSE STATISTIQUE

Les résultats d'analyse de laboratoire ont été insérées dans les logiciels tels que : Origin pour le calcul statistique. Ce même logiciel a servi aux analyses de variance et les tests de comparaison deux à deux. Le niveau de signification des tests est de 5% ($P < 0,05$).

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 COMPOSITIONS PHYSICO-CHIMIQUES ET BIOCHIMIQUES DU VINAIGRE ECHANTILLONNE APRES FERMENTATION

La composition moyenne de notre vinaigre élaboré comparé à un témoin (vinaigre commercial) est consignée dans le tableau 1.

Tableau 1 : Caractéristiques physico-chimiques du vinaigre et du témoin

Paramètres	Vinaigre	Vinaigre de mangue	Témoin
pH		3,07±0,01	2,43±0,02
Matière sèche (%)		2,27±0,03	2,37±0,06
Cendre (%)		0,20±0,01	0,52±0,03
Densité		1,017±0,02	1,151±0,003
TSS (°Brix)		5,4±1,0	3,0±0,8
Protéines (%)		2,26±0,06	2,06±0,03
CE (mS/cm)		3,83±0,11	3,09±0,09

Ce tableau reprend les valeurs des paramètres physico-chimiques de notre vinaigre produit à partir des mangues comparées à un témoin qui est un vinaigre commercial.

3.2 COMPOSITION BIOCHIMIQUE DU VINAIGRE DES MANGUES

3.2.1 DOSAGE DES ELEMENTS MINERAUX

Les teneurs minérales des échantillons de vinaigres étudiés sont consignées dans le tableau suivant.

Tableau 2 : Teneur en calcium et en magnésium des vinaigres analysés

Eléments minéraux	Echantillon de vinaigres (mg/L)	
	Vinaigre de mangue	Témoin
Ca ²⁺	6,012±0,045	6,092±0,921
Mg ²⁺	2,917±0,023	2,33±0,008

Le tableau 2 reprend les valeurs des éléments minéraux du vinaigre à base des mangues comparées au témoin qui est un vinaigre commercial.

3.2.2 DÉTERMINATION DE L'ACIDITÉ TITRABLE, DE LA VITAMINE C ET DE LA TENEUR EN ALCOOL DU VINAIGRE DE MANGUES

Les valeurs de la teneur en alcool de nos échantillons sont reprises dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3 : Acidité titrable des vinaigres analysés

Echantillon	Acidité titrable		Vitamine C	Teneur en alcool
	g/L	Degré	%	%
Vinaigre de mangue	53,88±3,21	5,39±0,11	0,029±0,001	0,56±0,00
Témoin	71,82±6,22	7,18±0,23	0,032±0,001	1,20±0,10

La législation européenne impose aux vinaigres de vin et d'alcool un minimum de teneur en acidité titrable calculée en acide acétique de 6°, soit 60g d'acide acétique pur par litre. Cette teneur, quoiqu'elle soit inférieure par rapport au témoin, notamment 53,88g/L pour le vinaigre de mangue face à 71,82 g/L pour le témoin, elle est plus proche de la norme.

3.2.3 CARACTERISTIQUES MICROBIOLOGIQUES DU VINAIGRE DE MANGUES

Les résultats des analyses microbiologiques sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4. Paramètres microbiologique du vinaigre des mangues

Echantillon	Paramètres effectués		
	Germes totaux 10 ⁵ ufc	Levures 10 ² ufc	Moisissures 10 ² ufc
Vinaigre de mangue	7	0	0

4 DISCUSSIONS

Au regard du **tableau 1** nous observons que notre vinaigre est moins acide que le témoin par leurs valeurs de pH. Ceci peut être justifié en partie par le fait que les deux vinaigres sont issus de deux matières premières et processus différents. Malgré cette valeur de pH de 3,07, il inhibe le développement des microorganismes pathogènes et favorise une bonne conservation du produit. El Hadj *et al.*, 2001 ont trouvé de valeur de pH allant de 3,12 à 3,65 pour les vinaigres de dattes, d'où leurs pH sont faibles par rapport à notre valeur. Le pH du vinaigre est relié à la quantité d'acidité présente ; cependant, la plupart des vinaigres blancs distillés commerciaux contiennent 5% d'acide acétique et ont un pH d'environ 2,4 [10].

Du point de vue de la composition en matière sèche, nous disons que notre échantillon et le témoin présentent des teneurs en matières sèches faibles de l'ordre de 2,4 voir tableau ci-dessus. Les travaux d'El Hadj *et al.* 2001 sur les vinaigres des dattes ont montré des valeurs en matière sèche de l'ordre de 6,59 à 11,26%.

La teneur en cendres nous donne un renseignement sur la composition minérale de notre échantillon. Il est à noter que la teneur en cendres du vinaigre à base de vin rouge est plus élevée (0,52%) que celle du vinaigre de mangue (0,20%). Cet écart serait certainement dû à la composition minérale de la matière première.

La densité d'un liquide nous renseigne sur les matières colloïdales en suspension. Les deux vinaigres ont des valeurs de densité proche à savoir 1,017 et 1,015, la densité du vinaigre commercial de cidre est d'environ 1,01 selon la littérature [10]. La valeur trouvée pour le vinaigre des mangues préparé est quasi identique à la valeur trouvée dans la littérature.

Ces résultats montrent également que le vinaigre à base des mangues, a une teneur en sucre plus élevé comparé au témoin. Mais nos résultats montrent que malgré une fermentation acétique d'un mois, le pourcentage en sucre est passé de 18,13 pour le jus avant fermentation à 5,4 pour le vinaigre. Cela prouve l'efficacité de notre procédé de fermentation artisanale. Nos résultats sont meilleurs que ceux trouvés par El Hadj *et al.* 2001 sur le vinaigre des dattes avec des valeurs comprises entre 7,00 et 10,00%.

La conductivité électrique exprime l'aptitude d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique. Les valeurs de la conductivité électrique observées pour notre échantillon et le témoin sont proches.

Les vinaigres étant des produits pauvres en protéines, d'où la présence des protéines dans le vinaigre permet de l'enrichir et d'augmenter sa valeur nutritionnelle. Toutefois, la forte acidité et la présence de tanins peuvent conduire à une

coagulation et surtout une dénaturation d'une partie des protéines. Qu'à cela ne tienne, la valeur obtenue pour notre échantillon à savoir 2,26% est intéressante comparée aux valeurs des certaines boissons telles que le jus d'orange 0,6%.

Les teneurs minérales de ces deux échantillons sont proches voir **tableau 2**. Ces valeurs permettent de mettre en avant les valeurs nutritionnelles en micronutriments de notre produit. Les valeurs trouvées pour le vinaigre de mangue sont en partie dues à la composition minérale des matières premières, 20,00 mg/L pour le calcium et 13,00 mg/L pour le magnésium pour la mangue signalée ci-haut par la bibliographie.

Au cours de la fermentation acétique, l'alcool contenu dans le vin est transformé en acide acétique, mais la présence d'une quantité d'alcool résiduel dans le vinaigre produit est nécessaire car il permet d'éviter la suroxydation du produit. C'est ainsi au niveau législation, l'Europe impose que la teneur en alcool ne doit pas dépasser 1° pour les vinaigres de vin et 0,5° pour les autres vinaigres.

Tenant compte de nos résultats, ces exigences semblent être respectées malgré un léger dépassement. Donc par cela, on peut comprendre pourquoi le vinaigre de vin rouge de commerce a une teneur en alcool plus élevée que celle trouvée dans le vinaigre de mangue. Le composant principal du vinaigre, c'est l'acide acétique. Il résulte de l'oxydation de l'éthanol par la présence de bactéries acétiques.

La teneur en vitamine C de notre témoin (vinaigre de commerce) est légèrement supérieure à celle du vinaigre de mangue. La vitamine C est un antioxydant naturel, son existence dans le vinaigre permet de rehausser sa valeur nutritionnelle.

Au travers ces résultats, nous pouvons conclure que la quantité des germes totaux trouvés correspond aux normes, car 5.10^5 cfu/ml est la valeur seuil minimale à ne pas dépasser selon les bonnes pratiques de fabrication (BPF) en HACCP pour les aliments (). Concernant les levures et moisissures, notre vinaigre n'en contient pas, ceci est une preuve que notre vinaigre est sain car exempt de toute contamination.

5 CONCLUSION

Notre travail s'était fixé comme objectif, la valorisation des fruits mangues ainsi que la réduction des pertes post-récoltes par la fabrication du vinaigre. Le vinaigre obtenu a subi une batterie d'analyses physico-chimiques, biochimiques et bactériologiques pour s'assurer de sa qualité et de son hygiène pour la consommation humaine. Bien que sa teneur en alcool et son acidité soient faibles par rapport au témoin, les autres paramètres étudiés sont assez voisins. Il a ainsi été montré que le vinaigre fabriqué à partir des mangues a des caractéristiques physico-chimiques et biochimiques assez proches de notre témoin (vinaigre commercial). Mais la présence des protéines, de la vitamine C et des minéraux (Ca^{2+} et Mg^{2+}) confirme la valeur nutritionnelle de notre vinaigre comparé au témoin. Nous pouvons donc conclure en disant que ces résultats, confirment les hypothèses de l'étude et permettent de proposer un procédé de préparation de vinaigre pour d'autres fruits autres que la mangue.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient très sincèrement le Recteur de l'Université Evangélique en Afrique pour son soutien matériel ainsi que les Autorités de l'Office Congolais de Contrôle pour la disponibilité du laboratoire.

REFERENCES

- [1] Louis Ban Koffi, Répertoire de technologies et procédés de transformation de la mangue et de l'ananas, FAO, Rome, Italie, 2008.
- [2] L. S. Tounkara, B. Cheik, N. Cissé, L. Laurent et A. Diop, Réduction des pertes post-récolte de la mangue par la production de vinaigre. Institut de technologie Alimentaire, Université de Liège, Centre Wallon de Technologie Alimentaire. CWBI, 8p, 2011
- [3] E. Baudelaire, Optimisation du broyage des mangues séchées (*Mangifera indica* var Kent) : Influence sur les propriétés physiques et fonctionnelles des poudres obtenues ». Thèse de Doctorat, 2006.
- [4] B. D. Adiba, Etude et optimisation d'un processus de fabrication traditionnelle du vinaigre à partir de deux variétés de dattes communes cultivées dans le sud algérien » Mémoire de Magister, 2007.
- [5] C.E.H. Albornoz, Microbiological analysis and control of the fruit vinegar production process ». Doctoral Thesis, 2012.
- [6] AFNOR, Determination of total nitrogen content and calculation of the protein content, 2006
- [7] Official Methods of Analysis of AOAC International, 18th édition, 2005.
- [8] M.R. Motsara et N.R. Roy, Guide to laboratory establishment for plant nutrient analysis, FAO, Rome, Italie, 219p, 2005.
- [9] K. Peter, C. Vollhardt, et N.E. Schore, Traité de chimie organique, De Boeck Supérieur » 1297 p, 2004
- [10] M.D. Ould El Hadj, A.H. Sebihi et O. Siboukeur, Qualité Hygiénique et Caractéristiques Physico-Chimiques du Vinaigre Traditionnel de Quelques Variétés de Dattes de la Cuvette de Ourgla . Rev. Energ. Ren. : Production et valorisation-Biomasse, 6 p, 2001.

Analyse de la dynamique des massifs forestiers de l'Est algérien par la télédétection satellitaire

[Dynamics Analysis of the forests of eastern Algeria by satellite remote sensing]

Ahmed LAALA and Djamel ALATOU

Laboratoire de développement et valorisation des ressources phytogénétiques, Département de Biologie et Ecologie Végétale, Université des Frères Mentouri Constantine1, Algeria

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

ABSTRACT: The main objective of this work is to determine the trend of the vegetative activity of the forests of eastern Algeria from the processing of a series of MODIS satellite images type of medium resolution (250m) over 10 years (2002-2011). These allow us to track the status of forest vegetation of eastern Algeria through the vegetation index which is defined as the normalized difference spectral reflectance measurements acquired in the wavelength areas Near Infra -Red and red. The Maps from this contribution we have to identify 19418 pixels that tend toward regression with 3282 pixels are displayed at the wilaya of El Tarf, representing 17% of all degraded forest massifs and 1.2 % of the total forest cover of eastern Algeria. Among the studied forest ecosystems, cork oak seems the essence most threatened by degradation with a significant area of 64425ha, more than half (53.08%) regressed the surface are occupied by the species. It is followed by the Aleppo pine with 29287,5ha or 24.13% of total regressed surfaces. In conclusion, the maps from this study are alarming regional picture of the evolution of forest vegetation in eastern Algeria during the decade (2002-2011), which requires a comprehensive and multidisciplinary study of these ecosystems foresters to better determine the environmental factors (biotic or abiotic) responsible for this notable degradation.

KEYWORDS: Trend, vegetative activity, Forest, eastern Algeria, MODIS, NDVI.

RESUME: L'objectif principal de ce travail consiste à déterminer la tendance de l'activité végétative des massifs forestiers de l'Algérie orientale à partir du traitement d'une série d'images satellitaires de type MODIS de moyenne résolution (250m) sur une période de 10 ans (2002-2011). Ces dernières nous permettent de suivre l'état de la végétation forestière de l'Est algérien par le biais de l'indice de végétation qui se définit comme la différence normalisée des mesures de réflectance spectrale acquises dans les zones de longueurs d'onde Proche Infra-Rouge et rouge. Les cartes issues de cette contribution nous ont permis d'identifier 19418 pixels forestiers qui tendent vers une régression dont 3282 pixels sont affichés au niveau de la wilaya d'El-Tarf, ce qui représente 17% de la totalité des massifs forestières dégradés et 1.2% de la couverture forestière totale de l'Est algérien. Parmi les écosystèmes forestiers étudiés, le chêne liège semble l'essence le plus menacé par cette dégradation avec une notable superficie de 64425ha, soit plus de la moitié (53.08%) des surface régressées sont occupées par cette espèce. Il est suivi par le Pin d'Alep avec 29287,5ha soit 24.13% de la totalité des surfaces régressées. En conclusion, les cartes issues de cette étude constituent une image régionale alarmante de l'évolution de la végétation forestière au niveau de l'Est algérien durant la décennie (2002-2011), ce qui nécessite une étude approfondie et multidisciplinaire de ces écosystèmes forestiers pour mieux déterminer les facteurs écologiques (biotiques ou abiotiques) responsables à cette notable dégradation.

MOTS-CLEFS: Tendance, Activité végétative, Forêt, Algérie orientale, MODIS, NDVI.

1 INTRODUCTION

En Algérie, les formations forestières (forêts et maquis) couvrent une superficie de 4,7 millions d'hectares, soit moins de 2% de la superficie du pays. Elles sont très inégalement réparties sur l'ensemble de ce territoire, concentrée surtout dans la partie septentrionale du pays et limitée au sud par les monts de l'Atlas saharien.

La forêt algérienne subit une énorme dégradation qui se traduit surtout par une évolution régressive continue et par une perte substantielle de sa richesse. Selon le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement [1], plus de 1.030.000 hectares des superficies forestières ont été détruites entre 1955 et 1997, soit une perte annuelle de 24.523 ha/an. La référence [2] a cités plusieurs facteurs qui contribuent à cette déforestation (les incendies, le surpâturage, la pression forte des populations limitrophes des forêts, les défrichements, les coupes illicites, les attaques des insectes et les insuffisances institutionnelles). La forêt est donc remplacée sous l'action combinée ou non de ces facteurs par des broussailles et des reboisements qui présentent des signes de dégradation plus ou moins récents [1].

La référence [3] a montré que les changements climatiques au niveau de la région méditerranéenne sont à l'origine aussi des variations phytosomiques des écosystèmes forestiers qui bouleversent leur fonctionnement écophysiologique, leur croissance et leur productivité. Cette situation alarmante traduisant par une dégradation continue de la superficie des écosystèmes forestiers et un déplacement de leurs aires biogéographiques.

Pour mieux cerner les facteurs responsables de la régression, il est nécessaire d'identifier spatialement et délimiter au préalable les parcelles forestières menacées. Dans cette optique, la présente étude vise à cartographier les massifs forestiers de l'Est algérien qui sont touchés par cette dégradation à partir de l'indice NDVI issues des images satellitaires MODIS dont la résolution spatiale est de 250 mètres et la résolution temporelle est de 15 jours. Cet indice représente une mesure de la capacité photosynthétique de la canopée et la vitalité de la végétation ([4] [5], [6], [7]). Il est d'ailleurs bien corrélé à l'indice foliaire et à la production primaire nette [8]. Ainsi, La référence [9] considère que l'NDVI est suffisamment stable pour permettre des comparaisons de l'activité végétale aux pas de temps saisonniers ou inter-annuels.

Les bandes spectrales utilisées dans le calcul de cet indice sont le rouge (R) et le proche infrarouge (PIR), puisque la réflectance de la chlorophylle est environ de 20% dans le rouge et 60% dans le PIR. Ce contraste de réflectance dans ces deux bandes permet d'estimer la quantité d'énergie absorbée par la chlorophylle et donc d'étudier les différentes surfaces continentales végétalisées [10].

L'utilisation des images satellitaires et les techniques de SIG nous permettra d'évaluer statistiquement et déterminer graphiquement les variations spatiales de la tendance de développement de la végétation forestière de l'Est algérien pour la période 2002-2011 et par conséquent identifier l'écosystème forestier le plus exposé au risque de dégradation pour la mise en place des traitements sylvicoles nécessaires et pour mieux gérer cette sylve.

2 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La zone d'étude est localisée dans la partie Nord-Est du territoire algérien (Fig.1) comprise entre les latitudes 34° 31' 15" et 37° 5' 24" Nord et les longitudes 4°19' 57" et 8°41' 2" Est. Elle est limitée à l'Est par la frontière Algéro-Tunisienne, à l'Ouest par la vallée d'Oued Soummam et les monts des Bibans, au Sud par le piémont Sud de l'Atlas Saharien et au Nord par la rive Sud de la mer méditerranéenne.

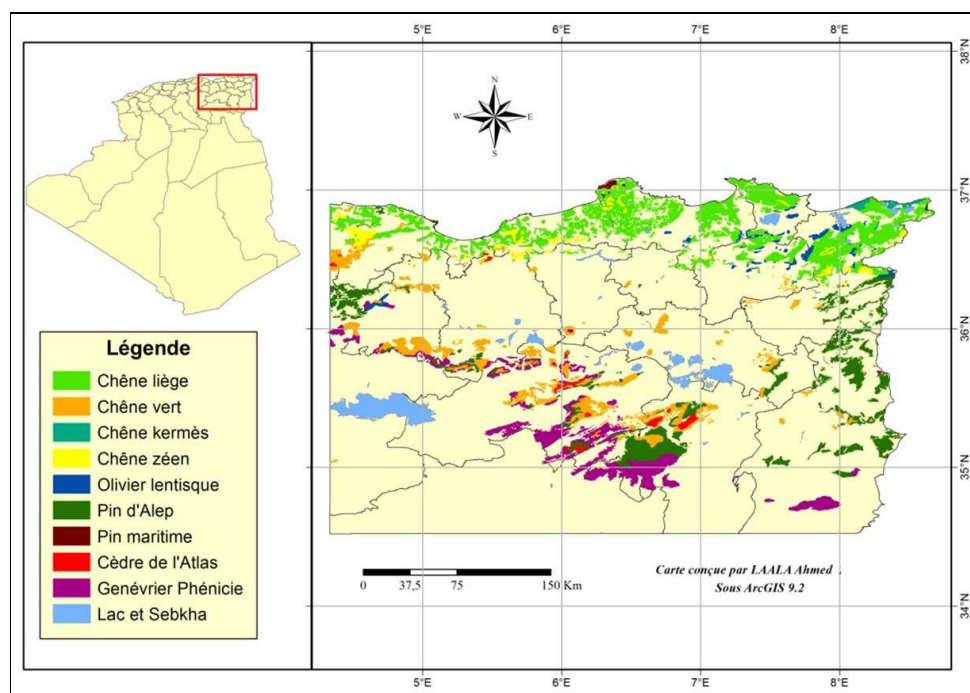


Fig.1. Principaux écosystèmes forestiers de l'Est algérien

L'intérêt majeur de cette zone d'étude réside dans le fait qu'elle renferme la quasi-totalité des massifs forestiers de la nation. Avec une couverture forestière de 1767720,69 ha, soit 18.6% du mode d'occupation du sol, dont 61.42% de cette superficie est représentée par les forêts des feuillus et 38.57% par les résineux.

3 MATÉRIELS ET MÉTHODES

3.1 DONNÉES UTILISÉES

3.1.1 L'INDICE DE VEGETATION PAR DIFFERENCE NORMALISE (NDVI)

L'NDVI, produit satellitaire, facile à calculé ([11]; [12]), très utilisé, car assez générique [13], normalise en partie les effets d'éclairement ou de pentes ([11]; [12]). Il est utilisé pour caractériser l'état de santé des plantes, pour repérer les changements phénologiques, pour estimer la biomasse verte et les rendements et dans bien d'autres applications. Le concept du NDVI repose sur le fait qu'un couvert végétal absorbe l'énergie dans la bande du rouge par la chlorophylle de la plante et réfléchit beaucoup dans la bande du proche infrarouge [14]. L'élément intéressant avec l'utilisation de ces bandes est qu'elles permettent un contraste élevé au niveau des propriétés optiques entre la roche et la végétation [15]. Ainsi, plus la proportion de végétation décroît, plus les valeurs de réflectance du rouge tendent à décroître linéairement [16], faisant en sorte que la relation entre les recouvrements végétaux en pourcentage et les valeurs du NDVI est linéaire.

L'étape préliminaire de n'importe quel projet utilisant des images satellitaires est de choisir le capteur le plus convenable à l'objectif de l'étude. Parmi les satellites disponibles, nous avons utilisé la base de données de MODIS-Terra, fournies par la NASA, pour extraire les données bimensuelles de NDVI de la période (2002-2011).

Notre choix est fondé sur la périodicité, la disponibilité et la gratuité de ces images satellitaires. Ces données sont disponibles en accès libre sur le site <http://verb.echo.nasa.gov/verb>. Elles couvrent notre zone d'étude suivant une résolution spatiale moyenne de 250 mètres et une résolution temporelle (périodicité) de 15 jours.

Le site fournit ces images satellitaires sous forme de cartes bimensuelles générées par la technique de synthèse temporelle dite MVC (Monthly Maximum Value Composite), fondée sur la recherche de la valeur maximale de NDVI sur chaque intervalle de 15 jours. Ces images ont déjà bénéficié d'une correction géométrique et atmosphérique à haute précision grâce à un capteur spécifique embarqué sur la plateforme TERRA [17]. Cette opération est importante puisque l'indice NDVI est très sensible aux conditions atmosphériques ([18], [19]).

3.1.2 LES DONNÉES D'OCCUPATION DU SOL

Les données concernant les types de forêt sont tirées des cartes du tapis végétal, fournis dans un format papier par la direction générale des forêts (DGF), sur lesquelles on distingue 9 différents types de forêt au niveau de l'Est algérien (Tableau 1). Ces cartes ont été scannées en format TIFF avec une résolution de 600 dpi.

Tableau 1. Liste des essences forestières dominantes au niveau de l'Est algérien

	Essences forestières	Noms scientifiques
Résineux	Pin d'Alep	<i>Pinus halepensis</i>
	Pin maritime	<i>Pinus pinaster</i>
	Cèdre de l'atlas	<i>Cedrus atlantica</i>
	Genévrier de Phénicie	<i>Juniperus phoenicea</i>
Feuillus	Chêne liège	<i>Quercus suber</i>
	Chêne vert	<i>Quercus ilex</i>
	Chêne zéen	<i>Quercus canariensis</i>
	Chêne kermès	<i>Quercus coccifera</i>
	Olivier lentisque	<i>Oleo-lentisque</i>

3.2 MATÉRIELS INFORMATIQUES

3.2.1 LOGICIEL ENVI VERSION 4.7

Ce logiciel a été utilisé pour les traitements d'images satellites (MODIS). La puissance interface graphique de l'ENVI est complétée par une bibliothèque d'algorithmes comportant de fonctions de transformation de données, des fonctions de filtre ainsi que des fonctions de réprojection.

3.2.2 LOGICIEL ARCGIS VERSION 9.2

C'est un ensemble de logiciels d'information géographique (ou logiciels SIG) développés par la société américaine Esri (Environmental Systems Research Institute, Inc.). Ce logiciel nous a permis d'acquérir, de traiter et d'analyser l'information géographique.

3.3 MÉTHODES DE TRAITEMENT DES DONNÉES

3.3.1 PRÉTRAITEMENT DES IMAGES SATELLITAIRES MODIS

Ces prétraitements concernent la réprojection géographique des scènes et le masquage des pixels de l'NDVI hors de la zone d'intérêt.

3.3.2 LA RÉPROJECTION GÉOGRAPHIQUE

Les 240 images satellitaires (MODIS) de la période (2002-2011) ont été reprojétés, sous le logiciel ENVI 4.7, en utilisant le système de coordonnées géographiques (WGS 1984). Ainsi, pour chaque mois de la période étudiée, nous avons moyenné les deux valeurs bimensuelles de l'NDVI pour obtenir au final 120 scènes qui présentent les valeurs mensuelles de cet indice. Ainsi, en moyennant ces valeurs mensuelles pour chaque pixel et pour chaque année de la période étudiée (2002-2011) pour obtenir enfin une série temporelle de 10 images. Les valeurs de cette série pour un pixel donné permettent alors de créer le profil interannuel de NDVI sur cette période.

3.3.3 LE MASQUAGE

Au vu de vaste zone où l'étude est réalisée, un masque a été créé sous le logiciel ENVI 4.7 afin de retirer les pixels n'ayant pas d'intérêt à être étudiés qui correspondent aux zones non forestières. L'application de ce masque sur toutes les images satellitaires téléchargées permet de minimiser la taille de l'espace mémoire occupé par ces scènes et par conséquent réduire le temps d'exécution des calculs effectuée par les logiciel de télédétection et du SIG.

3.3.4 LE GEOREFERENCEMENT ET VECTORISATION DES SUPERFICIES FORESTIERE

Les cartes digitalisées ont été géoréférencées sous le logiciel ArcGIS9.2 en utilisant le même système de coordonnées géographiques adopté pour les images satellitaires (WGS 1984). Cette démarche permet l'intégration de ces cartes dans un SIG et facilite la superposition parfaite des vecteurs avec la série des images raster.

À partir de ces cartes forestières géoréférencées, une couche commune a été créée sous ArcGIS9.2, au format Shape qui présente plus de 6000 polygones (vecteurs) de délimitation des différents écosystèmes forestiers dominants de l'Est algérien. Les pixels des images satellitaires qui coïncident avec ces vecteurs, sont sélectionnés pour estimer la tendance végétative de chaque pixel de ces massifs forestiers sur la période (2002-2011).

3.3.5 ESTIMATION DE LA TENDANCE D'NDVI

Pour détecter les tendances de développement de la végétation forestière de l'Est algérien, nous avons calculé les moyennes mobiles annuelles de l'indice NDVI pour chaque pixel et fait ensuite une régression linéaire à travers la série temporelle de cet indice.

3.3.5.1 LISSAGE PAR MOYENNES MOBILES

Pour supprimer les fluctuations transitoires, nous avons lissé les valeurs de la série statistique de l'indice NDVI par l'utilisation des moyennes mobiles (glissantes) calculées sur une période de 3 ans. Cette moyenne est dite mobile parce qu'elle est recalculée de façon continue, en utilisant à chaque calcul un sous-ensemble d'éléments dans lequel un nouvel élément remplace le plus ancien ou s'ajoute au sous-ensemble.

3.3.5.2 LA RÉGRESSION LINÉAIRE SIMPLE

La tendance est l'orientation générale d'une série d'observations à la hausse ou à la baisse sur une période assez longue. Dans notre cas, le calcul de la tendance de l'NDVI a été estimé avec la méthode des moindres carrés. Le choix de cette méthode se justifie par le fait que c'est la seule qui puisse nous permettre de déterminer l'évolution progressive ou régressive de l'état de la végétation forestière à partir d'une série statistique annuelle.

La valeur de la tendance de chaque pixel est égale au coefficient (a) de la pente de régression :

- Si $a > 0$, on a une tendance à la hausse, ce qui nous indique une nette progression dans la couverture forestière;
- Si $a < 0$, on a une tendance à la baisse ou une régression au niveau de ces massifs forestiers ;
- Si $a \approx 0$, les valeurs proches de zéro caractérisent les zones stables et sans changement significatives.

Le niveau significatif ($\alpha = 5\%$) de la tendance a été estimé selon la méthode Mann-Kendall non paramétrisée ([20], [21]). Ainsi, le pourcentage (en superficie) de chaque classe (régression, stable, progression) a été calculé pour chaque écosystème forestier.

4 RÉSULTATS ET DISCUSSION

La figure 2 présente la tendance de l'activité photosynthétique de la végétation forestière de l'Est algérien pour la période 2002-2011. Les zones forestières avec tendances à l'augmentation sont très étendues, elles caractérisent 87.42% de la superficie forestière totale, ce qui indique une nette progression dans la couverture forestière de l'Est algérien. Cependant les massifs forestiers qui présentent une régression durant la période (2002-2011) sont de faible superficie (7.13% par rapport à la surface totale étudiée). Concernant les zones statistiquement stables et sans changement significatives, elles représentent uniquement 5.45% de la surface totale des forêts de l'Est algérien.

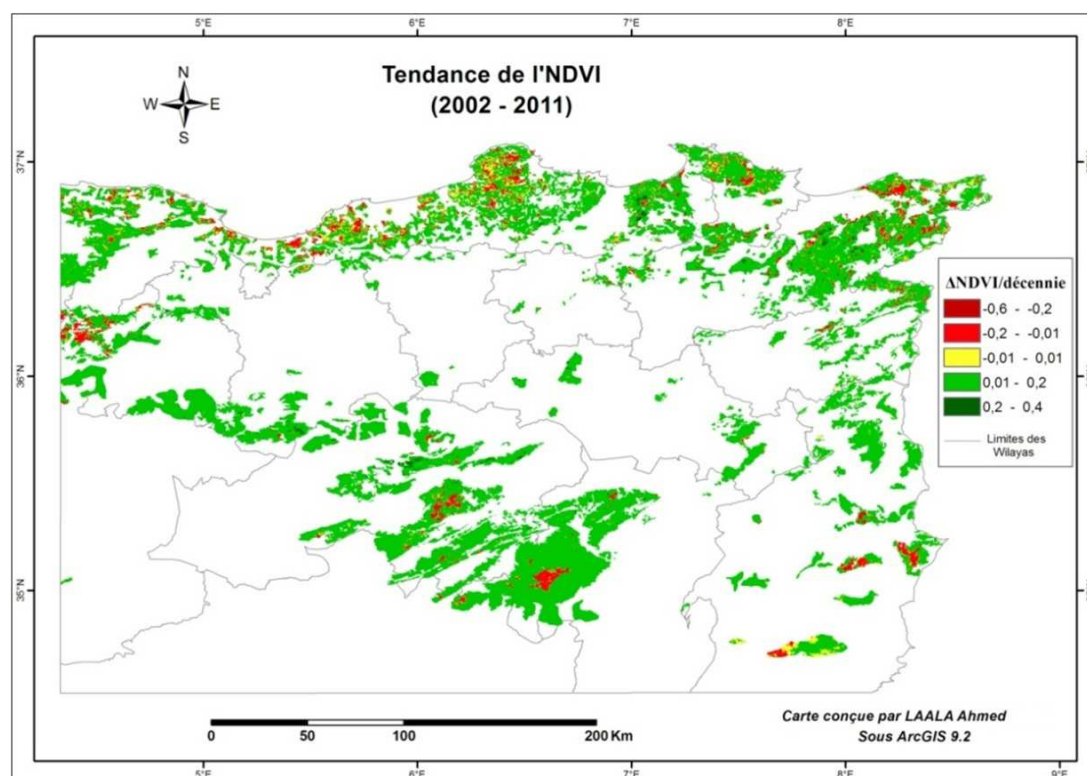


Fig.2. Tendance de l'indice NDVI sur la période 2002-2011

L'analyse géographique des résultats montre que, quelle que soit la wilaya considérée, le bilan de développement de la végétation forestière est toujours positif pour la décennie (2002-2011) (Tableau 2). La wilaya de Jijel et d'El-Tarf sont les wilayas les plus touchées par la diminution de l'indice NDVI avec respectivement 13.7% et 12.82% de la surface forestière de la wilaya concernée. Cependant, la wilaya de Mila montre une forte augmentation du NDVI sur la période (98.83% de la surface forestière de cette wilaya).

Tableau 2. Superficies forestières de chaque wilaya affectée par les différentes classes de tendance de l'NDVI

Wilayas	Tendance négative (en %)	Sans changement (en %)	Tendance positive (en %)	Bilan (en %)
Ome El Bouaghi	1,15	0,93	97,92	96,77
Batna	3,03	1,32	95,65	92,63
Bejaia	10,89	8,22	80,89	70,01
Biskra	4,45	1,90	93,66	89,21
Tébessa	7,26	6,81	85,93	78,66
Jijel	13,70	15,52	70,78	57,09
Sétif	1,74	1,63	96,63	94,89
Skikda	9,38	9,69	80,92	71,54
Annaba	11,59	9,73	78,69	67,10
Guelma	3,48	2,56	93,96	90,48
Constantine	4,32	3,78	91,89	87,57
Bordj Bou-Arreridj	9,09	2,24	88,67	79,59
El-Tarf	12,82	8,26	78,93	66,11
Khenchela	5,30	0,92	93,78	88,48
Souk Ahras	4,27	3,77	91,96	87,70
Mila	0,44	0,73	98,83	98,39
Msila	1,09	0,15	98,76	97,67
L'Est algérien	7,13	5,45	87,42	80,29

Le calcul des surfaces forestières touchées par les trois classes de tendances a été réalisé aussi pour chaque écosystème forestier de l'Est algérien. La figure 3 montre que la moitié de la superficie régressée est occupée par le Chêne liège (64425 ha). Cependant, le un-quart des superficies dégradées est occupé par le Pin d'Alep avec une surface régressée de 29287.5 ha. Le reste des essences forestières présente une surface régressée inférieure à 7% où la très faible superficie dégradée est observée chez le Pin maritime avec uniquement 656.25 ha. Globalement, les feuillus avec un pourcentage des superficies dégradées de 67.98% sont très touchées par cette régression que les résineux.

Toutes ces régressions des écosystèmes forestiers de l'Algérie orientale peuvent s'expliquer par les effets de la variabilité climatique et particulièrement thermique enregistrée durant la décennie 2002-2011 et de la forte action de la population riveraine sur les massifs forestiers.

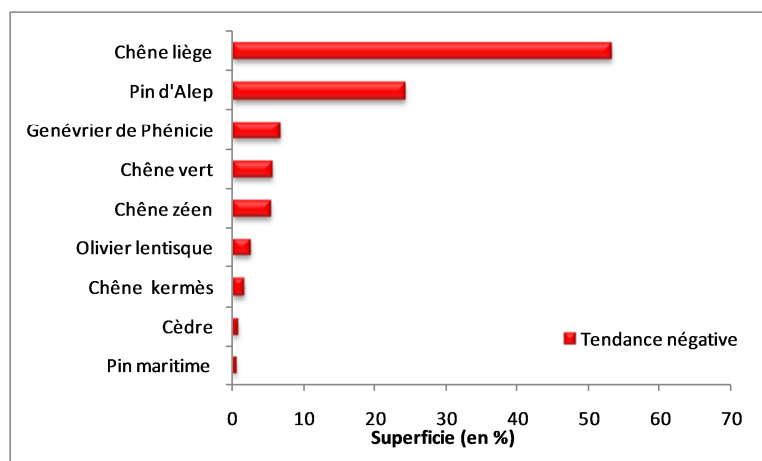


Fig.3. Superficies (en %) des écosystèmes forestiers de l'Est algérien affectées par une tendance négative de l'NDVI par rapport à la surface totale régressée

Parmi les wilayas étudiées, celle qui présente le maximum des pixels où la tendance de l'NDVI est négative est la wilaya d'El-Tarf (avec 3282 pixels, soit une superficie de 20512.5ha) (fig.4). Donc, les forêts de cette wilaya ont connu, durant la décennie (2002-2011), une baisse sensible de leur superficie égale à 12.82% de la surface forestière de cette wilaya, soit 1.2% de la couverture forestière totale de l'Est algérien.

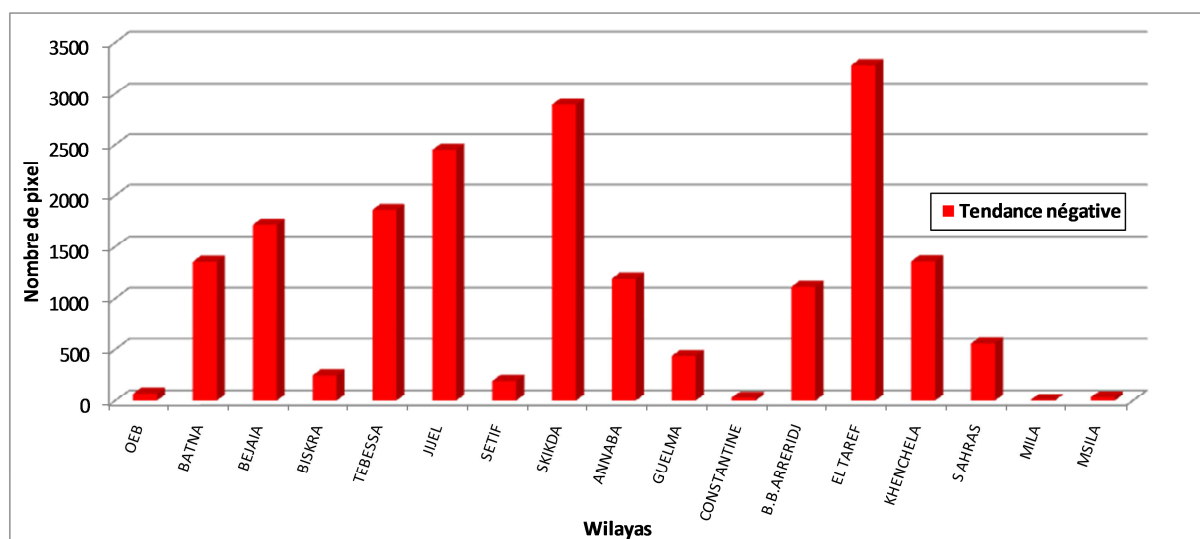


Fig.4. Répartition par wilaya du nombre de pixel à tendance décroissante de l'NDVI

Les plus fortes valeurs de régression de l'NDVI (-0.2 -0.6) sont observées au niveau de la forêt de Faid El Rarnoug, Boufhal, El Frine, Ouerda, Oued Soudan où elles caractérisent une superficie notable égale à 937.5ha (fig.5). Ces massifs souffrent d'une diminution de la couverture forestière durant la décennie (2002-2011).

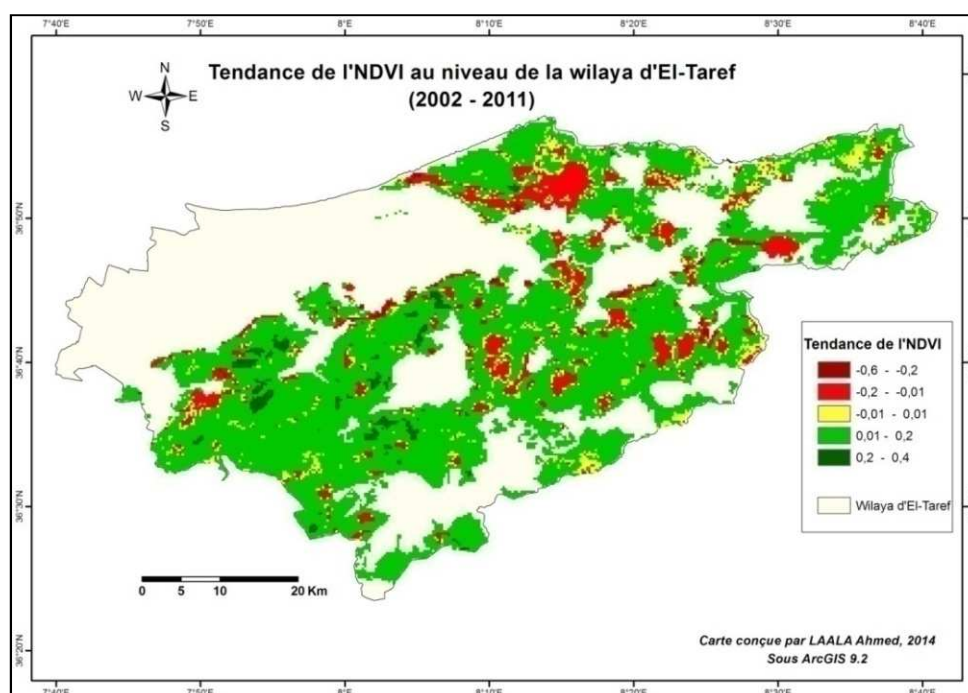


Fig.5. Tendance de l'indice NDVI au niveau de la wilaya d'El-Tarf pour la période 2002-2011

Par ailleurs, les superficies forestières qui affichent une tendance croissante de l'NDVI fluctuent entre 0.24% et 33.35% de la surface totale progressé avec un maximum observé pour les massifs du Chêne liège (496168.7ha) et un minimum enregistré pour le Pin maritime (3575 ha) (fig.6). Cette tendance positive traduit une évolution de l'activité photosynthétique, ce qui est susceptible d'être liée aux phénomènes d'acclimatation et des processus physiologiques d'adaptation des essences forestières de ces parcelles forestières faces aux conditions du milieu.

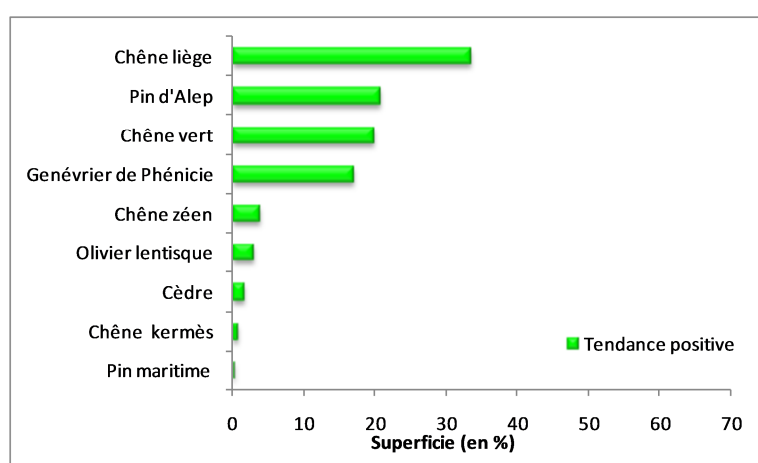


Fig.6. Superficies (en %) des écosystèmes forestiers de l'Est algérien affectées par une tendance positive de l'NDVI par rapport à la surface totale progressée

En termes de wilayas, le maximum de pixels où la tendance est positive est enregistré au niveau de la wilaya de Batna avec 42819 pixels, soit 267618,75ha (fig.7). Cette surface occupe 95.65% de la surface forestière de cette wilaya et 15.72% de

la couverture forestière totale de l'Est algérien (fig.8). Le reste des wilayas semblent également en voie de régénérations mais avec une certaine variabilité inter-wilaya où le nombre de pixels à tendance progressive de l'NDVI varie entre 680 pixels enregistrés au niveau des massifs forestières de la wilaya de Constantine et 24953 pixels affichées pour la wilaya de Skikda (fig.7).

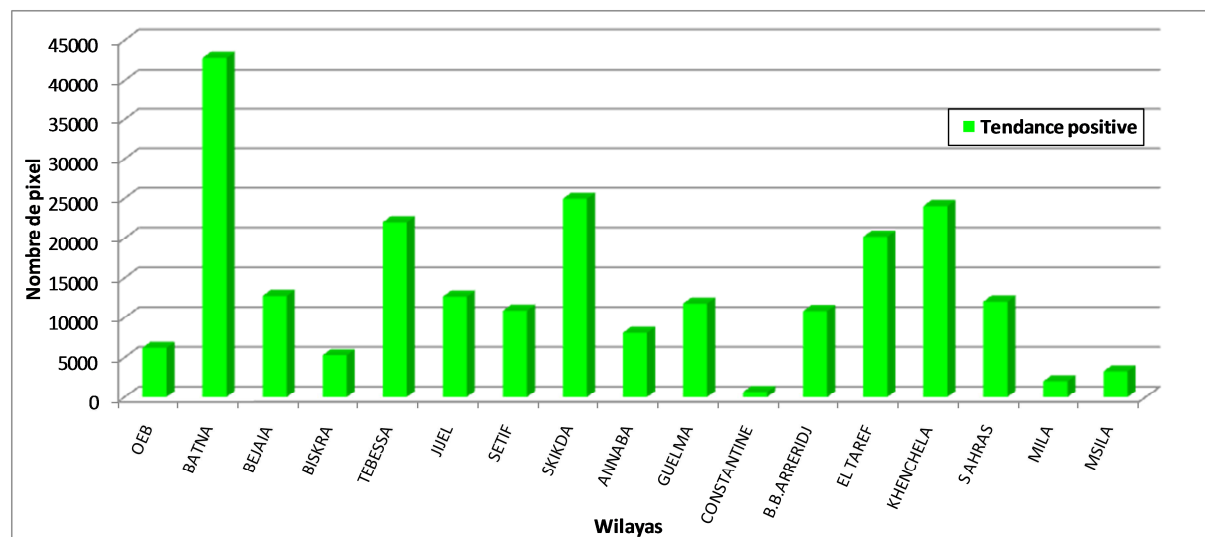


Fig.7. Répartition par wilaya du nombre de pixel à tendance positive de l'NDVI

Pour la wilaya de Batna, les parcelles de forte régénération (tendance d'NDVI > 0.2) se localisent au niveau de la forêt de Belezma indiquant une densification du couvert ligneux au niveau de ce massif forestier (fig.8).

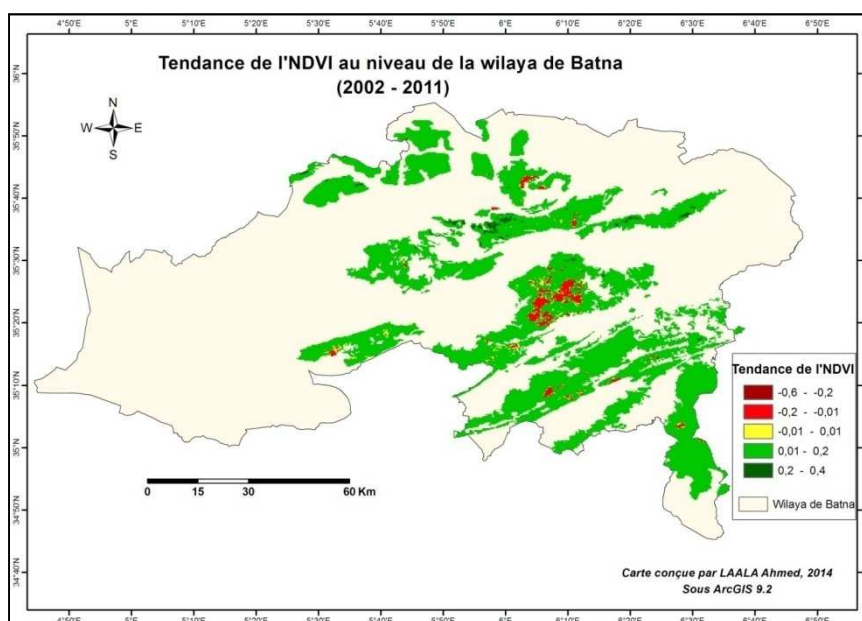


Fig.8. Tendance de l'NDVI au niveau de la wilaya de Batna pour la période 2002-2011

Ainsi, l'étude a révélé une certaine stabilité de l'activité photosynthétique des essences forestières étudiées où l'indice NDVI a connu une légère fluctuation sur une période de dix ans. Le maximum des superficies a été observé pour le Chêne liège (60.97%), alors que pour le reste des écosystèmes forestiers, la stabilité de l'NDVI représente un pourcentage inférieure à 10% de la surface totale (fig.9). Ces valeurs peuvent s'expliquer par l'action de gestion et de protection réalisées par les conservations des forêts des wilayas.

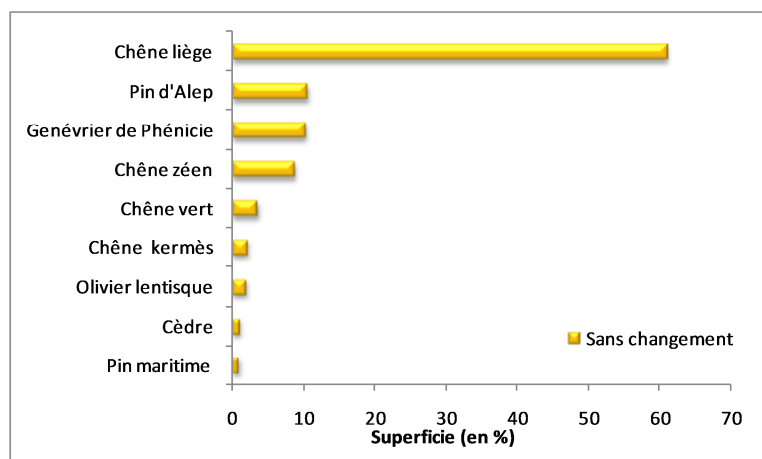


Fig.9. Superficies (en %) des écosystèmes forestiers de l'Est algérien affectées par une tendance nulle de l'NDVI par rapport à la surface totale stable

En termes d'écosystèmes forestiers, la tendance à la baisse de l'indice NDVI durant la période 2002-2011 occupe une vaste superficie des forêts de Pin maritime (12.87% de la superficie totale de cette essence forestière) (fig.10). Il est suivi par le Chêne kermès (12.78%), le Chêne liège (10.44%), le Chêne zéen (9.25%) et le Pin d'Alep (8.45%). Le minimum des superficies régressées est observé au niveau des forêts de Chêne vert (2.19%). Cependant, les superficies forestières caractérisées par des tendances croissantes sont importantes et dépassent 70% de la surface totale de chaque écosystème forestier de l'Est algérien.

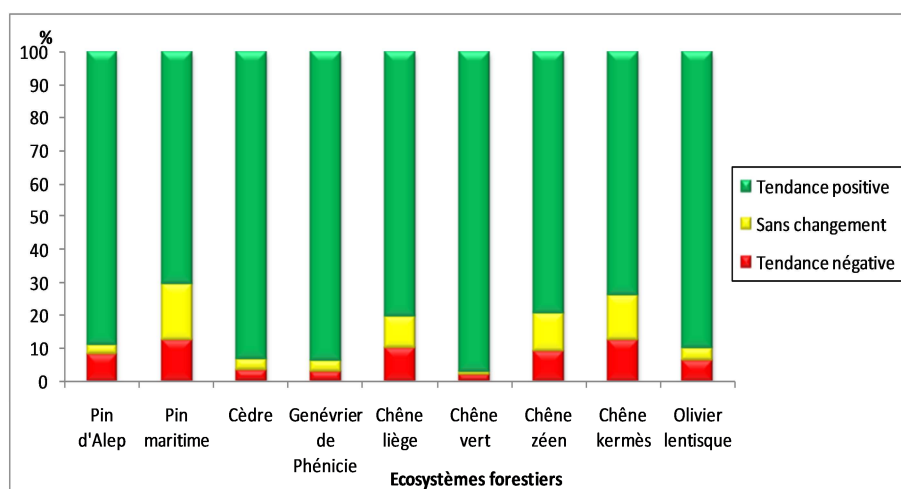


Fig.10. Superficies des écosystèmes forestiers réparties par classe de tendance de l'NDVI

Ainsi, parmi les écosystèmes forestiers étudiés, le Pin maritime affiche une valeur maximale des superficies stables (sans changement significative), avec un pourcentage de 17.03% de son aire de répartition. Il est suivi par le Chêne kermès (13.52%) et le Chêne zéen (11.47%). Les autres écosystèmes forestiers présents des superficies stables variant entre 1.09% et 9.17% (fig.10). Globalement, le bilan de la tendance de l'NDVI est positif pour tous les écosystèmes forestiers de l'Est algérien, il caractérise 84.77% des superficies des résineux et 77.53% de celles des feuillus.

5 CONCLUSION

Le document cartographique issu de cette étude constitue un apport pour les décideurs et les forestiers. Il leur permet d'identifier le type d'écosystème forestier le plus menacé et géolocaliser aussi les massifs forestiers qui présentent une forte régression. Ces zones peuvent être considérées comme prioritaires pour la mise en place d'une stratégie de protection. L'analyse chronologique de série d'NDVI de la période 2002-2011 témoigne d'une régression évidente au niveau de 7.13% de la surface totale des écosystèmes forestiers de l'Est algérien avec une certaine variabilité inter-wilaya et inter-espèce. En

termes des wilayas, le maximum des pixels à tendance négative d'NDVI est affiché au niveau de la wilaya d'El-Tarf où il représente 12.82% de la surface forestière totale de cette région. Ainsi, le classement des essences forestières selon leurs superficies régressées nous montre que le Pin maritime occupe la première range où les tendances négatives ont été observées au niveau de 12.87% de son aire total. Le pourcentage des superficies régressé est faibles mais non négligeables ce qui nécessite une étude approfondie au niveau de ces parcelles forestiers menacées pour identifier les facteurs responsable de cette régression.

Ainsi, nous somme conscient que la période de dix ans est courte pour étudier précisément la tendance d'une série statistique à long terme, mais cette étude constitue une approche préliminaire qui aide les forestiers à mieux localiser les parcelles forestiers qui tendent vers une régression et par conséquence déterminer l'origine de ce problème.

RÉFÉRENCES

- [1] MATE. "Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement: Plan National d'Actions pour l'Environnement et le Développement Durable (PNAE-DD) Janvier 2002", Alger, Algérie, 128p, 2002.
- [2] M.H. Benderradji, D. Alatu, A.M.T. Arfa, K. Benachour. "Problèmes de dégradation de l'environnement par la désertification et la déforestation Impact du phénomène en Algérie. NEW MEDIT (4) : pp.19-21, 2006.
- [3] M. Rached-Kanouni. "Adaptation du chêne liège (*Quercus suber* L.) aux conditions extrêmes de température". Thèse de doctorat, Université Mentouri, Constantine (Algérie), 159p, 2013.
- [4] C.J. Tucker, P.J. Sellers. "Satellite remote sensing of primary production". *International Journal of Remote Sensing*, (7): 1395-1416, 1986.
- [5] G. Genovese, C. Vignolles., T. Nègre, G. Passera. "A methodology for a combined use of normalised difference vegetation index and CORINE land cover data for crop yield monitoring and forecasting. A case study on Spain". *Agronomie*, (21) : pp.91-111, 2001.
- [6] F.N. Kogan. "Operational space technology for global Vegetation Assessment". *Bulletin of the American Meteorological Society*, 82(9) :pp.1949-1964, 2001.
- [7] R. A. Seiler, F. Kogan, G. Wei. "Monitoring weather impact and crop yield from NOAA AVHRR in Argentina". *Advances in Space Research*, 26 (7): pp.1177-1185, 2000.
- [8] S.D. Prince, M.E. Brown, L.L. Kravitz. "Evidence from rain-use efficiencies does not indicate extensive sahelian desertification". *Global Change Biology*, (4): pp.359-374, 1998.
- [9] A. Huete, K. Didan, T. Miura, E. P. Rodriguez, X. Gao, L.G. Ferreira. "Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices". *Remote Sensing of Environment* (83): pp.195-213, 2002.
- [10] C.J. Tucker. "Red and photographic infrared linear combinations monitoring vegetation". *Remote Sensing of Environment* (8): pp.127-150, 1979.
- [11] R. Bariou, D. Lecanu, F. Le Henaff, "Dossiers de télédétection. Tome 1. Réponse spectral des végétaux". Centre régional de télédétection", Université de Rennes 2-Haute Bretagne, (2) : pp.71-73, 1985.
- [12] R. Caloz, C. Collet. "Précis de Télédétection, Volume 3: Traitements Numériques d'images de télédétection". AUF, Presses de l'Université du Québec/AUPELF, 386p, 2001.
- [13] J.R. Jensen. "Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective, Upper Saddle River", NJ: Prentice-Hall, 544p, 2000.
- [14] M. Robin. "Télédétection : Des satellites au SIG. Une analyse complète du processus de création d'un type essentiel d'information géographique". Nathan Université, 318 p, 2002.
- [15] F. Baret, J. Clevers, M.D. Steven, "The robustness of canopy gap fraction estimations from red and near-infrared reflectances : A comparison of approaches". *Remote Sensing of Environment*, 54(2): pp.141-151, 1995.
- [16] P. S. A. Beek, C. Atzberger, K.A. Hogda, B. Johansen, A. K. Skidmore "Improved monitoring of vegetation dynamics at very high latitudes: A new method using MODIS NDVI". *Remote Sensing of Environment*, 100(3): pp.321-334, 2006.
- [17] E.F. Vermote, N.Z. El Saleous, C.O. Justice. "Atmospheric correction of MODIS data in the visible to middle infrared: first results". *Remote Sensing of Environment*, (83): pp.97-111, 2002.
- [18] B. Holben. "Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data". *International Journal of Remote Sensing* (7): 1417 – 1434, 1986.
- [19] A.J. McDonald, F.M. Gemmell, P.E. Lewis. "Investigation of the Utility of Spectral Vegetation Indices for determining Information on Coniferous Forests". *Remote Sensing of Environment*, (66): pp.250-272, 1998.
- [20] H. B. Mann. (1945). Non Parametric Test Against Trend. *Econometrika*, 13, pp.245-259.
- [21] M. G. Kendall, (1975). Rank Correlation Methods, Charles Griffen, London, 156p.

EFFECT OF BIO URINE AND COMPOST APPLICATION ON RICE INPARI-13 PRODUCTION AT MANDAILING NATAL DISTRICT

Muhammad Yusuf¹, Syahbudin², and Diky Setya Diningrat³

¹Chemistry Department of Mathematics and Natural Sciences Faculty, Medan State University, Indonesia

²Agriculture Faculty of Medan Area University, Indonesia

³Biology Department of Mathematics and Natural Sciences Faculty, Medan State University, Indonesia

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

ABSTRACT: This study aims to improve the productivity of rice crop in the Mandailing Natal (Madina) district from 4.7 tons / ha to 10 tons / ha. This experiment uses bio compostable material and urine of goat manure, which is widely available in the district of Madina. Increasing rice production management system using integrated crop management (ICM) of lowland rice irrigation was recommended by the Agriculture Ministry Research and Development Board of Republic Indonesia. In rice plants using compost noted that the plant height reached 127 cm, 28 cm panicle length, number of tillers per hill 19, and BWD scale of 3.5 after 60 days after transplanting (DAT). While the rice plants without the use of compost plant height of 116 cm recorded on, panicle length 26 cm dap, the number of 10 tillers per hill, and BWD scale 4 after 60 days after transplanting (DAT). Applications addition of compost and bio urine on rice crops planted with Inpari-13 is able to produce rice as much as 10.4 tons / ha. Rice paddy untreated bio compost and urine obtained rice yield as much as 6 tons / ha. On the other hand the average production of rice paddy crop in the district of Madina 4.7 tons / ha. The high yields in rice paddies without compost treatment in this study due to the mud of a rice field with composting flowing into the fields of the untreated compost so that nutrients are absorbed by rice paddy fields. The use of compost and bio urine rice crop in this study, increased rice crop amounted to 121%.

KEYWORDS: Bio Urine, Compost, Inpari-13 Rice, Mandailing Natal.

1 INTRODUCTION

The level of crop production of lowland rice in Mandailing Natal (Madina) district only 4.7 tons / hectare (ha) for once time planting. In fact, many policies have been issued by the government, including the Batang Gadis irrigation development, rice cultivation system with integrated crop management (ICM), seed and fertilizer subsidized. However, production levels of rice produced in the district of Madina still has not been able to fill the needs of the rice throughout the year in this district. Paddy fields in Madina district has an area of 37 918 ha (Central Bureau of Statistics of the Republic Indonesia Year 2014). With a land area of lowland rice in the district of Madina makes Madina district has ranked the fifth largest rice field in North Sumatra province compared to 33 districts / cities after Simalungun, Deli Serdang, Serdang Bedagai and Langkat.

The production of rice crop in the Madina district still could be improved by the intensification of agriculture, in order to obtain the higher rice harvest productivity. High rice yields will deliver Madina district as one of the rice granary of North Sumatra. This predicate will help to fill the needs of national rice in the region of the former South Tapanuli district and the surrounding area. The low production of paddy rice caused scarcity, this scarcity has resulted in the price of rice to be unstable for four months a year in Madina district. Rice cultivation which does not follow a system of irrigated rice paddy Integrated Crop Management in the Madina district cause lower rice crop production. As for the actions that lead to low

yields is the use of seeds that are used over and over, age nursery seedlings, spacing not use Legowo row, a dose of chemical fertilizer are not exact, the lack of the use of organic fertilizers, irrigation methods, and post-harvest handling.

Chemical fertilizers are used constantly by farmers caused a decline in the quality of soil nutrient. Excessive use of chemical fertilizers also cause farmland become saturated due to residual substance derived from fertilizers. As a result of these treatments led to a decline in paddy crop production both in quantity and quality. In addition, the biological soil ecosystem also become unbalanced so that fertilization which aims to replenish nutrients in the soil not be achieved (Supatha, 2012). The use of compost and bio urine sourced from organic materials and urine then decomposed by microbes can provide nutrients needed by the rice crop. Decomposers can be obtained commercially or made itself through organic materials that serve to break down nitrogen and carbon from organic waste so that it can provide nutrients needed by plants.

The existence of decomposers will accelerate the composting than the absence of decomposers (Nurrahma, 2013). Compost obtained through the decomposition process can be a buffer properties of the soil chemical, physical and biological so that it can boost the productivity of land and improve rice yields. Meanwhile, biourine can help supply the nitrogen nutrient in plants. The use of organic fertilizer in addition useful for the rice plant, it will also reduce the waste of livestock that will bring economic benefits to the farmer.

Various studies using compost and bio urine in rice crop has been widely publicized and as a result were able to increase the growth and production of the rice harvest. Santosa et al (2014), have used biourin in rice plants. The use biourin can produce rice with higher rice, leaves more, and the leaves are wider than without biourin. The use of compost (a mixture of straw and manure) on the types of Upland rice plants has also increased crop production (Ciptadi et al, 2009). The use of Azolla compost can increase yields up to 8 tons per hectare in rice varieties Ciherang (Supartha et al, 2012). The addition of organic fertilizer in rice varieties ciherang has significantly increase the yield of dry grain harvest by 4.4% - 17.4%. The combination of organic and chemical fertilizers has proven to improve the growth of upland rice. The combination of organic and chemical fertilizers has proven to improve the growth of upland rice (Alavan, 2015).

Rice productivity will be increased by implementing proper rice cultivation. One of them is the proper implementation of the agricultural system is to implement a system of Integrated Crop produced by the Research and Development of the Ministry of Agriculture of the Republic Indonesia. An important component in the system is a fertilizer that combines the organic with the inorganic fertilizers. This study aimed to determine the effect of organic fertilizers and biourin to increased rice crop production.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 TIME AND PLACE RESEARCH

This research conducted in the Kotasiantar village, it's about 1 km to the east of the Panyabungan city, Capitol of Mandailing Natal district-North Sumatra. The research location is at an altitude of 400-750 m above sea level. Land used in this study for the treatment of compost area of 0,032 ha, while the untreated of compost land area of 0,008 ha. Tillage is done three weeks before planting (24 September to 15 October 2015) because the land previously used for farming of pepper plants. Research began on October 16, 2015 until January 18, 2016 (94 days).

2.2 TOOLS AND MATERIALS

Materials used are rice seed Inbrida-Padi-Sawah 13 (Inpari 13) varieties, composted goat manure, bio urine goat manure, NPK, urea, and natural pesticide from the sour soup leaves. The tools used in this study hoes, rakes, rulers, scales, syringes, sickles, camera, length measuring tools, and stationery. The tools used in this research are hoes, rakes, rulers, scales, syringes, sickles, camera, length measuring tools, and stationery.

2.3 EXPERIMENTAL METHODS

Seedlings planted at the age of 23 days after sowing (old seed). Water conditions at planting time was macak-macak or under aerobic conditions, or in other words that the soil moist but not waterlogged.

The study was conducted using an experimental field trials and comparison between the two systems, namely:

1. Without compost:

- a. Chemical fertilizers (NPK 7 kg and 4 kg of urea at 14 days after planting, 7 kg of urea at 25 days after planting, and 4 kg of urea at 60 days after planting)
- b. Fertilization and management of paddy using conventional methods as commonly done by farmers around the field trials.

2. Compost treatment:

- a. Chemical fertilizers are given as to the treatment without compost
- b. Spraying urine bio goat manure (200 liters / ha) at 20 days after planting and 30 days after planting.
- c. Soursop leaf natural pesticide spraying (100 liters / ha) at 70 days after planting.
- d. Management of the fields according to the Balitbangtan recommendation of integrated crop management (ICM-2013) consisting of:
 - Compost goat dung of 3 tons / ha
 - Watering dry wet (PBK) where 5 cm above the ground and 15 cm below the ground surface.
 - Planting method uses a Legowo system 4: 1 (25 cm x 12.5 x 50 cm)
 - The number of seeds 2-3 stems per hole
 - Fertilization of N is based on the leaf color chart (LCC).



Fig. 1. The land is prepared and mixed with compost treatment

3 RESULTS

Results of an observational analysis of growth and Inpari rice production with compost and without compost treatment shown in table 1. Figure 2, 3 and 4 show the growth of rice with compost treatment before and after 60 days after planting.

Table 1. The observation of the growth and Inpari rice production of 13 days after planting

Observation	Without Compost (dap)				With Compost (dap)			
	60	70	90	92	60	70	90	92
Plant height (cm)	118	117	116	n.m	127	127	128	n.m
Number of tillers	10	10	10	n.m	19	19	19	n.m
Tiller Productivity	8	8	8	n.m	19	19	19	n.m
BWD (No.)	3,5	n.m	n.m	n.m	4	n.m	n.m	n.m
Panicle length (cm)	26	27	26	n.m	28	28	27	n.m
Number of panicles clumps	9	12	12	n.m	14	14	14	n.m
Number of grains / panicle	n.m	n.m	n.m	n.m	190	n.m	n.m	n.m
The number of leaves / stems	4	3	t.d	t.d	4	4	n.m	n.m
1000 grain dry weight (g)	n.m	n.m	n.m	n.m	6,02	n.m	n.m	n.m
Estimated yield (tons / ha)	n.m	n.m	n.m	n.m	17	n.m	n.m	n.m
Yields (t / ha)	n.m	n.m	n.m	6,0	n.m	n.m	n.m	10,4

*) n.m= not measured, dap=days after planting

**Figure 2. Rice grown with compost treatment prior to 60 days after planting**



Figure 3. Growth of rice with compost treatment at the time of close to 60 days after planting



Figure 4. Growth of rice with compost treatment at the age after 60 days after planting

4 DISCUSSION

In this study, the use of compost, bio urine and Legowo row system can increase rice yields as presented in Table 1 in the amount of 10.4 tons / ha. Meanwhile, the rice plants without composting obtained a yield of 6 tons / ha. The observations are consistent with previous studies showing that rice production is affected by the provision of compost (Kaderi, 2004; Ciptadi 2009; Sennang, 2012, Mungara, 2013), bio urine (Santosa, 2014), and methods of planting Legowo row system (Erythrina , 2014).

In Table 1 are presented that composting increase vegetative growth of rice plants. At the age of 60 days after planting, the rice plant height was observed at 127 cm and 19 the number of tillers per hill. While on treatment without compost, at 60 days after planting was observed at 118 cm plant height and number of tillers 10 per hill. Vegetative growth such as plant height and number of tillers affected by fertilizer N. The number of grains per panicle, harvest grain weight in addition affected by fertilizer N is also influenced by the vegetative growth of the plant itself. Proportional to the vegetative growth of rice production (Mezuan 2002, Ciptadi, 2009).

In Table 1 are also presented that the use of compost increase the number of productive tillers per hill that is 19 while it was on treatment without compost produced only 8 productive tillers per hill. The number of productive tillers is very closely related to the number of panicles per hill so it needs to be observed, and it turns out the use of compost can increase the number of panicles per hill. The combination of chemical fertilizer with compost can be complementary. The organic fertilizer is a complete fertilizer that contains elements despite low levels, which can provide nutrients for plants. Compost as one of the organic fertilizer containing micronutrients that can produce more productive tillers.

The ability of the rice plant tillering form, genetically different on each type of rice (Purwanto, 2009). But environmental factors, nutrients and how the cultivation take effect on tillering. Tillering will stop when the N content in the leaf blade to 2%, P 0.03%, and K 0.5%. Tiller formation rate increases with increasing N content up to 5%, P up to 0.2% and K up to 0.5%. Above that value will have no effect on tillering. In addition to the lowland system of Integrated Crop Management also stated that the number of seedlings is also affected by plant spacing, light, nutrient supply, and other environmental factors are supportive. Leaf color chart (LCC) shows the N content identification through assessment of green color in leaves. In table 1 is presented that the LCC at 60 dap on treatment without compost scale is lower (3.5) than in treatment with compost (4). This suggests that composting can increase N content in rice plants.

The more organic manure combined with inorganic fertilizers supplied to rice plant will produce high crop yields (Kustiono, 2012). By measuring parameters such as observation of plant height, number of panicles / hill and weight of dry milled grain is seen that there is the effect of treatment composting. These results indicate that the content of organic fertilizer can help the availability of N, P, K, and other nutrients for optimal growth of rice.

In Table 1 are presented that administering a combination of compost and chemical fertilizer can produce 28 cm panicle length and the number of panicle is 14 panicles per hill at 60 days after planting. Meanwhile the only treatment with chemical fertilizer produces shorter length panicles is 26 cm and the number of panicles per hill just as much as 9 panicles at 60 days after planting.

Total grain is closely related to variations panicle length (Widodo, 2004). Based on the above statement can be interpreted that the longer panicles produced will have more grain number. On the other hand, the more the amount of grain produced, the yield will increase. In this research, the amount of grain as much as 190 grains per panicle at 60 days after planting, while on treatment without composting is not done the calculations.

1000 grain weight measurement parameters to determine differences in the use of rice varieties show the results were not significantly different. This shows that the rice variety used is the same variety Inpari 13. Meanwhile, the number of leaves per stem equally good outcome between treatment with the addition of compost or composted without the addition of as many as four leaves per stem at 60 days after planting.

In this study also found that the larger phenomenon of rice crop production produced may result in a high percentage of rice plants were uprooted. Observations at the site showed that the number of rice plants were uprooted as many as 50% of the total population. Because of the incident, the rice harvest is done more quickly than it should. Inpari harvest age - 13 is at the age of 92 days after planting. The high percentage of rice plants were uprooted thought to be caused by a lack of supply of potassium and phosphorus in rice plants, causing rice crop easily collapse. Its needs further research.

5 CONCLUSIONS

The use of compost and bio urine can increase vegetative and generative growth of rice plants. In rice plants with compost treatment at 60 days after planting recorded plant height 127 cm, 28 cm panicle length, number of tillers per hill 19, and BWD scale 4. While the rice plants were treated without the use of compost at 60 days after planting record plant height 116 cm, 26 cm panicle length hst, the number of 10 tillers per hill, BWD scale of 3.5. Application of treatments the addition of compost and bio urine on rice crops Inpari-13, delivers 10.4 tons / ha. Meanwhile, in the treatment without compost and bio urine only yields as much as 6 tons / ha. The use of compost and bio urine in rice, increased rice harvest up to 121%. In subsequent studies necessary to add potassium and phosphorus are sourced from organic materials and chemicals so that the level of the rice plants were uprooted can be reduced.

ACKNOWLEDGEMENTS

Acknowledgements to the Cooperative Innovation Village North Sumatra, which has funded this research. Thanks are also given to UNIMED that facilitate this research to be included into the scheme of community service. We also like to thank Abdul Hadi Hasibuan who have helped this research in the field.

REFERENCES

- [1] Balitbangtan RI. 2013. Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT) Padi Sawah Irigasi. Kementerian Pertanian. Jakarta.
- [2] BPS Kab.Madina. 2014. Mandailing Natal dalam Angka. BPS Madina. Panyabungan
- [3] BPS Provinsi Sumut 2015. Sumatera Utara dalam angka, BPS BPS Provinsi Sumut. Medan
- [4] Supartha, I.N.Y., Wijana,G., Adnyana, G.M., 2012. Aplikasi Jenis Pupuk Organik pada Tanaman Padi Sistem Pertanian Organik. E-jurnal Agroekoteknologi Tropika Vol 1, No.2. Hal 98-106. Unud. Bali. ISSN 2301-6515.
- [5] Alavan, A., Hayati, R., Hayati, E., 2015. Pengaruh Pemupukan Terhadap Pertumbuhan Beberapa Varietas Padi Gogo (Oryza sativa L.). J.Floratek 10:61-68.
- [6] Nurrahma, A. H. I., Melati, M. 2013. Pengaruh Jenis Pupuk dan Dekomposer terhadap Pertumbuhan dan Produksi Padi Organik. Bul. Agrohorti 1 (1):149 – 155.
- [7] Santosa. Dawam, M. M.,Sisca, F. 2014. The Effect of Solid Fertilizers and Biourine Application on Plants Rice Cv Ciherang at Ngujung, Batu, East Java. J. of Life Science Vol 1 No.2: 146-153. Universitas Brawijaya.
- [8] Ciptadi, D., Suwanto, Hamim. 2009. Pengaruh Aplikasi Berbagai Sumber Pupuk Organik Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Padi Gogo (Oryza Sativa L.). Makalah Seminar Departemen Agronomi dan Hortikultura Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
- [9] Kustiono, G., Indarwati. Herawati, J. 2012. Kajian Aplikasi Kompos Azolla dan Pupuk Anorganik Untuk Meningkatkan Hasil Padi Sawah (Oryza Sativa L.). Seminar Nasional: Kedaulatan Pangan dan Energi Fak. Pertanian, Universitas Trunojoyo, Madura.
- [10] Sennang, N. R., Syam'un E., Dachlan, A. 2012. Pertumbuhan dan Produksi Padi yang diaplikasi Pupuk Organik Dan Pupuk Hayati. J. Agrivigor 11(2): 161-170. ISSN 1412-2286.
- [11] Mungara, E., Indradewa, D., Rogomulyo, R., 2013. Analisis Pertumbuhan dan Hasil Padi Sawah (Oryza Sativa L.) pada Sistem Pertanian Konvensional, Transisi Organik, dan Organik. Vegetalika Vol.2 No.3: 1-12.
- [12] Kaderi, H. 2004. Pengamatan percobaan bahan organik terhadap Tanaman padi di rumah kaca. Prosiding Temu Teknis Nasional Tenaga Fungsional Pertanian Tahun 2004: 164-170.
- [13] Erythrina, Zaini, Z. 2014. Budidaya Padi Sawah Sistem Tanam Jajar Legowo: Tinjauan Metodologi Untuk Mendapatkan Hasil Optimal. J. Litbang Pert. Vol 11 No.2: 79-86.
- [14] Mezuan, I. P Handayani dan E. Inorah. 2002. Penerapan Formulasi Pupuk Hayati untuk Budidaya Padi Gogo: Studi Rumah Kaca. Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia. Volume 4 No. 1 Hal 27-34.
- [15] Purwanto. 2009 Pertumbuhan dan Hasil Empat Varietas Padi (Oryza sativa L.) Pada Sistem Pertanian Organik, Semiorganik dan Pertanian Konvensional. Thesis Agronomi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- [16] Widodo, M., Chozin, Mahmudin. 2004. Hubungan Pertumbuhan dan Hasil Beberapa Kultivar Padi Lokal Pada Tanah Gambut dengan Pemberian Dolomit. Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia, Vol.6. No.2: 75-82.

SPENDING IN SOCIAL SECTORS: PUBLIC FINANCE AND CORPORATE SOCIAL RESPONSIBILITY IN INDIA

DEBABRATA DAS and BIBEKANANDA DAS

INDUS BUSINESS ACADEMY,
Plot No. 44, Knowledge Park-III,
Greater Noida-201308, Uttar Pradesh, 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 introduction of Corporate Social Responsibility (CSR) in India in a statute is projected as a path-breaking initiative in the process of inclusive growth. As authentic data is likely to be available only during October-December, 2015, we have a quick look on the trends and volumes of Government expenditure in similar social sectors, and the size of the resources that might be available for such efforts under CSR, by a conservative estimation using published figures, in an effort to de-mystify the concept, its reach and the real purpose it could serve.

KEYWORDS: Corporate Social Responsibility, Government Spending, Sustainability Sectors.

INTRODUCTION

With the increased global focus on achieving sustainable development, the concept of Corporate Social Responsibility (CSR), emerges as the voluntary commitment of the business towards the attainment of the sustainability objectives for the creation of economic, social, environmental and human well being (Moscardo et al, 2013). Under the sustainability synthesis, the World Commission on Environment and Development, explained CSR, “by maximizing synergies and minimizing trade-offs between economic, social, and environmental stakeholder interests, businesses are expected to voluntarily contribute to the equally universal guiding vision known as sustainable development, i.e. development that meets the needs of current generations without compromising those of future generations”. Corporate Social Responsibility (CSR) as “a concept whereby companies integrate social and environmental concerns in their business operations and in their interaction with their stakeholders on a voluntary basis” (European Commission, 2011). To them, corporate social responsibility concerns actions by companies over and above their legal obligations towards society and the environment. Certain regulatory measures create an environment more conducive to enterprises voluntarily meeting their social responsibility.

CSR management practices are often considered as strategic or instrumental responses to the corporate environment, in particular to the expectations and pressures of corporate stakeholders which differ between world regions and/or countries (Mitchell, 1998). Thus, the clear meaning and definition of CSR remains debatable amongst the academicians and the business researchers, as well. The World Business Council for Sustainable Development (2000), in its publication “Corporate Social Responsibility: Making Good Business Sense” has set the concept in perspective. It has concluded that a coherent CSR strategy, based on integrity, sound values and a long-term approach, offers clear business benefits to companies and a positive contribution to the well-being of society and that it, provides the opportunity to demonstrate the human face of business. It also calls upon companies, in implementing their CSR strategies, to “recognize and respect local and cultural differences, whilst maintaining high and consistent global standards and policies; and finally, being responsive to local differences means taking specific initiatives”.

Jeucken (2004), points out that the role of CSR in the real world encompasses (i) ethical behaviour, (ii) economic development, (iii) improving quality of life of (a) workforce, (b) the local community, and (c) the society at large. Social Responsibility is an integral part of the wealth creation process, which if managed properly should enhance the

competitiveness of the business and maximize the wealth of the society. Nixon Omoro et al. (2014) conclude that it is “the community component that is highly visible to most people and this gives companies the much sought enviable public image. Companies are involved in various acts such as sports, environment conservation, health, education, training leadership and governance. CSR is not just a goodwill gesture by organizations but it’s a prerequisite for good corporate leadership and governance as well as sustained operation and profitability. It’s a corporate competitive marketing strategy for many organizations.”

A close inspection into the common elements of the above conceptualizations of the CSR suggests that, CSR goes beyond ethics and governance and suggests that businesses can make a significant positive contribution to sustainability through voluntary and proactive approaches to social and environmental issues. Under the sustainability synthesis, the profit of the business is sustained when it is associated with the social, human and environmental wellbeing (Moscardo et al, 2013). Thus, the most important feature of CSR is for businesses to distinguish the responsibilities of stakeholders exterior to shareholders with the increasing recognition of the triple-bottom line: People, Planet and Profit.

CSR IN INDIA: A PARADIGM SHIFT

In India, CSR was hitherto considered as a corporate response to societal demands, and in that sense a voluntary activity. This spirit was reflected in the guidelines issued by the Ministry of Corporate Affairs in 2009. It was expected that as the Government is leading the gigantic national development initiative, the corporate sector in India would walk step in step with the Government to discharge their responsibilities towards national development. Subsequently, the Ministry up scaled the commitment levels to include Social and Environmental concerns as part of responsibilities of companies. These guidelines, popularly known as National Voluntary Guidelines (NVGs), still continued to be voluntary (Ministry of Corporate Affairs, 2011). However, the Securities and Exchange Board of India (SEBI) mandated in 2012 the inclusion of Business Responsibility Reports (“BR reports”) as part of the Annual Reports for listed entities. These were regarding the disclosures only, and neither any obligation on spending money nor on adoption of any particular practices were made mandatory by the SEBI. These were soft-means to influence the corporate sector to adopt the set of principles laid down in the NVGs. It may be mentioned that in the NVGs, CSR was considered as only one part of business responsibility: “Accordingly, the Guidelines use the terms ‘Responsible Business’ instead of Corporate Social Responsibility (CSR) as the term ‘Responsible Business’ encompasses the limited scope and understanding of the term CSR” (Ministry of Corporate Affairs, Government of India, 2001).

With the enactment of Companies Act 2013, India became the first country to have placed Corporate Social Responsibility in the statute. Section 135 of the Companies Act, 2013 requires companies having a net worth of Rs. 500 Crore or more, or turnover of Rs. 1,000 Crore or more, or having a net profit of Rs. 5 Crore or more to constitute a CSR Committee, to formulate a CSR Policy and spend at least 2% of the average net profits earned during the three preceding years on CSR activities.

Schedule VII to the Companies Act, 2013 gives a list of areas, which is to be liberally interpreted, in which CSR activities may be undertaken. The Companies (CSR Policy) Rules, 2014 were also notified, and the Section 135, together with the Schedule and the Rules, came into force since 1st April, 2014. Thus, 2014-15 was the first year of implementation of statutory CSR in India.

The focus under the new regulations is on the execution of CSR projects. The organizations can otherwise make contributions to the Prime Minister’s national relief fund or specific Funds set up by the Government, including the Swachh Bharat Kosh and the Clean Ganga Fund. Projects with the intended to benefit only the employees and their families; or activities undertaken in the normal course of business would not be counted towards CSR. The company should undertake the activities itself or through an implementing agency with three years’ standing and with a clear arrangement for monitoring and evaluation.

PROBLEM DEFINITION

With the implementation of statutory CSR under the prescribed provisions in schedule VII of the Indian Companies Act, 2013, India has become the first world country to mandate a minimum spend of 2% of the net profit by the corporations towards the CSR initiatives. However, with the given Indian complexities of multiple economic and social challenges, the future success of the mandated CSR model remains questionable.

The question is, “Can government-mandated CSR be a social development path for a nation in which over 900 million have a mobile connection but only 600 million (36% of the population) has access to a clean toilet?” (Prasad, 2014) While the current CSR spending by the top 100 Indian companies is estimated at ₹0.6bn per annum, the Indian Institute of Corporate

Affairs anticipates that about 6,000 Indian companies will be required to undertake CSR projects in order to comply with the new guidelines, with many companies undertaking these initiatives for the first time. Some estimates indicate that the CSR spends in India could triple to £1.8bn a year (PWC, 2013).

OBJECTIVES

- To evaluate CSR generated inclusive growth prospects by making a quantitative comparison between the scheduled government spending on sustainability sectors and the projected CSR spending.
- To recommend the right path for the CSR spending in order to ensure the attainment of the objectives of inclusive growth.

CSR SPENDING

CLARIFICATIONS AND PUBLIC PERCEPTION

The essence of the new Act and the Rules is that the money remains in the hands of the Company, which has to spend the said amount for executing activities/ projects as approved by the Board of the company itself. The money forms no part of public fund. The only requirement is that they should be transparent, and make the mandatory disclosures in their Board's Report due after the close of the financial year.

At the time of publication of this research article, the companies will be filing their annual accounts for the financial year 2014-15, the first year of the new provisions. Authentic information about CSR policies of companies covered by Section 135(1) of the Companies Act, 2013, data on money allocated by them across projects, actual expenditure should be available in October-December, 2015 as has been indicated by the Ministry of Corporate Affairs in response to several parliament questions on the subject.

In this paper a thumb rule has been applied to arrive at some indicative figures of CSR expenditure for the year 2014-15. It may be noted that profits earned by the companies during the three years 2011-12, 2012-13, and 2013-14 form the basis for determining the CSR liability for the year 2014-15. In absence of profit numbers of all the eligible companies, the revenue receipts of the union government under the head "corporation tax" has been taken as the basis in this exercise (Receipts Budget, 2013-14, 2014-15). The corporation tax (basic) rate is 30% for Indian companies, and 40% for foreign companies. Surcharges and Cess are imposed after corporation tax, which we are not considering in this Paper.

The following algebraic formulations have been used, in arriving at an upper bound for CSR liability of the corporate sector for the years 2014-15 and 2015-16. In what follows, "current year" is taken as time 0.

T_n stands for the corporation tax collected in the year n (If the actual tax collection figures are not available, we take the Revised Estimates or Budget Estimates, whichever is the latest figure available for that year). Needless to mention, corporation tax does not include the surcharge and education cess thereon.

I_n stands for the net profits before tax earned by profit-making Indian companies in the year n .

F_n stands for the net profits before tax earned by profit-making foreign companies having place of business in India in the year n .

Obviously, being sums of positive numbers, $I_n > 0$ and $F_n > 0$, for any given year n .

We propose to derive upper limits on $I_n + F_n$, as we do not have direct estimates of either of them.

The tax collected in the year n is $T_n = 0.3I_n + 0.4F_n$ (1)

Consider $(I_n + F_n) < (\{0.3I_n + 0.3F_n\}/0.3) + (0.1F_n/0.3) = (T_n/0.3)$ (2)

So, $T_n/0.3$ is, thus, an upper bound on $I_n + F_n$, the total profits earned by all profit-making Indian and Foreign Companies in India in the year n .

The CSR liability is to be computed with respect to profits before tax earned by the companies during the past three years. Further, not all companies are required to perform CSR activities. Ignoring these two factors for a while, we are looking at the figure:

$$[I_{-3} + F_{-3} + I_{-2} + F_{-2} + I_{-1} + F_{-1}] / 3 \times (2/100) \quad (3)$$

We proceed to derive an upper bound on the amount that can at all be required to be allocated by companies under CSR as per Section 135 of the Companies Act, 2013. From (2), the quantity at (3) is less than

$$[(T_{-3} + T_{-2} + T_{-1})/0.3]/3 \times (2/100) = (T_{-3} + T_{-2} + T_{-1})/4.5 \quad (4)$$

In other words, the CSR liability of all the companies for the current year would be no more than $(T_{-3} + T_{-2} + T_{-1})/4.5$.

It may be noted that the 'average net profit' is to be computed with reference to Section 198 of the Act, and not as per the usual definition of 'profit before tax'. The sum to be arrived at under Section 198 is less than that arrived at under the usual calculations of 'profit before tax'. Proceeding from the figures of taxes received (or the latest available figure, i.e., revised estimates or budget estimates, in case actual collection is not known for a given year) by the Government, we derive an upper bound for the sum total of all profit before tax of all profit-making companies.

Again, under the CSR Rules, certain types of profits/income (e.g. dividends received from other companies in India covered under Section 135 of the Companies Act, 2013), even though taxable under corporation tax etc., are not to be counted towards determining liability under CSR. Thus, the upper bound derived by us, is considerably larger than the CSR liability of all companies for the current year.

The upper bounds on CSR liability of companies for 2014-15 and 2015-16, taking the revised estimates for 2013-14 and budget estimates for 2014-15 of tax collection, are Rs. 21,505 Crore and Rs. 23,881 Crore, respectively.

Table 1 (Figures in Rs. Crore)

Sl. No.	Particulars	2011-12 (Actual)	2012-13 (Actual)	2013-14 (RE)	2014-15 (BE)	2015-16
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1.	Corporation tax	298529	315290	353899	405434	-
2.	Total profit before tax of all companies is less than :	995097	1050967	1179663	1351447	-
3.	2% of all PBT is less than :	19902	21019	23593	27029	-
4.	$T_{-3} + T_{-2} + T_{-1}$				967718	1074623
5.	Upper bound on CSR liability of all companies [$= (T_{-3} + T_{-2} + T_{-1})/4.5$]	-	-	-	21505	23881

GOVERNMENT SPENDING ON THE SOCIAL SECTOR

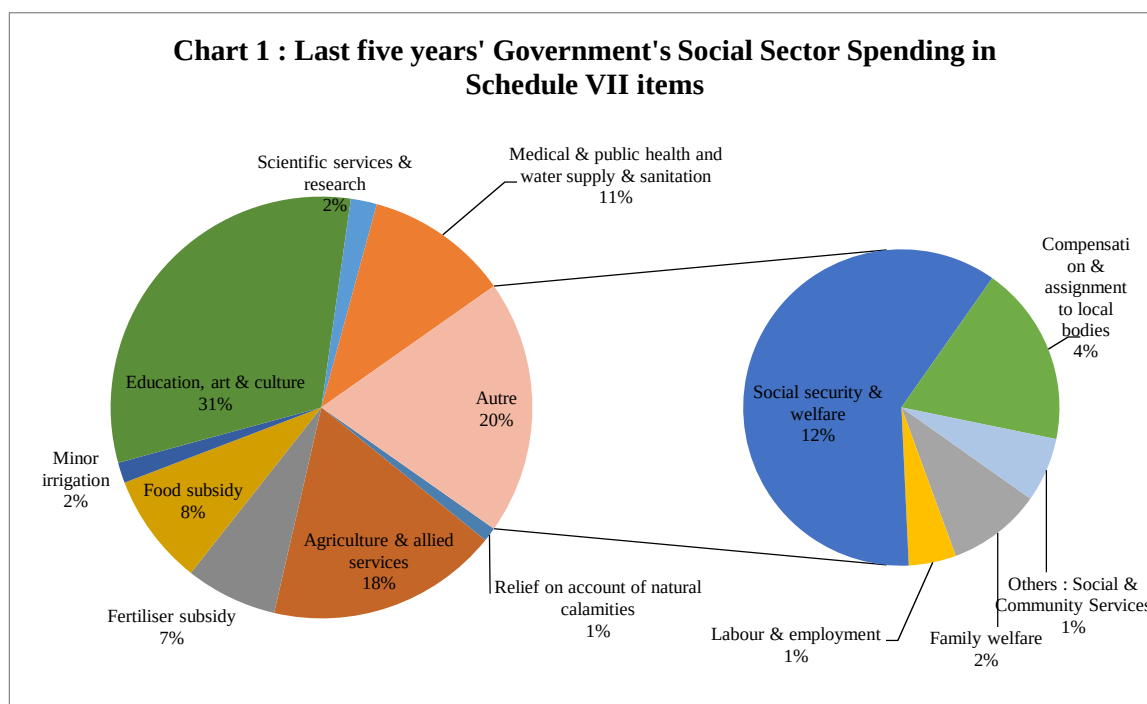
Part IV of the Constitution of India lays down the Directive Principles of State Policy, which are fundamental in the governance of the country. The governments at the central, state and local levels have social sector priorities and have specific areas depending on the division of subjects in Schedules VII, XI and XII to the Constitution. While most of the entries in Schedule XI to the Constitution are directly relatable to the items listed under the Schedule VII of the Companies Act, 2013, the items in the other two schedules to the Constitution are to be classified according to the intended impact for economic development, sovereign functions and social sector development. It will be appreciated that it is most often difficult to distinguish expenditure meant for economic development from those intended for social sector development. However, we have taken a broad-based and rough classification for arriving at certain estimates of Government's expenditure on social sector items, listed in Schedule VII of the Companies Act, 2013.

The expenditure of the Government in the past few years in the areas/fields relatable to eleven items in Schedule VII, and the corresponding figures of GDP at current market prices are given **Table 2** below (Ministry of Finance, 2015).

Table 2. Combined Expenditure of Centre and States (Rs. Thousand crores)

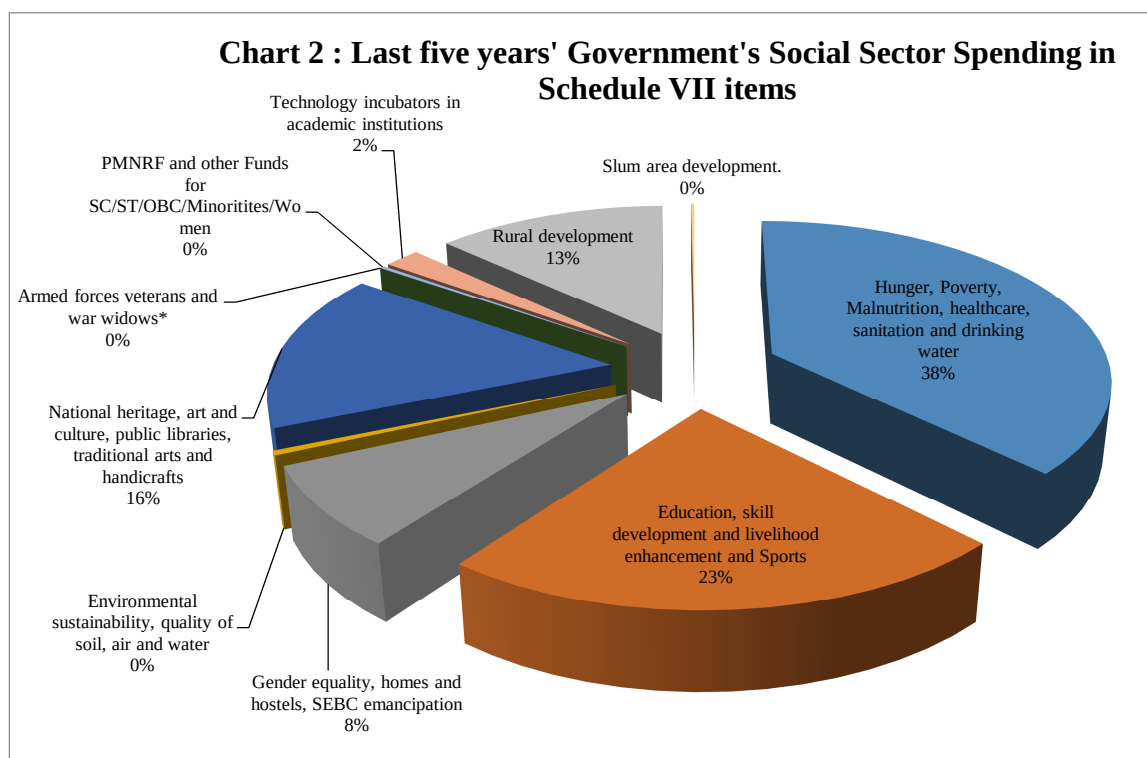
Item of Combined Government Expenditure	Entry in Sch. VII	1995-96	1996-97	1997-98	1998-99	1999-00	2000-01	2001-02	2002-03	2003-04	2004-05
Relief on account of natural calamities (P+NP)	i, iv, viii, x	2.02	1.93	2.16	2.07	2.48	3.72	4.85	3.95	4.37	5.10
Agriculture & allied services	i, x	21.64	22.87	26.28	33.08	36.32	35.14	39.38	40.17	45.74	51.28
Fertilizer subsidy	I	6.24	5.91	7.32	7.81	8.96	9.49	8.09	7.79	8.52	10.99
Food subsidy	I	5.72	6.42	7.91	9.01	9.95	12.55	17.90	24.79	25.91	24.48
Minor irrigation	I	2.48	2.81	2.81	3.08	2.86	2.89	3.10	3.00	3.55	4.74
Education, art & culture	ii, v	32.35	37.15	42.31	52.70	63.17	63.76	67.88	71.12	76.16	85.72
Scientific services & research	Ix	2.28	2.61	3.03	3.44	3.83	4.24	4.97	5.48	6.10	7.56
Medical & public health and water supply & sanitation	I	12.45	14.29	16.87	20.58	22.70	24.36	25.25	26.50	29.25	33.77
Family welfare	Iii	1.83	1.83	2.13	2.22	2.67	2.83	3.18	2.92	3.67	3.93
Labour & employment	Ii	1.24	1.37	1.60	1.79	2.08	2.08	2.00	1.97	2.22	2.49
Social security & welfare	ii, iii	8.88	9.68	10.74	12.39	13.44	15.01	15.17	14.79	17.19	20.25
Compensation & assignment to local bodies	X	1.36	1.74	2.95	3.38	4.54	4.71	4.64	6.05	6.83	8.05
Others : Social & Community Services	i - v, x, xi	0.92	1.12	1.17	1.58	1.37	1.15	1.75	2.17	2.59	2.83
Government's Social Sector Spending in Schedule VII items		99.39	109.75	127.28	153.14	174.37	181.92	198.17	210.71	232.12	261.20
Total Government Expenditure, incl. net lending		287.50	319.85	367.76	442.82	513.96	544.83	604.76	656.44	745.83	821.07
GSSS Sch VII as proportion of Government Expenditure		34.57%	34.31%	34.61%	34.58%	33.93%	33.39%	32.77%	32.10%	31.12%	31.81%
GSSS Sch VII as proportion of GDP (CMP)		8.10%	7.73%	8.09%	8.49%	8.62%	8.35%	8.41%	8.31%	8.17%	8.06%
Total Government Expenditure as proportion of GDP		23.44%	22.54%	23.39%	24.56%	25.40%	25.02%	25.67%	25.88%	26.25%	25.32%
GDP current market prices		1226.72	1419.28	1572.39	1803.38	2023.13	2177.41	2355.85	2536.33	2841.50	3242.21
Relief on account of natural calamities (P+NP)	i, iv, viii, x	7.98	7.09	5.95	7.34	7.97	7.48	13.89	11.03	10.22	
Agriculture & allied services	i, x	58.43	70.97	85.36	120.58	127.09	144.64	150.91	188.66	212.83	
Fertilizer subsidy	I	19.67	26.22	32.49	76.60	61.26	62.30	70.79	65.97	65.97	
Food subsidy	I	24.24	25.13	32.71	46.29	62.12	67.63	76.92	90.75	99.85	
Minor irrigation	I	5.34	8.47	6.70	7.63	10.09	12.13	13.05	17.04	20.35	
Education, art & culture	ii, v	98.18	117.31	126.53	160.28	201.15	248.79	283.23	342.16	384.38	
Scientific services & research	ix	8.34	9.18	10.39	13.05	15.80	17.81	17.81	18.15	23.80	
Medical & public health and water supply & sanitation	I	39.62	45.80	51.75	61.06	75.67	86.51	95.07	116.31	136.81	
Family welfare	Iii	5.86	7.26	9.01	11.10	13.37	15.53	17.45	18.46	22.37	
Labour & employment	Ii	2.92	4.38	3.85	4.63	5.49	6.53	7.65	11.49	12.99	
Social security & welfare	ii, iii	27.10	30.95	49.16	68.31	83.79	99.53	100.30	123.70	141.04	
Compensation & assignment to local bodies	X	9.91	13.94	16.72	18.70	20.71	25.69	32.04	40.31	48.29	
Others : Social & Community Services	i - v, x, xi	3.72	4.50	5.20	6.80	7.24	9.40	9.24	14.57	18.98	
Government's Social Sector Spending in Schedule VII items		311.33	371.21	435.82	602.38	691.76	803.96	888.35	1058.62	1197.87	
Total Government Expenditure, incl. net lending		929.21	1084.22	1239.23	1507.11	1810.38	2106.04	2347.83	2728.41	3191.66	
GSSS Sch VII as proportion of Government Expenditure		33.50%	34.24%	35.17%	39.97%	38.21%	38.17%	37.84%	38.80%	37.53%	
GSSS Sch VII as proportion of GDP (CMP)		8.43%	8.64%	8.74%	10.70%	10.68%	10.33%	9.86%	10.47%	10.55%	
Total Government Expenditure as proportion of GDP		25.16%	25.25%	24.85%	26.77%	27.95%	27.06%	26.06%	26.98%	28.11%	
GDP current market prices		3693.37	4294.71	4987.09	5630.06	6477.83	7784.11	9009.72	10113.28	11355.07	

The relative shares of various heads of Government's social sector spending on items relatable to entries in Schedule VII of the Companies Act, 2013 during the past five years on these items is given in **Chart 1**.



It is of interest to note that the figure for Government's Social Sector Spending in Schedule VII items during 2013-14 stood at close to Rs. 11.97 lakh crore, while the total profits earned by all companies, Indian and foreign, during 2013-14, was no more than Rs. 11.79 lakh crore. Obviously, even if all companies were to allocate 2% of their net profits before tax for CSR, their CSR expenditure would not even be of the order of 2% of what the Government is spending on such and similar items.

As a quick estimation, we have roughly classified Government's social sector spending on items relatable to entries in Schedule VII of the Companies Act, 2013 for expenditure on CSR projects. This classification is subject to the fringe areas being included (such as administrative/ litigation expenses etc.) or excluded (such as schools under the Armed Forces and Railway colleges, benefits for ex-servicemen, war widows etc.), the Government spend on such areas (other than the PMNRF) has risen. The inter-se distribution of such Government expenditure during the past five years on these items is given in **Chart 2**. It may be noted that for the analysis, we have equally distributed the expenditure under heads in Column 1 to the CSR activities in column 2 of **Table 2**.



WHY CSR AND WHITHER CSR

Contrary to popular expectations, the above discussion leads us to a revelation: CSR has neither the heroic nor the panacea role, nor is it a gap-filling idea, given that the companies are not going to add anything more than 2% of what is being spent by Government in these areas already. The foregoing reveals that the role of the concept of CSR is actually something greater than the sum. What CSR is required to do is to perform tasks of great strategic utility.

We are, then intrigued by one question: Why has Parliament included Corporate Social Responsibility in mandatory pithy language, without directly imposing penalties for violation, that too in the Companies Act, which is not primarily a social or beneficial legislation? It has taken some amount of effort to understand this, in the face of the fact that the resource it opens up is less than 2% of what it has authorized the government to spend on such themes, projects and activities. It is clear that CSR initiatives of private sector are not be seen only in terms of their financial contributions on social sector.

From the sum-total of the discussion here, we would like to surmise that Parliament has desired that the companies:

- (i) Should look after the interests of, and engage in dialogue with, all stakeholders, not just their shareholders, while making their strategies for investment, procurement, operations and marketing and managing their value chain;
- (ii) Should take questions of transparency, accountability, ethical business, economic development and improvement of lives, as a holistic endeavor, and to touch upon each aspect as part of a coherent strategy, debunking the notion that CSR is charity;
- (iii) Should integrate the concerns of responsible business (relating to specific sections of the society, environmental issues and their business concerns) into the way they organise their business, their work-culture, decision-making processes; and
- (iv) Should create organizational structures embedding CSR that keeps track of the needs of the local community, whose pressing needs they could meet by innovation and by developing cost-effective local area-specific solutions.

In other words, Parliament wishes CSR to become a way of life in corporate existence, to integrate creation of wealth and improve the living conditions in the society, and it is probably best achieved as part of corporate governance. More importantly, the law requires that this effort has to come from the heart and soul, and not to comply with a provision carrying a thunder-bolt of authority, or under compulsion.

REFERENCES

- [1] Ashok Prasad (2014) India's new CSR law sparks debate among NGOs and businesses.
Available: www.theguardian.com/sustainable-business/india-csr-law-debate-business-ngo
- [2] European Commission (2011) <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0681:FIN:EN:PDF>
- [3] Jeucken, M. H. (2004) Sustainability in Finance: Banking on the Planet, *Eburon Academic Publishers: The Netherlands*.
- [4] Ministry of Corporate Affairs, Government of India (2009) Corporate Social Responsibility Voluntary Guidelines.
- [5] Ministry of Corporate Affairs, Government of India (2011) National Voluntary Guidelines on Social, Environmental and Economic Responsibilities of Business.
- [6] Ministry of Corporate Affairs, Government of India (2001)
mca.gov.in/Ministry/latestnews/National_Voluntary_Guidelines_2011_12jul2011.pdf
- [7] Ministry of Finance (2015) Indian Public Finance Statistics, 2004-05, 2007-08 and 2014-15
- [8] Moscardo, Gianna, Geoffrey Lamberton, Geoffrey Wells, Wayne Fallon, Phillip Lawn, Anna Rowe, Jacquelyn Humphrey, Retha Wiesner, Brad Pettitt, Don Clifton, (2013) Sustainability in Australian Business: Principles and Practice, *Wiley-Blackwell, Milton, Old*.
- [9] Mitchell, R. K., B. R. Agle and D. J. Wood (1998) Toward a Theory of Stakeholder Identification and Salience: Defining the Principle of Who and What Really Counts.
- [10] Nixon Omoro, HellenKinyua, Kennedy Okiro (2014) Investment in Corporate Social Responsibility and Sustained Growth in Commercial Banks in Kenya, *Journal of Emerging Issues in Economics, Finance and Banking*, Vol: 3 Issue 2 (ISSN: 2306-367X)
- [11] PWC (2013) Handbook On Corporate Social Responsibility in India.
Available: www.pwc.in/assets/pdfs/publications/2013/handbook-on-corporate-social-responsibility-in-india.pdf
- [12] Receipts Budget, 2013-14 and Receipts Budget, 2014-15, Government of India.
- [13] Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future (1987) *Oxford University Press*, also at www.un-documents.net/our-common-future.pdf
- [14] Securities and Exchange Board of India (2012) Circular No. CIR/CFD/DIL/8/2012 dated 13.08.2012.
- [15] The World Business Council for Sustainable Development (2000)
www.wbcsd.org/Pages/EDocument/EDocumentDetails.aspx?ID=83, January, 2000.

Botanical study, comparison of antifungal activity leaves of *Aspilia africana* (Pers.) CD Adams var. *africana* and *Acanthospermum hispidum* DC. on the *in vitro* growth of *Cryptococcus neoformans* and study of their toxicity on human cells HFF

YAPI Adon Basile¹, YAYE Yapi Guillaume^{2,3}, CAMARA Djeneb¹, and ZIRIHI Guédé Noël¹

¹Botanical Laboratory, UFR Biosciences, Félix HOUPHOUET BOIGNY University, PO Box, 582, Abidjan 22, Côte-d'Ivoire

²Biochemical-Microbiology Laboratory, UFR Agroforesterie, Jean Lorougnon Guédé University of Daloa, PO Box, 150, Daloa, Côte d'Ivoire

³Pharmacodynamic-Biochemical Laboratory, UFR Biosciences, Félix HOUPHOUET BOIGNY University, PO Box, 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: An ethnobotanical survey conducted in the Autonomous District of Abidjan (Côte d'Ivoire), showed that *Aspilia africana* and *Acanthospermum hispidum* are two species mentioned recurrent way in several therapeutic prescriptions. To facilitate the recognition of these two species and to identify them on the ground, this study was conducted and allowed to do their botanical description followed by an exploration of their antifungal activity. Those two Asteraceae are known to be crops rainy weeds. *A. hispidum* is an erected annual herb with several ramifications. This plant is remarkable for its hispid nature and especially by its very spiny achenes. As for *A. africana*, it is a hardy and untidy herb, to stem steep, with rigid stalk and several ramifications and rough on touch. It is distinguished for its bright yellow florets and its quadrangular achene covered with hard and fine hairs. Both plants have antifungal activity *in vitro* against *Cryptococcus neoformans*. Among the tested extracts, the FE70 % extracts (FE70 %_{Aa} and FE70 %_{Ah}) showed very good activities. The FE70 %_{Ah} extract is the most active with CMF = 12500 µg/mL and an IC₅₀ = 1280 µg/mL. At this concentration, *A. hispidum* is not toxic to human cells HFF unlike *A. africana* which shows a very high toxicity.

KEYWORDS: *Aspilia africana*, *Acanthospermum hispidum*, *Cryptococcus neoformans*, antifungal activity, human cells HFF, toxicity.

1 INTRODUCTION

With the advent of HIV/AIDS, there is an excessive progression of many diseases called opportunistic. Of these infections, candidiasis, dermatophytes, pneumocystoses, aspergillosis and cryptococcosis are fungal infections in very strong upsurges [1]. These infections have nowadays become a real public health problem. Despite considerable progress made in last years in the treatment of invasive fungal infections, thanks to the therapeutic arsenal, these diseases are increasingly difficult to eradicate [2], [3].

In addition, Renal toxicity presented by some modern drugs of references, proved inefficiency of other drugs responding to these diseases and the inaccessibility of these drugs in our population due to their high costs, are for developing country a real concern [3].

In response to this concern like worldwide researchers, our laboratories were oriented towards new therapeutic research, based on plants that would be effective against fungal infections, cheaper and accessible to all. So after ethnobotanical survey, plant species *Aspilia africana* and *Acanthospermum hispidum*, two medicinal Asteraceae, were

selected to evaluate their antifungal activity. Otherwise, note that many pharmacological, phytochemical and toxicological researches had been conducted by researchers to verify and justify the traditional use of these two plants. Thus *A. hispidum* has been scientifically studied for its antimicrobial properties ([4], [5], [6]), abortive and teratogenic ([7], [8]), antimalarial ([9], [10], [11]), immunostimulatory [12], antitrypanosoma, antileishmania, antitrichomonal ([11], [13], [14]). It was reported that *A. hispidum* contains certain chemical compounds such as lactones and sesquiterpenes ([15], [16]). Glycosides and flavonoids have been reported to be inside the aerial part of the plant [17]. It is the same for *A. africana* which has been studied for its antimicrobial activities ([18]), anti-ulcer ([19]), anti-inflammatory ([20]), parasitic ([21], [22], [23]), reproductive ([24]). The chemical test of this plant ([18], [25]) and its toxicologic one ([26], [27]) had been done. Besides to this study, our research team take great interest in antifungal properties and the selected biological target is *Cryptococcus neoformans*. It is an encapsulate and mucilaginous yeast. It is an opportunist germ, very virulent in case of waning immunity, especially in patients with HIV/AIDS ([1]). It can lead to skin, systemic and neuromeningeal infections and cryptococcal septicemia. *C. neoformans* is also known for his resistance of modern drugs (amphotericin B, terbinafine, fluconazole,...) [28]. These reasons justify the choice of this fungal germ to evaluate the extracts antifungal potency of these two plants.

This article has two objectives :

- make a complete botanical description of these two plants to facilitate their identification on the ground;
- make an antifungal exploration extracts of the leaves of both weeds and assess their toxicity.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 MATERIAL

2.1.1 VEGETAL MATERIAL

The plant material is made from the leaves of *Aspilia africana* (Pers.) C.D. Adams var *africana* and of *Acanthospermum hispidum* DC., two Asteraceae collected in the autonomous district of Abidjan in August 2014. Their identification was performed at the National Floristic Centre (CNF) from the University Félix Houphouët-Boigny Abidjan-Cocody where samples are preserved.

2.1.2 CULTURE MEDIUM

Sabouraud medium (HIMEDIA/Ref : M1067-500G Lot 0000215703) was used for the culture of fungal germ.

2.1.3 FUNGAL GERM

The microbial strain is a fungal germ (*Cryptococcus neoformans*) provided by the Mycology Laboratory at Institut Pasteur (IPCI) (Abidjan, Côte d'Ivoire). It was isolated from cephalorachidian liquid in a patient from the department of infectious diseases at Hospital University Center of Treichville (Abidjan, Côte d'Ivoire).

2.1.4 CELLULES HFF

The cells HFF (Human Foreskin Fibroblasts) used for this work were provided by the Adaptation and Pathogenesis of Microorganisms Laboratory (LAPM) at Grenoble (France).

2.2 METHODS

2.2.1 BOTANICAL DESCRIPTION OF TWO PLANTS

The botanical description take into account : the general appearance of the plant ; the size, shape, and arrangement of leaves ; the type and arrangement of the curds on the stalk, the section of the stalk ; the type, shape and appearance of the fruit.

2.2.2 PREPARATION OF PLANT EXTRACTS

The leaves of these two species were dried separately in the Laboratory for two weeks and reduced to a fine powder using an electric grinder type IKA Labortechnik (MFC type).

Preparation of aqueous total extracts (ETA) : the preparation of these extracts was performed using the method described by [29] which consists in macerating 100 g of plant powder of each species in 1L of sterile distilled water using a blender Blinder type 7 SEVEN STAR. The homogenates were filtered over hydrophilic cotton and then on filter paper Whatman 3 mm. The aqueous filtrate thus obtained are evaporated in an oven type Med Center Venticell at 50°C to obtain powders that constitute the aqueous extracts (ETA_{Aa} for *Aspilia africana* and ETA_{Ah} for *Acanthospermum hispidum*).

Preparation of ethanolic fractions 70 % (FE70 %) and aqueous residual fractions (FRA) : these fractions were obtained separately by dissolving 5 g of each ETA in 100 mL of a ethanol 70 % solution and then homogenized. After decantation and filtration of the alcoholic fraction on hydrophilic cotton and on filter paper Whatman 3 mm, the filtrate collected is evaporated in an oven at 50 °C. The powder obtained constitutes the FE70 % extract (FE70 %_{Aa} or FE70 %_{Ah} according to the specy). Likewise the aqueous residual deposit was collected and evaporated in an oven at 50 °C. The powder obtained constitutes the FRA extract and is called FRA_{Aa} or FRA_{Ah} according to ETA.

2.2.3 ANTIFUNGAL TESTS

Preparation of medium culture and extracts incorporation : The culture medium was prepared according to the manufacturer's instructions while taking into account the quantity taken and the incorporation of different extracts prepared medium was made in tubes by the method of double dilution which leads to the obtaining of different concentration from 50 to 0.097 mg/mL according to geometrical connection of 1/2 reason. For each extract, a series of 12 test tubes was constituted with 10 experimental tubes and 2 control tubes of which one without constituting the plant extract of germs growth control and the over without extract and germ, used as a culture medium for sterility control light.

Preparation of the inoculum and sowing of the tubes : The inoculum preparation is made by homogenization of a young colony (48 h) well isolated from *C. neoformans* in 10 mL of sterile distilled water to give a suspension of 10⁰ (10⁶ cells/mL). From this suspension, 1 mL was taken and mixed in 9 mL of sterile distilled water to form the suspension 10⁻¹ corresponding to 10⁵ cells/mL. The 10 experimental tubes and the growth control tube was inoculated with 10 µL of the suspension 10⁻¹.

Sterilization : The 12 tubes of each series were autoclaved (PBI STEOMATIC III) at 121 °C for 15 min and then all the tubes were incubated at 30 °C for 72 hours and then tilted with a small stick to the room temperature to permit cooling and solidification of the agar.

Colonies counting : After the incubation time, the colonies of *C. neoformans* were counted by direct counting with a colonies counter pen type Geiger. The growth in experimental tubes was evaluated as a percentage of survival, calculated at 100 % survival in the control growth control tube. The calculation of the percentage of survival was done according to the following formula :

$$S = (n/N) \times 100$$

(S = Survival of *C. neoformans* percentage ; n = number of colonies in the control tube ; N = Number of colonies in the test tube).

Required antifungal parameters : data processing has determined the following parameters antifungals :

-CMI (Minimum Inhibitory Concentration) : this is the concentration of extract in the tube for which there was no growth visible to the naked eye ;

-IC₅₀ (Concentration for fifty percent inhibition) : is the concentration which gives 50 % inhibition. It is graphically determined from the sensitivity curve plot of each extract of *C. neoformans*;

-Fungicidal (CMF ou CFS) : after 72 hours of incubation, the surface of the agar contained in test tubes having resisted the growth of the fungal isolate was taken slightly then inoculate on a new agar and incubated for 72 h at room temperature. Two cases are possible :

- presence of colonies of *C. neoformans*, the extract is said fungistatic. Thus, it is determined the **CFS** (Concentration Fungistatic) ;
- absence of colonies of *C. neoformans*, the extract is said fungicide. This observation identified the **CMF** (Minimum Concentration Fungicide) which gave 99.99 % inhibition compared to control growth control tube.

2.2.4 TOXICITY TESTS

The HFF cells used for toxicity tests, were cultured at 37 °C, 5 % CO₂ in D10 medium (Dulbecco Minimum Essential Medium, Gibco, supplemented with 10 % fetal calf serum, 1 % glutamine ; 50 U.mL⁻¹ penicillin and 50 µg.µL⁻¹ streptomycin).

To measure the toxicity of ethanol extracts (FE70 %_{Aa} and FE70 %_{Ah}), the cells HFF (Human Foreskin Fibroblasts) were sowed in 96-well plates (*CellStar*) at a rate of 3000 to 5000 cells per well in 100 µL of medium D10. These cells are maintained in culture for 24 hours (dividing cells) or 96 hours (confluent cells). Subsequently they were exposed for 24 hours at different concentrations (0-1000 µg/mL) in the plant extract solubilized in PBS buffer. This was done in three parts. Viability was determined using the 3- (4,5-dimethylthiazol-2-yl) -2,5-diphenyl tetrazolium (MTT). In each well, the MTT is added to a concentration of 500 µg/mL and incubated for 3 h at 37°C. The formazan crystals are solubilized in dimethylsulfoxide (DMSO) 10 mM. The Measurement of the optical density at 544 nm was made using a Safir spectrophotometer (Tecan). This absorbance measurement was used to determine the relative amount of living and metabolically active cells. The results were expressed as percentage of viability compared to the control without plant extract (control) [30].

$$\text{Viability rate} = (\text{Abs}_{544 \text{ nm}} \text{ extract} / \text{Abs}_{544 \text{ nm}} \text{ control}) \times 100$$

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 RESULTS

3.1.1 BOTANICAL DESCRIPTION

The two plant species studied are two qualified weed. They are common to the Guineo-Congolese region and the Sudano-Zambian region. The general appearance of the two plants is presented in Figure 1 and in Table 1 summarizes the morphological details and comparative description of the different organs.

Acanthospermum hispidum is called Saraka-weini in Malinke (Northern ethnic group of Côte d'Ivoire) and Gnéakeyébêko in Bete (West-center ethnic group of Côte d'Ivoire). This is an herb that grows in the fields, pastures, roadsides and piece of waste ground. As for *Aspilia africana*, called Zeu-nanh in Akye (Southern ethnic group of Côte d'Ivoire) and Soumadibrou in Malinke (Northern ethnic group of Côte d'Ivoire). It grows in cultivated fields. It is also found in fallow, especially in the forest area.



Aspilia africana (Pers.) C.D. Adams
var *africana*



Acanthospermum hispidum DC.

Figure 1 : General appearance of the leaves and flower stalks of *Acanthospermum hispidum* and *Aspilia africana*

Table 1 : Description of the two plants

Plant species Described parts	<i>Acanthospermum hispidum</i> DC.	<i>Aspilia africana</i> (Pers.) C.D. Adams var <i>africana</i>
General appearance of the plant	Hispid to dichotomous branching, annual plant Stems with angular section, 30-60 cm high	Hardy herb with ramification Stem with regular section, 60 cm to 1.5 m high
Section of the stem	Quadrangular	circular
Size of leaves	Length: 6 to 8 cm; width: 2 to 4 cm	Length : 6 to 15 cm ; width : 3 to 7 cm
Leaf shape	Oval	Oval-lanceolate
Leaf arrangement	Opposite (sessile)	Opposite
Types of inflorescences	Solitary capitules, inserted in each branch, greenish color	Terminals and solitary capitules Color of the jewels: bright yellow
Type of fruit	Akenes	Akenes
Fruit size	Length : 6 to 8 mm ; width : 3 to 4 mm	Length about 5 cm width : 0,5 to 2 mm
Appearance fruit	Prickly	Quadrangular and covered with hard and thin hairs

3.1.2 YIELD EXTRACTIONS

Maceration with distilled water of *A. hispidum* gives a blackish powder of 17 g (ETA_{Ah}) a yield of 17 % for 100 g of drug. As to the partition, for 5 g of ETA_{Ah} dissolved in 100 mL of ethanolic 70 %, there was obtained 2.61 g of FE70 %_{Ah} that is to say a yield of 52.2 % and 2.14 g of FRA_{Ah} that is to say a yield of 42.8 %.

As for *A. africana*, maceration with distilled water gave a blackish powder of 11 g (ETA_{Aa}) is a yield of 11 % for 100 g of drug. As for splitting for 5 g of ETA_{Aa} dissolved in 100 mL of 70 % ethanol solution, gives 1.44 g of FE70 %_{Aa} that is to a yield of 28.8 % and 3.10 g of FRA_{Aa} that is to say a yield of 62 %.

3.1.3 ANTIFUNGAL TESTS

After 72 hours of incubation at 30°C, we observed compared to control, a gradual decrease in number of colonies of *Cryptococcus neoformans* as and as the concentration of plant extracts increased in experimental tubes. This reduction in the number of fungus colony was more remarkable for the ethanolic extracts 70% (Figure 2). Clear and effective inhibitions were obtained at different concentrations for 70% ethanolic extracts and for ETA_{Aa} extract. On the other hand for ETA_{Ah} and aqueous extract residual (FRA_{Aa} and FRA_{Ah}) it not observe any significant antifungal activity on *C. neoformans* in the concentration range established.

Moreover, among the two ethanol extracts (FE70 %_{Aa} and FE70%_{Ah}) FE70 %_{Ah} showed higher antifungal activity on *C. neoformans* compared with FE70%_{Aa} (CMF = 12.5 mg/mL for FE70%_{Ah}, CMF = 25 mg/mL for FE70 %_{Aa}).

Generally all the extracts had curves showing a decreasing pace with more or less steep slopes. The extracts FE70 %_{Ah}, FE70 %_{Aa}, FRA_{Aa} and ETA_{Aa} have curves with relatively steep slopes, especially that of FE70 %_{Aa}. The lowest slopes are observed with that of ETA_{Ah} and particularly the FRA_{Ah} extract.

The experimental data reflected in the form of sensitivity curves are summarized in Figure 2 and the values of the parameters antifungals (CMI, CMF and IC₅₀) of the various extracts are reported in Table 2.

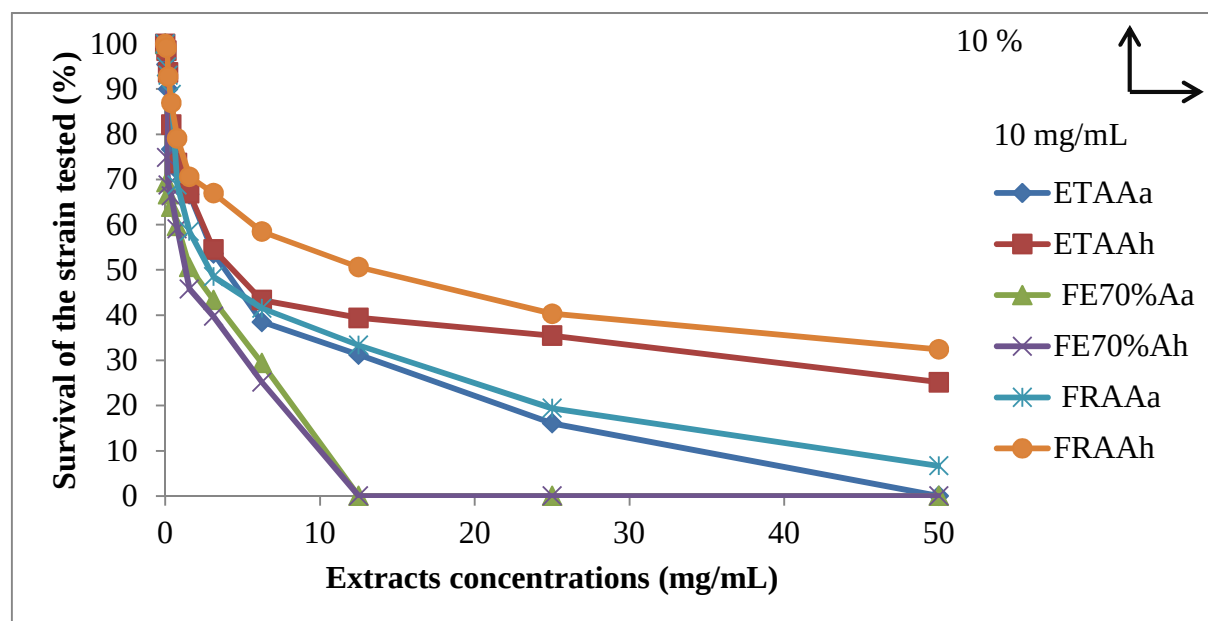


Figure 2 : Sensitivity of *Cryptococcus neoformans* to the extracts of *Acanthospermum hispidum* and *Aspilia africana*

Table 2 : Values of antifungal parameters of six *Acanthospermum hispidum* and *Aspilia africana* extracts at 72 hours of incubation at 30 °C.

Plant extract	Antifungal parameters			Fungicidal
	CMI (mg/mL)	IC ₅₀ (mg/mL)	CMF (mg/mL)	
ETA _{Aa}	50	2.80	50	Fungicide
ETA _{Ah}	>50	4.40	>50	Fungistatic
FE70 % _{Aa}	12,5	1.78	25	Fungistatic
FE70 % _{Ah}	12,5	1.28	12.5	Fungicide
FRA _{Aa}	>50	2.90	>50	Fungistatic
FRA _{Ah}	>50	10.50	>50	Fungistatic

3.1.4 TOXICITY TESTS

The results of ethanolic extracts toxicity tests 70 % (FE70 %_{Ah} and FE70 %_{Aa}) on HFF cells are respectively summarized in Figure 3 and Figure 4.

These results reveal that the FE70%_{Ah} extract shows little toxic effect on human cells studied in relation to the FE70 %_{Aa} extract and this compared to controls. We observe for FE70%_{Ah} extract, a decrease of the drop of HFF cells viability rate when the concentration of the plant extract increases (from 125 µg / mL to 1000 µg / mL). Thus for confluent cells, lower viability rate is between 14 % (125 µg/mL) and 7 % (1000 µg/mL). As for dividing cells, this decrease is between 38 % (125 µg/mL) and 19% (1000 µg/mL).

However, for FE70%_{Aa} extract, the lower viability rate of HFF cells is developing with increasing of the extract concentration. This is observed as well for the confluent cells for those in division. For confluent cells, this decline in viability rate is higher and ranges from 26 % (125 µg/mL) and 74 % (1000 µg/mL). As regards the dividing cells, this decline varies between 30 % (125 µg/mL) and 59 % (1000 µg/mL).

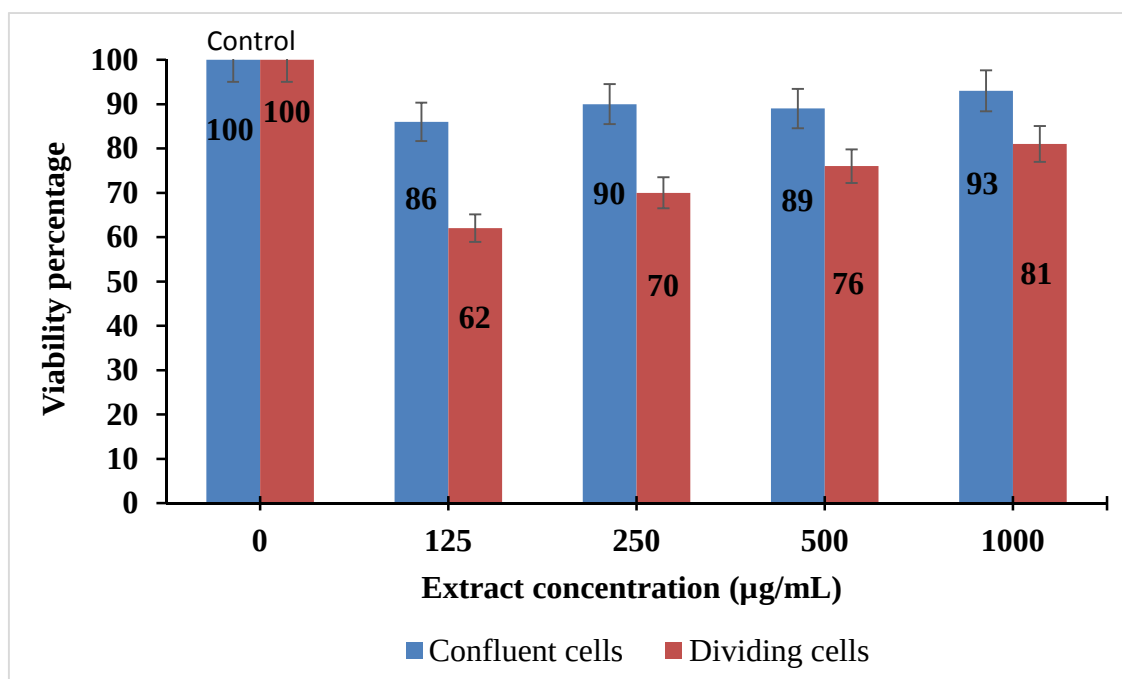


Figure 3 : Viability rate on HFF cells of FE70%_{Ah}

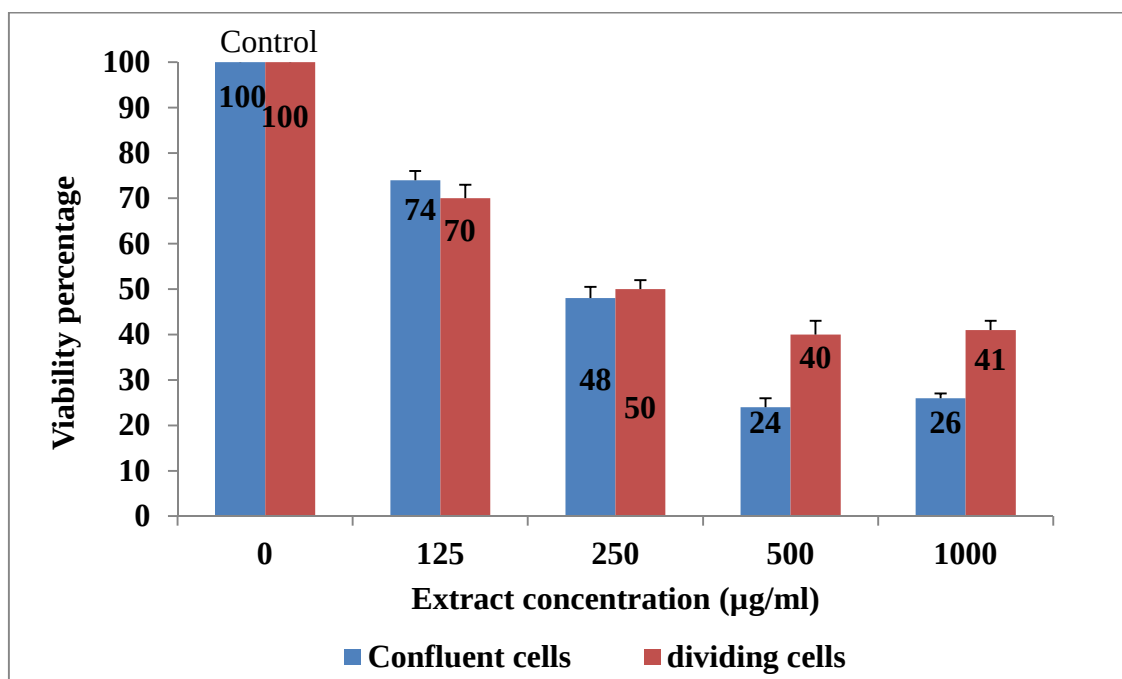


Figure 4 : Viability rate on HFF cells of FE70%_{Aa}

3.2 DISCUSSION

Botanically, *Anthospermum hispidum* and *Aspilia africana* are two Asteraceae presenting all the characteristics of this family. They are two ruderal and characteristic species of cattle way zones and two weed plots grazed after harvest. According to [31], two species known to be rainy weed of crops and plantations.

Microbiologically, analysis of the results shows that only FE70 % and ETA_{Aa} extracts are active on *Cryptococcus neoformans*. This fungal isolate is sensitive to the extracts in a dose-response relationship.

The results reveal that the value of the FE70%_{Aa} extract CMF is 25 mg/mL and that of ETA_{Aa} extract is 50 mg/mL. The comparison of the activities of both extracts showed that FE70 %_{Aa} extract is 2 times more active than the ETA_{Aa} extract who served in its preparation. Similarly, the results also reveal that the value of the FE70 %_{Ah} extract CMF is 12.5 mg/mL and that of ETA_{Ah} extract is > 50 mg/mL. The comparison of the activities of these two others extracts shows that FE70 %_{Ah} extract is 4 times more active than the ETA_{Ah} extract. Thus, the comparison of the activities of three extracts (FE70 %_{Aa} ETA_{Aa} and FE70 %_{Ah}) show that the FE70 %_{Ah} extract is 2 times more active than the FE70 %_{Aa} extract and 4 times more active than the ETA_{Aa} extract.

Overall, the results show that FE70 % extracts from the partition ethanol/water, significantly improve the effectiveness of ETA extracts that were used as a basis for their preparation.

The performance comparison of the two FE70 % extracts shows that the FE70 %_{Ah} extract (CMF = 12.5 mg/mL) is 2 times more efficient than the FE70 %_{Aa} extract (CMF = 25 mg/mL). The performance comparison of the two FE70 % and ETA_{Aa} with the Eaq extracts (aqueous total extract) Eeth (ethanol 70% extract) and Each₂O (acétatique H₂O extract) of leaves of *Morinda morindoides* (Baker) Milne-Redh. ([32]) on this same fungal germ shows that FE70 %_{Ah} extract is 24 times more active than the Eaq and Each₂O extracts, 2 times more active than the Eeth extract. Similarly, the works of [33] on the same germ, show that the FE70 % extracts and ETA_{Aa} have better performance on *C. neoformans* than *Cymbopogon nardus* L. and *Cymbopogon schoenanthus* L.

In terms of toxicity, analysis of the results reveals that the FE70 %_{Ah} extract presents little toxic effect on confluent cells. Moreover, the toxicity effect decreases with further increase in the concentration of the extract. This can be caused by the presence in the extract molecules stimulating cell division. According [7], *A. hispidum* taken orally is not toxic for mice. Which confirms these results.

As for FE70 %_{Aa} extract, analysis of toxicity results show that the extract has a high toxic effects on human cells HFF. Besides, this toxic effect further increases with extract concentration increase. Indeed, the results of the works of [26] show that the use of *A. africana* causes damages on the uterine tissue of rats. This is in agreement with the results obtained.

4 CONCLUSION

This study allowed us to show that all the extracts of *Anthospermum hispidum* and *Aspilia africana* have antifungal activity more or less pronounced on the *in vitro* growth of *Cryptococcus neoformans*. The FE70 % extracts were the most active. Ethanol was the solvent that would allow a better concentration of the active principles. This study showed that the extraction method used, would be a way that would concentrate the active principles and improve the activity of ETA, traditionally used against cryptococcosis.

Besides, this study reveals that the use of *A. hispidum* for therapy would be safe but that of *A. africana* would be carefully. At last, we can say that the use in traditional environment of these two plants as antifungal is warranted but with a very moderate use of *A. africana*. Further analysis by phytochemical screening followed by chromatography on CM and column, we allow us to isolate the different molecules in the FE70 % extracts in order to specify the nature of the active molecules.

ACKNOWLEDGMENT

The authors thank the Botanical laboratory, the Pharmacodynamic-Biochemical laboratory and the National Floristic Center of the Felix Houphouët Boigny University (Côte d'Ivoire), as well as the Adaptation and Pathogenesis Laboratory of Microorganisms of Grenoble (France) for their technical support in this work.

REFERENCES

- [1] A. Mahé, S. Coniquet and E. Caumes : Epidémiologie des maladies de peau observées au cours de l'infection VIH. Manuel des maladies, cedex 14.Paris, 2008.
- [2] B. Dupont, "Blastomycose", *EMC-Maladies infectieuses*, vol. 10, no. 4, pp. 1-6, 2013.
- [3] P. Aubrey : Mycoses profondes. Médecine tropicale, 2015.

- [4] T. C. Fleischer, E. P. Ameade and I.K. Sawyer, "Antimicrobial activity of the leaves and flowering tops of *Acanthospermum hispidum*", *Fitoterapia*, vol. 74, pp. 130-132, 2003.
- [5] B. R. Hoffman, H. Delasalas, K. Blanco, N. Wiederhold, R. E. Lewis and L. Williams, "Screening of antibacterial and antifungal activities of ten medicinal plants from Ghana", *Pharm. Biol.*, vol. 42, no. 1, pp. 13-17, 2004.
- [6] A. B. Yapi, G. Gnahoue, G. Camara and G. N. Zirihi, "Etude botanique, évaluation de l'activité antifongique des feuilles de *Acanthospermum hispidum* DC., (Asteraceae) sur la croissance *in vitro* de *Candida albicans* et étude de la toxicité sur les cellules humaines HFF," *European Scientific Journal*, vol. 11, no. 30, pp. 225-237, 2015.
- [7] Y. Diarra : Etude de la phytochimie et des activités biologiques de *Acanthospermum hispidum* DC. (Asteraceae) et *Curculigo pilosa* Schum. et Thonn. (Hypoxidaceae), deux plantes utilisées dans le traitement traditionnel de l'hypertrophie benigne de la prostate (HBP). Thèse de doctorat d'Etat, Université de Bamako, URF FMPOS, 2006.
- [8] T. I. Edewor, A. A. Olajire and L. E. B. Olaniyan, "Effet of Oral Administration of Ethanolic Leaf Extract of *Acanthospermum hispidum* DC on Carbon Tetrachloride Induced Acute Liver Injury in Rats," *Res. J. Med. Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 39-41, 2007.
- [9] S. Sanon, N. Azas, M. Gasquest, E. Olivier, V. Mahrou, N. Barro, N. Cuzin-Ouattara, A. S. Traoré, F. Esposito, G. Balasard and P. Timon-David, "Antiplasmodial activity of alkaloid extracts from *Pavetta crassipes* (K. Schum) and *Acanthospermum hispidum* (DC), two plants used in traditional medicine in Burkina Faso," *Parasitol. Res.*, vol. 90, no. 4, pp. 314-317, 2003.
- [10] G. N. Zirihi : Etudes botanique, pharmacologique et phytochimique de quelques plantes médicinales anti-paludiques et/ou immunogènes utilisées chez les Bété du Département d'Issia, dans l'Ouest de la Côte d'Ivoire, Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Cocody-Abidjan, UFR Biosciences, 2006.
- [11] H. Ganfon, J. Bero, T. Alembert, A. T. Tchinda, F. Gbaguidid, J. Gbenou, M. Moudachirou, M. M. Frédéric and J. Quetin-Leclercq, "Antiparasitic activities of two sesquiterpenic lactones isolated from *Acanthospermum hispidum* DC.," *J Ethnopharmacol.*, vol. 141, pp. 411-417, 2012.
- [12] A. Summerfield and A. Saalmüller, "Interleukin-2-dependent selective activation of porcine T lymphocytes by an extract from the leaves of *Acanthospermum hispidum*," *Int. J. Immunopharmacol.*, vol. 20, no. 1-3, pp. 85-98, 1998.
- [13] A. K. Kamanzi, C. Schmid, R. Brun, M. W. Koné and D. Traoré, "Antitrypanosomal and antiplasmodial activity of medicinal plants from Côte d'Ivoire," *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 90, no. 2-3, pp. 221-227, 2004.
- [14] A. O. Adepiti, C. O. Adewumi and J. M. Agbedahunsi, "Antitrichomonal activity of *Acanthospermum hispidum* D.C. (Asteraceae)," *Afr. J. Biotechnol.*, vol. 13, no. 11, pp. 1303-1307, 2014.
- [15] E. Cartagena, A. Bardon, C. A. Catalan, N. J. De Hernandez, L. R. De Hernandez and P. Joseph-Nathan, "Germacranolides and new type of guainolide from *Acanthospermum hispidum*," *J. Nat. Prod.*, vol. 63, no. 10, pp. 1323-1328, 2000.
- [16] M. E. Arena, E. Cartagena, N. Gobbato, M. Baigori, J. C. Valdez and A. Bardon, "In vivo and in vitro antibacterial activity of acanthospermol B, a sesquiterpene lactone isolated from *Acanthospermum hispidum*," *Phytother. Res.*, vol. 25, pp. 597-602, 2011.
- [17] T. Edewor and A. Olajire, "Two Flavones from *Acanthospermum hispidum* DC and their antibacterial activity," *Int. J. Org. Chem.*, vol. 1, no. 3, pp. 132-141, 2011.
- [18] S. S. Bako, E. O. Usman, I. M. Justina, P. O. Ngbede and L. Lajide, "Antimicrobial activity and chemical composition of the flowers of *Aspilia africana*," *Advances in Life Science and Technology*, vol. 16, pp. 54-57, 2014.
- [19] M. C. Ubaka, V. C. Ukwé, Okoye and O. M. Adibe, "Investigation into the anti-ulcer activity of the aqueous leaf extract of *Aspilia africana* C.D. Adams," *Asian J. Med. Sci.*, vol. 2, no. 2, pp. 40-43, 2010.
- [20] C. O. Okoli, P. A. Akah, S. V. Nwafor, A. I. Anisiobi, I. N. Ibegbunam and O. Erojikwe, "Anti-inflammatory activity of hexane leaf extract of *Aspilia africana* C.D. Adams," *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 109, pp. 219-225, 2007.
- [21] P. J. Waako, P. Simith and P. I. Folb, "In vitro interactions of *Aspilia africana* (Pers.) Adams, a traditional antimalarial medicinal plant, with artemisinin against *Plasmodium falciparum*," *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 102, pp. 262-268, 2005.
- [22] A. Chono, B. Onegi, N. G. Anyama, K. Jenett-Siems and R. R. S. Malele, "Clinical and parasitological effects of *Aspilia africana* (Pers.) C.D. Adams in fifteen patients with uncomplicated malaria," *East Cent. Afr. J. Pharm. Sci.*, vol. 12, pp. 37-41, 2009.
- [23] G. C. Akuodor, G. M. Amos, A. D. Essien, D-O. Essien, J. L. Akpan and B. C. Ezeokpo, "Antimalarial potency of the leaf extract of *Aspilia africana* (Pers.) C.D. Adams," *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, pp. 126-129, 2012.
- [24] T. O. Oyesola, O. A. Oyesola and C. S. Okoye, "Effets of aqueous extract of *Aspilia africana* on reproductive functions of female wistar rats," *Pak. J. Biol. Sci.*, vol. 13, no. 3, pp. 126-131, 2010.
- [25] L. A. Usman, I. A. Oladosu, Olawore, C. O. Fakunle, A. A. Hamid and A. Lawal, "Chemical composition of leaf oil of Nigeria grown *Aspilia africana* C.D. Adams," *J. Med. Plant. Res.*, vol. 4, no 4, pp. 346-348, 2010.

- [26] K. A. Oluyemi, U. C. Okwuonu, D. G. Baxter and T. O. Oyesola, "Toxic effects of methanolic extract of *Aspilia africana* leaf on the estrous cycle and uterine tissues of wistar rats" ; *Int. J. Morphol.*, vol. 25 no. 3, pp. 609-614, 2007.
- [27] O. O. K. Oko, E. A. Agiang, E. E. Osim and O. R. Asuquo, "Toxicological evaluation of *Aspilia africana* leaf extracts in mice", *Am. J. Pharm. & Toxicol.*, vol. 6, no. 3, pp. 96-101, 2011.
- [28] D. Chabase and S. Brun : *Cryptococcus* (agent de la cryptococcose). *Encycl. Med. Biol.*, Elsevier, Paris, 2003.
- [29] G. N. Zirihi, A. K. M. Kra and E. T. Dibie, "Etude botanique et évaluation des activités antifongiques de *Mitracarpus villosus* (MV) (Rubiaceae) et *Spermacoce verticillata* (SV) (Rubiaceae) sur la croissance in vitro de *A. fumigatus*", *Rev. Med. Pharm. Afr.*, pp. 9-17 2007.
- [30] T. Mossman, "Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival : application to proliferation and cytotoxicity assay", *Journal of Immunological Methods*, vol. 65, pp. 55-63, 1983.
- [31] I. A. Okezie and C. W. Agyakwa : *Guide des adventices d'Afrique de l'Ouest*. Institut international d'agriculture tropicale Ibadan. Nigeria, pp. 170-174, 1989.
- [32] I. Bagré, C. Bahi, K. Ouattara, G. N. Zirihi, A. J. Djaman, A. Coulibaly and J. D. N'Guessan, "Etude botanique et exploration de l'activité antifongique de *Morinda morindoides* (Baker) Milne-Redh. sur la croissance in vitro de *Cryptococcus neoformans*", *Phytothérapie*, vol. 9, pp. 136-141, 2011.
- [33] K. Koba, K. Sanda, C. Raynaud, Y. A. Nenonene, J. Millet and J. P. Chaumont, "Activités antimicrobiennes d'huiles essentielles de trois *Cymbopogon* sp. africains vis-à-vis de germes pathogènes d'animaux de compagnie", *Ann. Méd. Vét.*, vol. 148, pp. 202-206, 2004.

Caractérisation des pluies journalières intenses et récurrences des inondations: apport des totaux glissants trois (3) jours à la détermination d'une quantité seuil d'inondation (District d'Abidjan au Sud-Est de la Côte d'Ivoire)

[Heavy daily rainfall characterization and flooding repeating: contribution of three (3) days sliding total to the purposefulness of threshold amount rainfall inducing flooding (Abidjan district, South-est of Ivory Coast)]

Lassina KONATE¹, Boyossoro Hélène KOUADIO^{1,2}, Bernard Kouakou DJÈ³, Gabriel Etienne AKE¹, Vami Herman N'Guessan Bi², Lorn GGNAGNE³, ÈMoïse Koffi KOUAME¹, and Jean BIEMI¹

¹Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement (LSTEE), UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Université Félix Houphouët Boigny, 22 BP 582 ABIDJAN 22, Côte d'Ivoire

²Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection (CURAT), 22 B.P. 801, Abidjan 22, Côte d'Ivoire

³Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique et Météorologique (SODEXAM), 15 BP 990 Abidjan 15, 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: Daily rainfalls as they reach a certain threshold, induce severe flooding in some township of Abidjan district during the largest rainy season. This paper focuses on defining and identifying of heavy daily rainfall threshold linked in flooding over the Abidjan district.

The heavy rainfall maximum and critical occurrence period ascertainment has been possible thanks to the likelihood occurrence (from 0 to 100%). Identifying heavy rainfall threshold related to flooding-causing started with classification and definition of precipitation recorded from 2012 to 2014 over all stations of Abidjan district with the percentile. Then, using the rainfall total sliding window technic helped finding a threshold amount inducing severe flooding.

The critical period rainfall and flooding occurrence (likelihood occurrence of 75%) start from May 27th to June 22th. Rainfall total sliding and past flooding analysis revealed a threshold amount precipitation around 100 mm. Henceforth, this threshold could helped forecaster offices by issuing advisories and warnings for flooding when precipitation expected, at any location of Abidjan district, is near or exceeds the amount of 100 mm.

KEYWORDS: Abidjan district, rainy season, heavy rain, amount threshold, rainfall total, flooding, likelihood occurrence, critical period.

RESUMÉ: Les pluies journalières, lorsqu'elles atteignent une certaine quantité, provoquent des inondations dans certaines communes du district d'Abidjan durant la grande saison des pluies. Ce travail apporte une contribution à la définition et à l'identification d'une quantité seuil de pluie intense induisant les inondations.

Les périodes maximale et critique sont obtenues à partir de la probabilité d'occurrence des pluies. La détermination de cette quantité seuil, influençant les activités anthropiques, s'est faite d'abord par la définition et la classification des pluies journalières enregistrées aux stations des différentes communes de 2012-2014 à partir des percentiles. Ensuite, l'application de la méthode des totaux pluviométriques glissants a permis la détection d'une quantité seuil de pluie causant les

inondations. Le comptage des totaux pluvieux s'est fait sur trois (3) jours consécutifs glissants, qu'il y ait ou non permanence dans les précipitations.

La période critique des pluies et inondations (probabilité d'occurrence de 75%) se situerait entre le 27 mai et le 22 juin. L'analyse des totaux glissants et les épisodes d'inondations indiquent une quantité seuil avoisinant 100 mm de pluie. Ce seuil de 100 mm de pluie pourrait dans l'avenir jouer un rôle d'alerte lorsque les structures de prévision prévoient une pluie proche de cette quantité.

MOTS-CLEFS: district d'Abidjan, pluie intense, inondation pluviale, quantité seuil, totaux pluvieux, occurrence, période critique.

1 INTRODUCTION

Le district d'Abidjan fait face chaque année, durant la grande saison pluvieuse, à des pluies fortes induisant des inondations et glissements de terrains qui ont pour conséquences des pertes en vies humaines. Depuis 2009, plus de dix (10) personnes en moyenne perdent la vie chaque année dans le district d'Abidjan [1]. Les cas d'inondations pluviales meurtrières sont devenus récurrents et sont dus en grande partie à la forte pluviométrie qui affecte cette partie du pays, mais aussi à une démographie galopante qui induit souvent une urbanisation anarchique avec un réseau d'assainissement inadapté non viable ou inexistant dans certains quartiers du district d'Abidjan.

La référence [2] montre que les inondations sont engendrées soit par des pluies d'orage (pluies violentes de forte intensité et de courte durée) soit par des perturbations atmosphériques (pluies modérées mais répétées et de durée relativement longue). Ce constat suppose une quantité seuil au-delà de laquelle les conséquences sur le milieu physique commencent à être visibles. Comme exemple récent, les pluies diluviennes survenues du 16 au 18 juin 2014 dans la commune de Cocody, avec une quantité cumulée sur trois (3) jours avoisinant les 155,7 mm (soit 51,9 mm/jour), ont causé la mort de cinq (5) personnes et l'effondrement d'un immeuble [1].

La détermination d'une quantité seuil de pluies pour la prévention des catastrophes d'inondations dans le district d'Abidjan est l'objet pour lequel cette étude a été entreprise. Son but est de contribuer à l'identification et à la définition d'un seuil de pluies jugées « intenses » induisant les inondations pluviales et leur période d'occurrence.

L'application de la méthode des totaux pluviométriques glissants trois (3) jours aux données de pluies de la période 2012 à 2014 permet la détection d'un seuil de précipitation à la base de certaines inondations survenues dans les communes du district d'Abidjan. Ce seuil ne prend pas en compte l'aspect morphologique de la zone d'étude.

Une meilleure compréhension et connaissance des pluies intenses facilitera la prévision des impacts des événements pluvieux afin de prendre des dispositions de veille pendant une période particulière de l'année notamment la grande saison des pluies.

2 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

2.1 CADRE GEOGRAPHIQUE DE LA ZONE D'ETUDE

La zone d'étude est le district d'Abidjan. Elle est située au Sud de la Côte d'Ivoire entre les latitudes 5°10 et 5°30 Nord et les longitudes 3°45 et 4°21 Ouest. Elle est composée de dix (10) communes auxquelles s'ajoutent trois (3) sous-préfectures que sont ; Bingerville, Songon et Anyama (figure 1). Le district s'étend sur une superficie totale de 2119 km² dont 566 km² de lagune [3]. Il regroupe une population estimée à environ 4 707 404 habitants en 2014 [4]. Le District d'Abidjan est limité par la ligne de contact du socle-bassin sédimentaire au Nord, la lagune Ebrié au Sud, les cours d'eau Agnèby et le Niéké à l'Ouest et enfin par la rivière la Mé et les lagunes Aghien et Potou à l'Est.

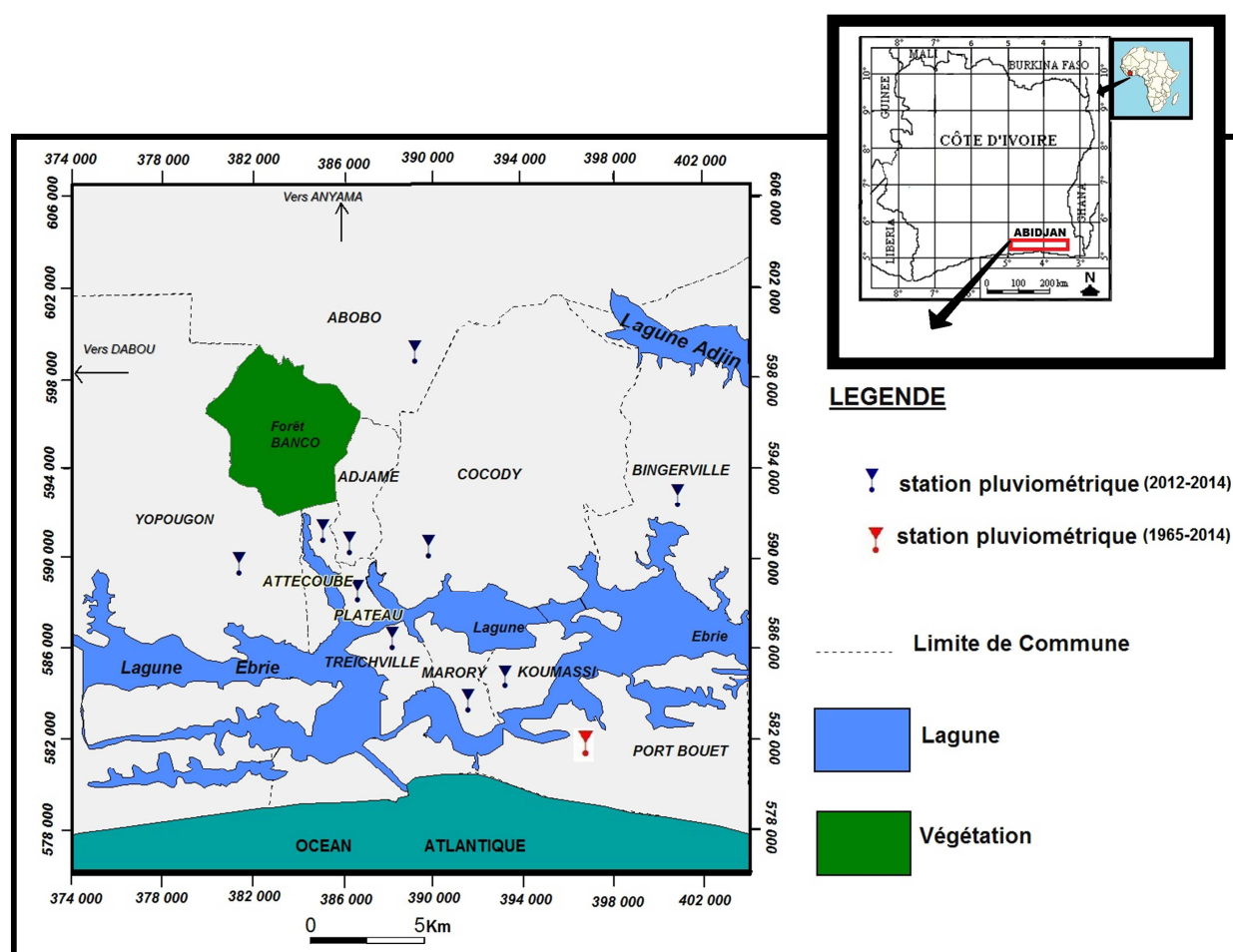


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude

2.2 GEOMORPHOLOGIE DE LA ZONE D'ETUDE

Dans la zone d'étude, il existe trois grands ensembles géomorphologiques [5] (figure 2):

- les hauts plateaux à deux niveaux (40 à 50 m et 100 à 120 m) représentés par les buttes du Continental Terminal au Nord de la lagune Ebrié ;
- les moyens plateaux d'altitude allant de 8 à 12 m constituent les affleurements du cordon littoral du Quaternaire ; les plaines et lagunes, au Sud, constituent l'ensemble le plus affaissé ;
- Des vallées profondes allant de 12 à 40 m, issues du Centre Nord de la zone, entaillent les hauts Plateaux du Tertiaire. C'est l'exemple des ravins du Banco et du Gbangbo. Ces vallées jouent le rôle de drains de la partie nord de la ville à l'instar des différents talwegs. De ce fait, tout écoulement se dirige vers l'ensemble le plus affaissé, c'est-à-dire vers la lagune.

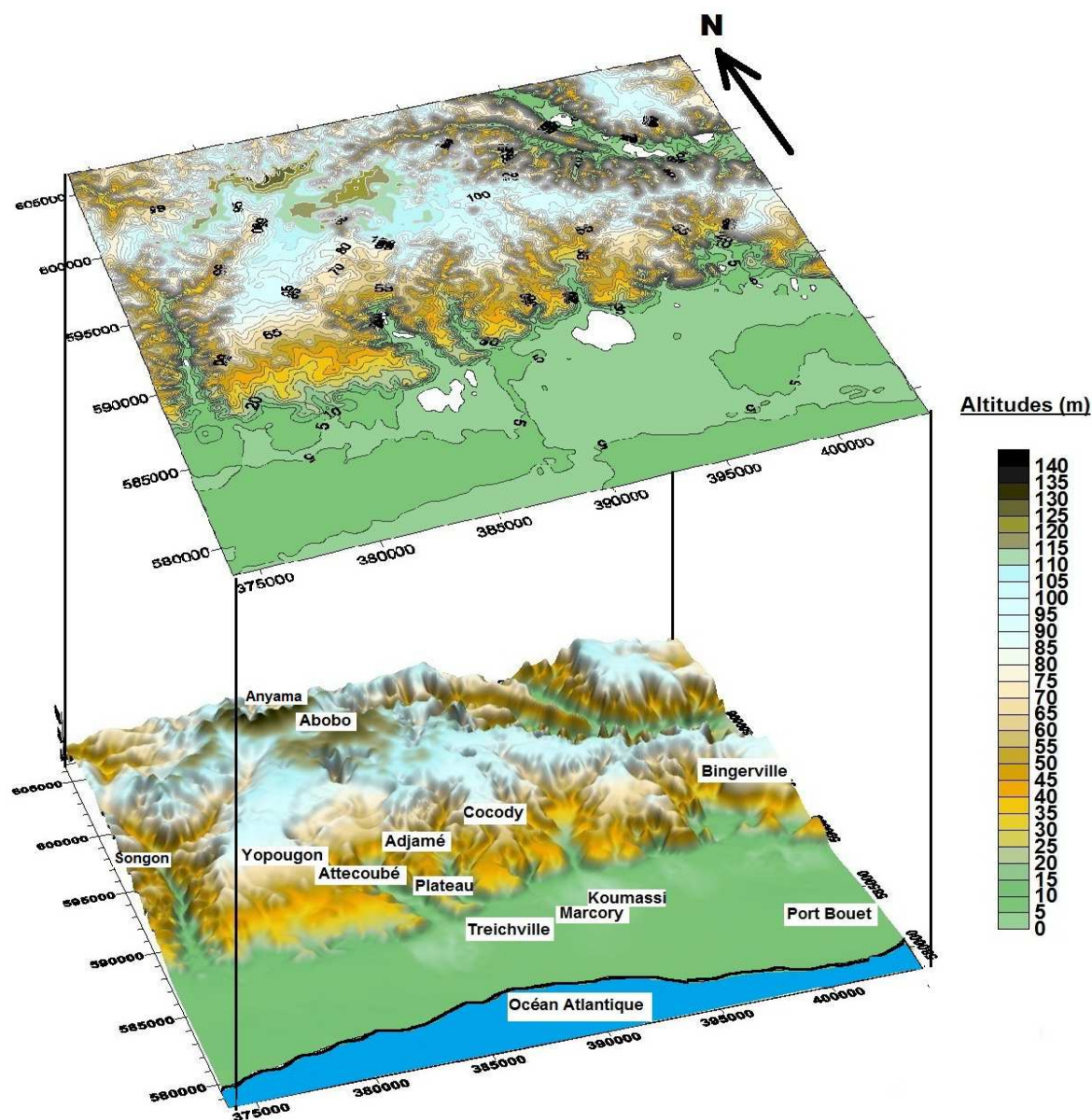


Fig. 2. Géomorphologie de la zone d'étude

2.3 CONTEXTE CLIMATIQUE DE LA ZONE D'ETUDE

Les hauteurs annuelles de pluies enregistrées dans le district d'Abidjan aux stations de Port Bouet (1963-2000), d'Adiopodoumé (1990-1997) et de Bingerville (1994-2001) révèlent que les pluviométries des mois de mai, juin et juillet sont les plus élevées avec un pic en juin. De manière générale, la pluviométrie moyenne annuelle est d'environ 2 000 mm [6]. Le district d'Abidjan est soumis à un climat équatorial de transition qui se divise en quatre (4) saisons dans le cycle annuel [7], (figure 3) :

- la grande saison sèche de décembre à avril ;
- la grande saison de pluies de mai à juillet ;
- la petite saison sèche de juillet à septembre ;
- la petite saison des pluies d'octobre à novembre.

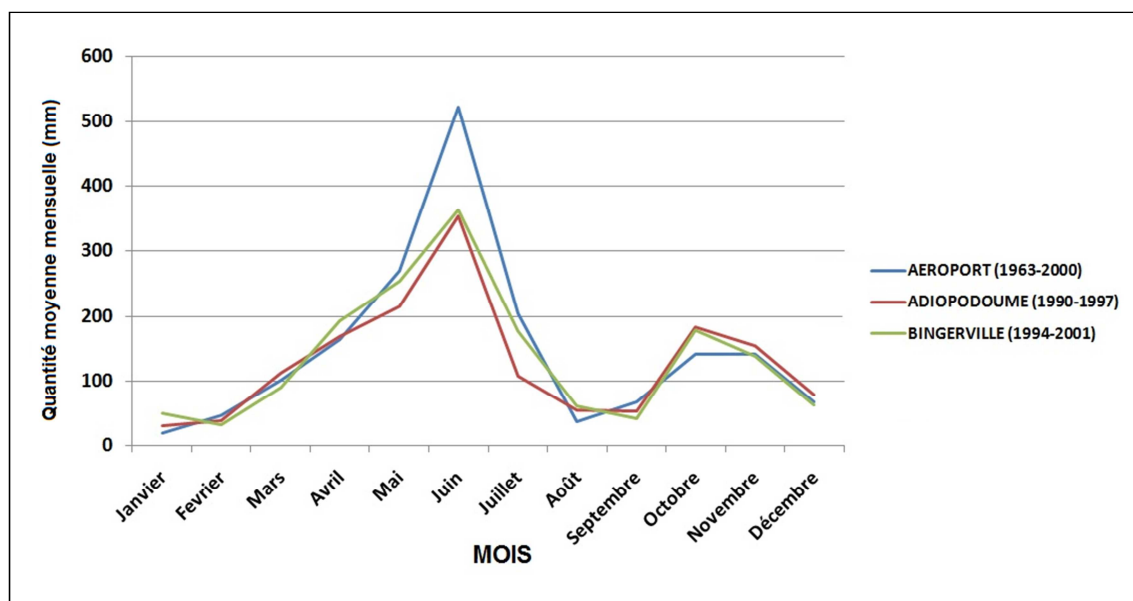


Fig. 3. Variation de la moyenne mensuelle de la pluviométrie dans le district d'Abidjan

Le constat qui ressort est que le district d'Abidjan est très arrosé surtout durant les mois de mai-juin-juillet avec un pic en juin, ce qui est important pour la recharge de la nappe assurant l'alimentation en eau potable de cette capitale économique qui comprend l'essentiel de la population ivoirienne.

3 MATÉRIEL ET MÉTHODE

3.1 MATÉRIEL ET DONNÉES UTILISÉES

Le matériel de travail se compose de données multi-sources. Il s'agit des données cartographiques, socio-économiques et hydroclimatiques :

- les données cartographiques se composent de la carte topographique d'Abidjan et ses environs au 1/50 000 édité en 1999 par le CCT ;
- les données socio-économiques sur les catastrophes et dégâts d'inondations recensées dans les communes du district obtenues auprès de l'Office Nationale de la Protection Civile (ONPC) et certains organes de presses écrites de la place ;
- les données hydroclimatiques ont été obtenues auprès de la Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique et Météorologique (SODEXAM). Elles se regroupent en deux catégories (tableau 1), les données pluviométriques journalières sur la période 1985 – 2014 (station de Port Bouet aéroport) et 2012-2014 (stations installées dans chaque commune du district d'Abidjan depuis 2012).

Tableau 1. Localisation des stations pluviométriques du district d'Abidjan

Noms des stations	Coordonnées géographiques		Données utilisées	Chroniques
	Longitude	Latitude		
1-ABOBO mairie	-4°00	5°25	Pluies journalières	2012-2014
2-ADJAME mairie	-4°01	5°20	Pluies journalières	2012-2014
3-ATTECOUBE mairie	-4°02	5°20	Pluies journalières	2012-2014
4-BINGERVILLE mairie	-3°53	5°21	Pluies journalières	2012-2014
5-COCODY mairie	-3°59	5°20	Pluies journalières	2012-2014
6-KOUMASSI mairie	-3°58	5°17	Pluies journalières	2012-2014
7-MARCORY mairie	-3°58	5°16	Pluies journalières	2012-2014
8-Plateau district	-4°01	5°19	Pluies journalières	2012-2014
9- Port-Bouet aéroport	-3°56	5°15	Pluies journalières	1985-2014
10-TREICHVILLE mairie	-4°00	5°18	Pluies journalières	2012-2014
11-YOPOUGON mairie	-4°04	5°21	Pluies journalières	2012-2014



Station utilisée pour la détermination de la période critique des pluie intenses et inondations

Toutes ces données ont été compilées sur un ordinateur pour le traitement des données hydroclimatiques et cartographiques par le Système d'Information Géographique (SIG) dans la génération des cartes isohyètes à l'aide de logiciels. Ce sont principalement les logiciels MapInfo 7.0 et Surfer 8.0.

3.2 METHODE

3.2.1 CARACTERISTIQUES SAISONNIERES DES PLUIES ET TECHNIQUE DE DETERMINATION DES SEUILS DE PLUIES INTENSES

3.2.1.1 DETECTION DE LA SAISONNALITE ET LA PERIODE CRITIQUE D'OCCURRENCE DES PLUIES INTENSES ET DES INONDATIONS

Le district d'Abidjan connaît une grande saison pluvieuse qui part de mars à juillet. La période principale d'occurrence des pluies journalières intenses se situe alors entre les mois de mars-avril-mai-juin-juillet car c'est au cours de cette période qu'on enregistre les plus fortes quantités de pluies journalières et un nombre très élevé de jours de pluie.

La détermination de la période critique d'occurrence des pluies intenses s'est effectuée sur cet intervalle à partir des pluies journalières sur une période de trente (30) ans (1985-2014). Elle est choisie en fonction de la probabilité d'occurrence des pluies donnée par la relation :

$$P_i = \frac{N_i}{N}$$

Avec N_i , le nombre de fois que l'événement apparait et N , le nombre total d'événements sur l'année de référence.

P_i évoluant de 0 à 100%, les périodes principales d'occurrence des pluies et inondations seront ainsi déterminées.

3.2.2 DEFINITION ET IDENTIFICATION DU SEUIL DE PLUIE INTENSE

La définition d'un événement pluvieux intense est habituellement basée sur l'utilisation d'une quantité journalière excédant un seuil déterminé [8]. Cette quantité peut égaler celle reçue en quelques jours, en un mois ou en plusieurs mois. Selon les régions, la quantité seuil de pluie considérée comme intense varie [9]. En outre, une classification des hauteurs de pluies journalières peut être faite selon les auteurs. Les pluies s'étendant en général sur plusieurs jours, dans ce cas, la détermination de la valeur seuil peut se faire également sur un nombre de jours définis. Dans cette étude la détermination de quantités seuils est menée à la fois sur les pluies journalières et cumulées sur plusieurs jours.

3.2.2.1 QUANTITES SEUILS DE PLUIES INTENSES A PARTIR DES DONNEES JOURNALIERES

L'estimation des pluies intenses se base sur la quantité de pluie tombée à une seule station. En considérant l'impact potentiel d'un événement pluvieux important sur la population, le seuil de précipitation significative est de 50 mm de pluie enregistrée à une station en un jour. Ce seuil est largement utilisé par les services météorologiques pour qualifier un événement pluvieux d'assez significatif pour influencer les activités anthropiques et susceptible de déclencher des catastrophes humaines [10]. De plus, une quantité journalière de pluie de 50 mm dépasse le 90^{ème} percentile des précipitations dans la plupart des stations (plus de 90%) pendant la grande saison des pluies. Ce seuil de 50 mm est utilisé dans cette étude à cause de son importance en prenant en compte la capacité d'adaptation des sociétés vis-à-vis des événements extrêmes [11]. Cette valeur est proche de 40 mm en 24h utilisée par [12] pour qualifier un événement pluvieux d'une extrême importance et correspond à 50 mm en 24h considéré comme assez intense par [13]. D'autres valeurs seuils peuvent être déterminées à partir des 95^{ème} et 99^{ème} percentiles des données pluviométriques journalières [9].

Les pluviométries maximales journalières enregistrées aux différentes stations du district d'Abidjan ont été identifiées pendant la saison pluvieuse. En se basant sur la définition de la pluie maximale tombée à une station le 90^{ème} (43 mm), 95^{ème} (69 mm) et le 99^{ème} (91 mm) percentiles de ces valeurs ont été identifiés pour différentes classes de pluies intenses à chaque poste pluviométrique. Cependant, ces valeurs ont été légèrement ajustées, puisqu'elles pourraient être utilisées dans un cadre opérationnel, pour se retrouver dans les intervalles des seuils habituellement utilisés (Tableau II) par les bureaux de prévisions [9] (Dyson, 2009). Ainsi un événement pluvieux est dit « significatif » lorsqu'une pluie excède 50 mm à une station, il est considéré comme « intense » lorsqu'elle dépasse 75 mm et de « très intense » quand elle est au-dessus de 100 mm. Cette valeur se rapproche de celle utilisée respectivement par [9] 115 mm et [14] 125 mm. Une étude statistique de ces classes de pluies intenses est menée pour saisir la répartition temporelle de ces événements pluvieux pendant la période maximale d'occurrence des pluies qui comprend la période critique.

Tableau 2. Classification des pluies en fonction de leur intensité selon [9] (Afrique Sud), [13] (Thaïlande), [10] (Chine), [15] (France), [16] (Angleterre) et [8] (Canada), [13] Etats Unis

PLUIE	HAUTEUR
Intense	50 mm
Très intense (seuil critique)	> 100 mm

3.2.2.2 QUANTITE SEUIL DE PLUIE PAR LA METHODE DES TOTAUX GLISSANTS PLUVIOMETRIQUES

Pour comprendre l'importance des pluies intenses induisant les inondations, il est utilisé la méthode des totaux glissants pluviométriques également appelé la technique de la fenêtre de N jour glissants ([17] et [18]). Cette méthode consiste au calcul d'un total pluviométrique choisi sur un nombre de jours avec ajout à chaque fois d'une donnée nouvelle de pluie journalière en remplacement de la donnée ancienne. Ainsi, le total pluviométrique « glisse » sur l'ensemble des données pluviométriques de la période choisie.

Cette technique à l'avantage de prendre en compte le cumul de la pluie sur un nombre de jours donnés. Ce nombre de jours est habituellement prescrit artificiellement ([19] ; [20]). Dans cette étude le total pluviométrique est calculé sur trois (3) jours glissants. Le comptage des valeurs maximales se fait sur trois (3) journées consécutives, qu'il y ait ou non permanence dans les précipitations.

Cette méthode de détection des pluies intenses est appliquée seulement aux stations ayant enregistrées les données pluviométriques pendant la période maximale des pluies et inondations. Il s'agit des stations de Cocody, Treichville, Plateau, Port bouet et Yopougon. Elles représentent 50% des pluviomètres installés dans la zone d'étude. Elles sont par conséquent considérées comme assez représentatives des pluies tombées à cette période sur le district d'Abidjan. La détermination du seuil de pluie sur trois (3) jours (pendant la période critique) permet une bonne évaluation de la quantité de pluies diluviennes à la base des inondations dans le district d'Abidjan.

3.2.3 VARIATION SPATIO-TEMPORELLE DES PLUIES JOURNALIERES ET EVALUATION DES INONDATIONS PAR TOTAUX GLISSANTS PLUVIOMETRIQUES

Il est appliqué la méthode des totaux pluviométriques trois (3) jours glissants à ces différents postes durant les mois d'occurrence des inondations. La réalisation de cartes isohyètes pour les pluies journalières et les totaux pluviométriques glissants de la journée la plus catastrophique est traitée. Cette spatialisation des pluies journalières d'une part et des totaux

glissants d'autre part permet la visualisation de l'évolution pluviométrique en relation avec les inondations recueillies auprès de l'ONPC et autres organes de presses (Tableau III). Une évaluation de l'étude des inondations par pluies journalières et totaux glissants aide à évaluer les quantités de pluies (journalières ou cumulées) les plus représentatives induisant ces catastrophes durant cette période.

Tableau 3. Historique (non exhaustive) des inondations enregistrées dans le district d'Abidjan (2012-2014)

DATE	COMMUNES	TYPE d'inondations	Pluie Journalière (mm)	IMPACTS		Sources
				Pertes humaines	Dommages	
Dimanche 17 juin 2012	Attécoubé	Ruissellement urbain	31,1	00	Circulation interrompue	Fraternité Matin (Frat-Mat) du 18 juin
	Cocody		28	00		
	Yopougon		27,9	00		
Lundi 03 juin 2013	Attécoubé	Ruissellement urbain torrentiel	65,2	01	-Dégâts importants	ONPC
	Yopougon		79,4	01	-Maisons détruites	
Jeudi 05 juin 2014	Yopougon	Ruissellement urbain torrentiel	68	00	-Maisons détruites -circulation interrompue	-ONPC -Soir info, -Patriote,
	Attécoubé	Ruissellement éboulement	81,6	06	-Maisons détruites	Notre Voie du 06 juin
Mardi 10 juin 2014	Cocody	Ruissellement urbain torrentiel	25,4	06	-Maisons détruites -Circulations interrompues	-Nouveau Réveil -Soir info -Nord-Sud du 11 juin
Mercredi 18 juin 2014	Attécoubé	Ruissellement Eboulement	52,9	07	- Maison détruites - Circulation interrompue	- ONPC -Frat Mat, -patriote, - LG info du 20 juin
	Adjamé			00		
	Yopougon	Ruissellement Urbain torrentiel	49,1	00	- Circulation interrompue	
	Cocody	Ruissellement urbain torrentiel	9,8	05	-Maisons détruites -Immeuble R+3 écroulé	
Dimanche 29 juin 2014	Songon	Ruissellement et Débordement fleuve Agneby	56,48	00	-Plantation bananeraie détruite	Frat Mat 30juin

4 RESULTATS

4.1 CARACTERISATION PLUVIOMETRIQUE DE LA ZONE D'ETUDE DE 1985 A 2014

4.1.1 SAISONNALITE DES PLUIES ET JOURS DE PLUIES

On enregistre sur la période 1985 à 2014 une moyenne de treize (13) jours de pluie pendant le mois de mai et plus de vingt (20) jours de pluie durant celui de juin (figure 4). Les probabilités d'occurrence des pluies de ces deux (2) mois sont par conséquent les plus élevées durant l'année. Les cumuls pluviométriques mensuels et les jours de pluies suivent la même tendance. En effet, les mois de mai et de juin sont les plus pluvieux avec respectivement des quantités atteignant 300 mm et 500 mm de pluie en moyenne. Les jours de pluies montrent l'importance des précipitations dans cette période charnière de la saison pluvieuse dans le district d'Abidjan.

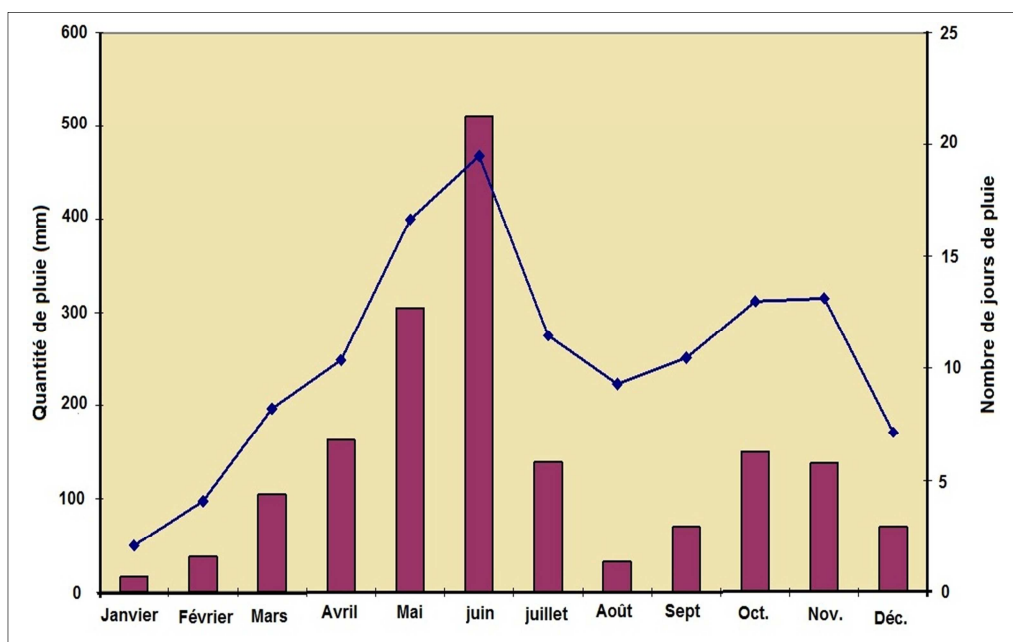


Fig. 4. Quantité et nombre de jours de pluie de 1985 à 2014 du district d'Abidjan

4.1.2 PERIODES MAXIMALE ET CRITIQUE D'OCCURRENCE DES PLUIES INTENSES ET INONDATIONS DURANT LA GRANDE SAISON PLUVIEUSE

La probabilité d'occurrence des pluies entre le 1^{er} mars et le 31 juillet varie de 25% à 90% (figure 5). Pendant la période du 27 avril au 17 juillet, elle dépasse les 50%, ce qui représente un (1) jour de pluie sur deux(2). Cette période correspond à la période maximale d'occurrence des pluies intenses. Au sein de cet intervalle de temps et durant les jours du 27 mai au 22 juin, la probabilité d'occurrence des pluies atteint le seuil critique de 75% (soit 3 jours de pluie sur 4). Cette période représente alors la période critique d'occurrence (figure 5) des pluies intenses. Le mois de juin est ainsi le mois critique d'occurrence des pluies de quantité importante. Cette période critique correspond également à la recrudescence des pluies intenses qui a pour conséquence les inondations dans la zone d'étude (le sol déjà saturé refoule l'excès d'eau pluviale engendrant les inondations).

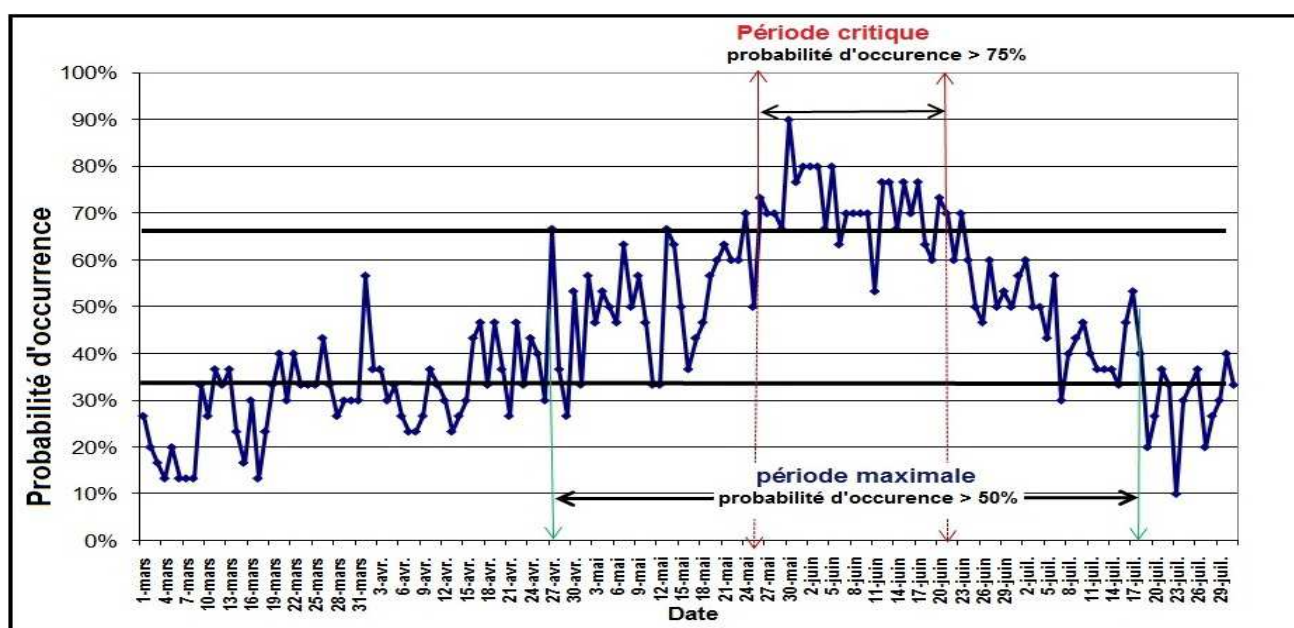


Fig. 5. Probabilité d'occurrence des pluies intenses journalières et des inondations sur la période de mars à juillet (1984-2014) du district d'Abidjan

4.2 CLASSIFICATION DES SEUILS DE PLUIES INTENSES JOURNALIERES DANS LE DISTRICT D'ABIDJAN

Il a été déterminé différentes classes de pluies intenses durant la période maximale d'occurrence des pluies qui couvrent les mois de mai à juillet. Ces évènements pluvieux sont répertoriés pour tout le district d'Abidjan au niveau des postes qui ont enregistré des données durant ces trois (3) années. Une analyse statistique de ces pluies a été faite (Tableau IV).

Tableau 4. Classification et occurrence des pluies intenses journalières en fonction de leur intensité durant la période maximale d'occurrence des pluies (mai-juin-juillet) de 2012 à 2014

	PLUIE SIGNIFICATIVE (50 ≤ P ≤ 75mm)				PLUIE INTENSE (75mm ≤ P < 100mm)				PLUIE TRES INTENSE (P ≥ 100mm)			
	Pluie max à une station	moyenne	max	Max nombre de jours successifs	moyenne	max	Max nombre de jours successifs		moyenne	max	Max nombre de jours successifs	
MAI	120 ('14)	8,7	13 ('12)	0	2,0	4('12)	0		0,3	2('14)	0	
JUIN	145 ('14)	11,7	17('12,'14)	8 ('14)	5,0	8('14)	3 ('14)		3,7	10('14)	3 ('14)	
JUILLET	157 ('14)	3,3	7 ('12)	2 ('12,'14)	1,7	4('12)	2 ('12)		0,3	1('14)	0	
		7,9			2,9				1,7			

P : pluie / nb : nombre max : nombre maximal d'occurrence / (') : année d'occurrence / □ : Moyenne sur les 3 années d'étude

L'analyse de ces différentes classes de pluies intenses montre que durant la période maximale, les pluies significatives (50 mm), les pluies intenses (supérieures à 75 mm) et les pluies très intenses (supérieures à 100 mm) sont respectivement fréquentes (une moyenne de 8 occurrences par an), moins fréquentes (moyenne de 3 occurrences par mois) et relativement faible (1,7 en moyenne) dans la zone d'étude.

Le mois de juin est celui qui enregistre les plus importantes occurrences d'évènements pluvieux intenses. Durant ces trois années, il a enregistré les moyennes les plus importantes en pluies significatives (11,7), intenses (5,0) et très intenses (3,7), ce qui confirme l'aspect critique de ce mois en évènements pluvieux.

L'année 2014 a été la plus touchée par les classes de pluies de forte quantité. De plus, elle a enregistré les pluviométries les plus intenses durant la période maximale d'occurrence (mai (120 mm), juin (145 mm) et juillet (157 mm)). Le mois de juin de cette même année a connu plus de 90% des différentes classes de pluies intenses définies. Il a été ainsi le mois le plus touché par les pluies intenses et les inondations.

4.3 IDENTIFICATION DU SEUIL DE PLUIE INTENSE A PARTIR DES TOTAUX PLUVIOMETRIQUES GLISSANTS 3 JOURS CONSECUTIFS

4.3.1 CAS DES PÉRIODES CRITIQUES (2012-2014)

La méthode de détection du seuil de pluies intenses sur trois (3) jours glissants a permis d'avoir les totaux pluviométriques concernés pour le mois de juin des années d'étude. Elle est appliquée seulement aux stations ayant enregistré des pluies durant la période maximale des pluies (figure 6). Les courbes d'évolution des totaux pluviométriques glissants pour le mois de juin (mois critique) de ces trois (3) années sont obtenues.

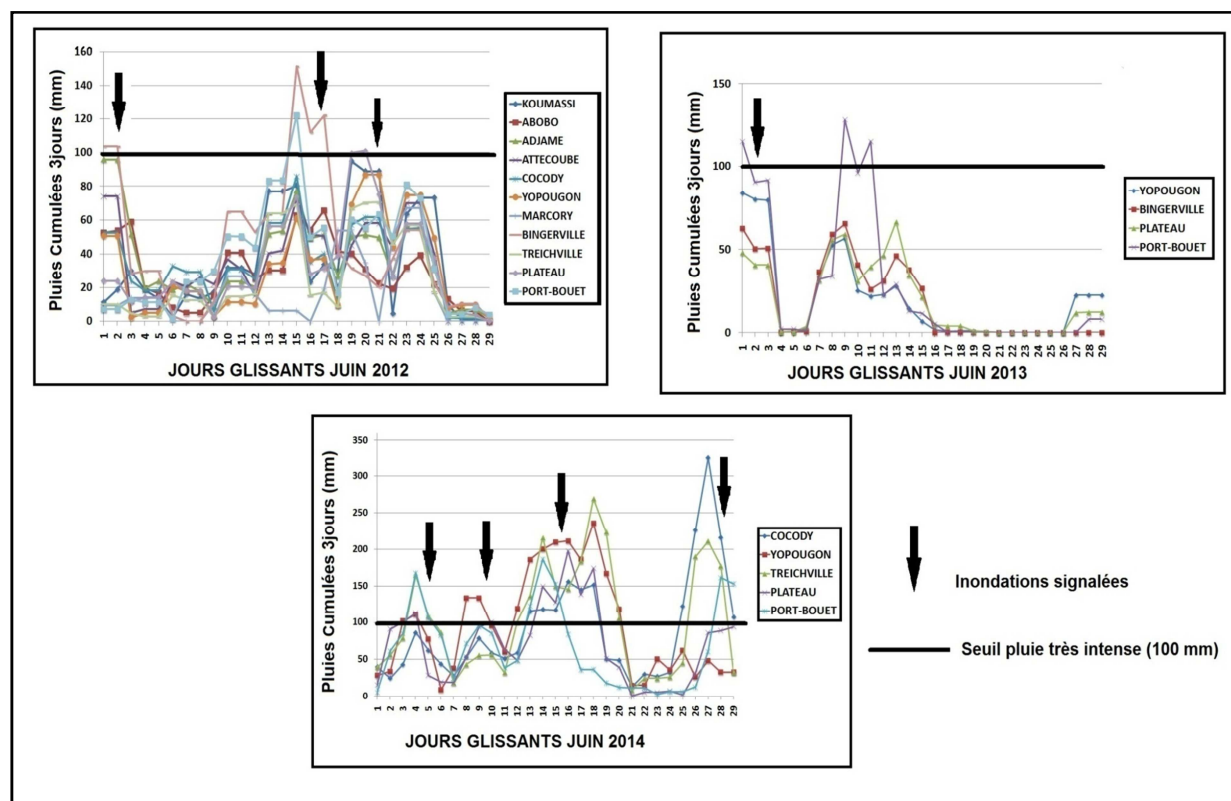


Fig. 6. Graphiques représentatifs des dates d'occurrence des totaux pluviométriques glissants trois (3) jours et inondations pendant la période critique (2012-2014) au niveau du district d'Abidjan

L'observation des courbes d'évolution des totaux pluviométriques sur des jours glissants montre que les pluies de trois (3) jours suivent la même tendance dans chaque commune du district malgré le nombre souvent faible de pluviomètres ayant enregistré les données de pluies à ces dates (seulement 4 stations en juin 2013). On constate par ailleurs une relation entre les dates d'occurrences des inondations et les cumuls pluviométriques glissants les plus élevés. La majorité des stations des communes du district présentent un pic pluviométrique à ces différentes dates d'inondations. Le mois de juin de l'année 2014 est le plus touché par les inondations, ce qui se justifie par le nombre important des différentes classes de pluie intenses pendant la période maximale d'occurrence des pluies.

Les quantités de pluies cumulées sur les dates glissantes lors des inondations enregistrées durant ces trois ans avoisinent ou dépassent le seuil des 100 mm de pluies (figure 6, trait noir) alors que les quantités journalières des pluies à chaque station excèdent rarement cette valeur. Cette valeur seuil de pluie de 100 mm qu'il ait ou non permanence dans les précipitations est la quantité au-delà de laquelle les conséquences des pluies sur le milieu physique deviennent importantes.

4.3.2 VARIABILITE SPATIO-TEMPORELLE ET RELATION TOTAUX GLISSANTS-INONDATIONS DANS LA DETERMINATION D'UNE QUANTITE SEUIL: CAS DES INONDATIONS DU 16-17-18 JUIN 2014

La répartition spatiale de la pluie journalière et des totaux glissants montre une différence nette dans la répartition des pluies. L'exemple de la considération unique des pluies journalières du 18 juin (figure 10a) dans la zone d'étude montre que seule la commune du Plateau est touchée entièrement par des pluies avoisinant 100 mm à cette date. Les communes d'Attécoubé, d'Adjamé (partie sud) et Cocody (extrémité sud ouest) ne le sont que partiellement. La majeure partie du district est en dessous des 100 mm (seuil d'inondation). Cependant l'ampleur des inondations, les dégâts associés et les pertes en vies humaines (12 morts) montrent le contraire, ce qui suppose que la saturation du sol par les pluies précédentes est non négligeable. Une approche par cumul de pluies journalières sur un nombre de jours glissants qui prendrait en compte les pluies des jours précédents s'avère importante. Le jour glissant 16 qui représente les pluies cumulées glissantes du 16, 17 et 18 juin (figure 10b) indique que la majorité du district d'Abidjan est affectée par une pluviométrie de plus de 100 mm (seuil de pluies très intense). Les inondations enregistrées dans toute la zone d'étude confortent l'idée selon laquelle les hauteurs de pluies de la seule journée du 18 juin ne sont pas à elles seules responsables de tous ces dégâts.

Le cumul des pluies sur trois (3) jours glissants ne néglige pas les pluies des jours précédents qui jouent un rôle important dans la saturation du sol en augmentant le ruissellement. Cette remarque démontre ainsi l'importance des totaux glissants dans la compréhension et l'étude des inondations pluviales urbaines. Pour le district d'Abidjan la hauteur de pluie à la base des inondations avoisine ou dépasse le seuil des 100 mm de pluies avec ou non permanence.

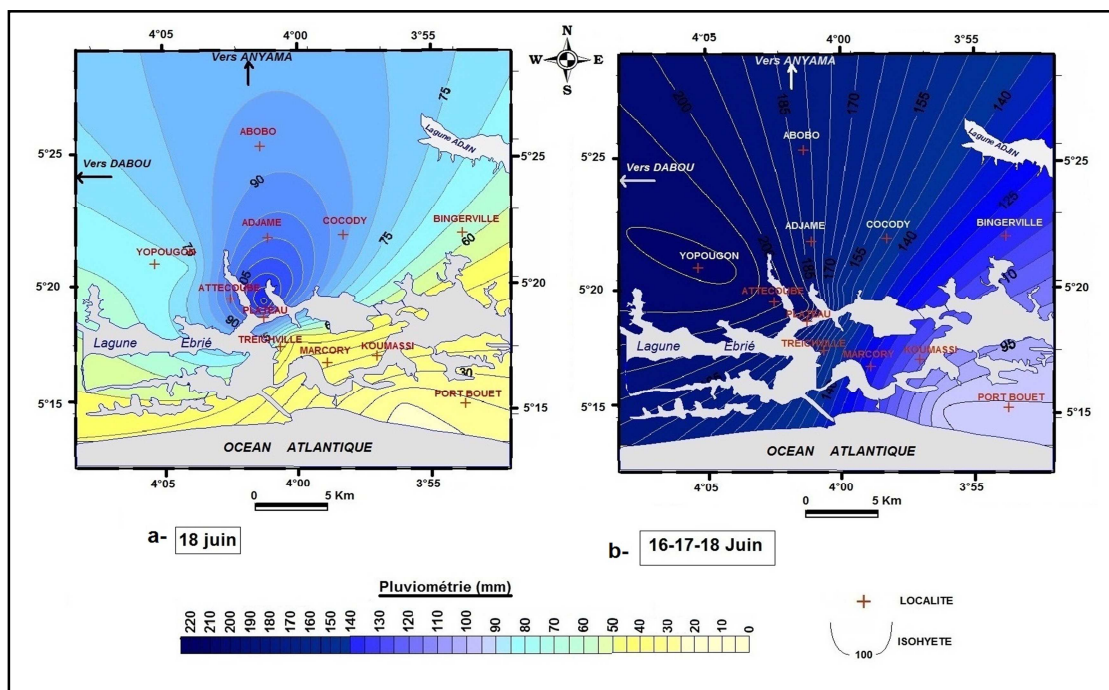


Fig. 10. Isohyètes des pluies journalières et pluies de trois (3) jours et pertinence de l'utilisation des totaux glissants pluviométriques pour l'étude des inondations pluviales

5 DISCUSSION

Cette étude a été menée en grande partie avec les données des stations installées dans le district depuis 2012. Malgré le faible nombre de stations (seulement 4 sur les 11) ayant enregistré de façon régulière les pluies durant la période maximale d'occurrence des inondations et pluies intenses, les données recueillies sont assez représentatives de la pluviométrie de la zone du district d'Abidjan. Les valeurs seuils de pluies intenses définies (50 mm, 75 mm et 100 mm) sont significatives et représentatives des dégâts d'inondations liés à ces pluies. Pour toute la zone d'étude il a été identifié, durant ces trois (3) ans, 71 pluies significatives ($50 \leq P \leq 75\text{mm}$), 26 pluies intenses ($75\text{mm} \leq P < 100\text{mm}$) et 15 pluies très intenses ($P \geq 100\text{mm}$). Il apparait évident que le nombre d'événements pluvieux intenses répertoriés, durant ces trois (3) ans, est proportionnel au nombre de pluviomètres ayant enregistré les données pluviométriques.

Il faut signaler que les quantités seuils adoptées et décrites dans cette étude, leurs implications dans les inondations et dégâts qu'elles causent, sont établies pour la zone du district d'Abidjan qui se caractérise par une pluviométrie abondante et des inondations récurrentes. Ces classes de pluies définies sont appropriées pour la zone d'étude et ne s'appliquent pas systématiquement à toute la Côte d'Ivoire.

Aussi, la quantité seuil de 50 mm de pluie significative se rapproche de celle de [12] qui est de 40 mm de pluies dans le sud du Portugal (zone géomorphologique affectée par des zones de basses altitudes) et est identique à celle de [13] définie en Taiwan situé également dans une zone équatoriale. De plus, la quantité seuil de pluie très intense (100 mm) est en accord avec la hauteur de pluie de 100 mm déjà signalée par [21] dans la ville d'Abidjan. Cette quantité se rapproche du seuil de pluie très intense décrite par [9] dans la province de Gauteng en Afrique du Sud, 115 mm de pluie et de [14] 125 mm de pluie dans les plaines des Etats Unis d'Amérique. En outre, ces quantités se retrouvent également dans notre classification basée sur le 90^{ème} (44 mm), 95^{ème} (69 mm) et 99^{ème} percentiles (91 mm).

L'application des totaux pluviométriques glissants a permis la détection de la quantité seuil à la base des inondations dans le district d'Abidjan. Cette technique de fenêtres glissantes comme dans les travaux de [17] au Royaume Unis et [18] en Amérique du nord a montré l'importance de l'utilisation des totaux pluviométriques cumulés dans la détermination du seuil de pluies intenses causant les inondations dans le district d'Abidjan. Le nombre de jours artificiellement prescrit selon les études sur la durée des épisodes pluvieux en Europe [19] et des changements dans les classes de pluies intenses au centre des Etats Unis d'Amérique [20]. Ce nombre de trois (3) jours en référence à [22] sur la caractérisation des précipitations extrêmes en Afrique de l'ouest a permis une meilleure approche de ces épisodes pluvieux et leur implication dans les inondations sur l'ensemble d'une zone donnée. La valeur seuil induisant les inondations dans les différentes communes du district, avoisinent les 100 mm de pluie qu'il y ait ou non permanence dans les précipitations.

Cette méthode des totaux pluviométriques glissant donne la quantité totale de pluies sur ces trois (3) jours, mais n'indique pas si cet événement pluvieux a persisté tout le long de ces jours [10]. Cependant, la quantité cumulée donne une indication sur le risque d'inondation de la zone enregistrant ces pluies.

Certes, la valeur seuil de précipitation ne prend pas en compte l'aspect géomorphologique des communes du district, cependant elle pourrait être influencée par le facteur niveau d'assainissement de la zone d'étude car les autres études notamment en Europe, aux USA, en Afrique du sud montrent des valeurs seuil légèrement à la hausse à cause de ce facteur.

6 CONCLUSION

Les précipitations journalières de différents seuils causent de graves inondations, avec des pertes en vies humaines de plus en plus croissantes, lors de la période maximale d'occurrence des pluies (mai-juin-juillet) avec un pic pendant la période critique des pluies (juin) dans le District d'Abidjan. L'analyse des données journalières de pluies enregistrées aux stations montre que la zone d'étude est plus sujette aux pluies significatives ($50 \leq P \leq 75\text{mm}$) pendant la période maximale d'occurrence des pluies définies dans cette étude. Par contre les pluies intenses ($75\text{mm} \leq P < 100\text{mm}$) ont une occurrence faible, et les pluies très intenses ($P \geq 100\text{mm}$) sont très faibles. Le mois de juin, en plus d'être le mois critique, est celui qui concentre la plus forte probabilité d'occurrence des quantités seuils de pluies définies dans cette étude. Le mois juin 2014 a été le plus catastrophique en événements pluvieux intenses avec 17 pluies significatives, 8 pluies intenses, 10 pluies très intenses pour l'ensemble des postes pluviométriques de la zone d'étude ce explique le nombre élevé d'inondations recensées et l'ampleur des dégâts et perte en vie humaines (24 morts) le plus élevé depuis [1].

En outre, l'étude de la pluviométrie journalière du mois de juin, pendant la période critique, à partir des totaux pluviométriques glissants sur trois (3) jours a permis de définir une quantité seuil de 100 mm impliquée dans les inondations. Cette quantité représente le seuil au-delà duquel le sol ne peut plus absorber l'eau et alors les conséquences sur le milieu physique (inondations) commencent à se faire ressentir. Les inondations répertoriées dans la zone du district d'Abidjan durant la période critique montrent que cette valeur est atteinte soit en un jour (rare) ou sur un cumul de pluies de deux à trois jours (fréquente). Ainsi, le cas particulier des pluies du 16 au 18 juin 2014 a montré que la considération des pluies journalières ne permettait de comprendre, à elle seule, l'importance et la gravité des inondations car elle ne prenait pas en compte les pluies des jours précédents qui jouaient un rôle indéniable dans la saturation du sol. La connaissance des pluies de trois (3) jours permet ainsi une meilleure approche des événements extrêmes et leur relation avec les inondations.

Toutes les quantités seuils utilisées ont été décrites et définies de façon détaillées. Ces quantités pourraient être revues à la hausse si le niveau d'assainissement s'améliore dans la zone d'étude. Cependant à l'heure actuelle, ces différentes valeurs pourraient servir de base dans la prévision des impacts désastreux des pluies intenses sur le district d'Abidjan.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements s'adressent aux responsables de ces structures ayant mis à notre disposition les données nécessaires à la réalisation de cette études, ce sont:

- La SODEXAM, à Direction de la Météorologie Nationale et surtout au service météorologique du département de l'agrométéorologie et des applications météorologiques pour les données hydroclimatiques de cette étude ;
- l'ONPC précisément au Département des Opérations Sécuritaires (DOS) qui nous a remis les données des catastrophes d'inondations enregistrées dans le district d'Abidjan ces cinq dernières années.

Notre reconnaissance va à l'équipe de travail du laboratoire des Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement et à la section en charge des Risques hydroclimatiques de l'Université Félix Houphouët-Boigny qui a permis la réalisation de cette étude.

REFERENCES

- [1] ONPC, "Inondations en Côte d'Ivoire", Département des Opérations Sécuritaires (DOS) 7p. 2014.
- [2] DDRM, "Dossier Départemental des Risques Majeurs : les risques dans les Hauts-de-Seine, Risques météorologiques", Préfecture des hauts- de-seine, 2008, p37-p51.
- [3] I. Yacoub, "Analyse de l'évolution qualitative et quantitative des ressources en eau souterraine du Grand Abidjan. DEA. Sciences de terre option hydrogéologie, Université de Cocody Abidjan, 57 p. 1997.
- [4] INS (Institut national de la Statistique), "Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH) : Résultats globaux, Districts Régions Départements Sous-préfectures". République de Côte d'Ivoire, Secrétariat Technique Permanent du Comité Technique du RGPH 26p, 2014.
- [5] J. P. Tastet, "Environnements sédimentaires et structuraux quaternaires du littoral du golfe de guinée (Côte d'Ivoire, Togo, benin)", thèse de doctorat d'état, université de bordeaux, 157p. 1979.
- [6] M. B. Saley, R. Tanoh, K. F. Kouamé, M. S. Oga, B. H. Kouadio, E. V Djaoua, S. Oularé, T. M. Youan, K. Affian, J. P. Jourda, I. Savane, et J. Biemi, "Variabilité spatio-temporelle de la pluviométrie et son impact sur les ressources en eaux souterraines : cas du district d'Abidjan (sud de la Côte d'Ivoire)". Actes-des colloque Niamey. 17p. 2010.
- [7] S. Tapsoba, "Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique de la région de Dabou (sud de la Côte d'Ivoire) : hydrochimie, isotopie, et indice cationique de vieillissement des eaux souterraines". Thèse de doctorat 3ème cycles, Université de Cocody, 201 p.13p, 1995.
- [8] X. Zhang, W.D. Hogg, and E. Mekis, "Spatial and temporal characteristics of heavy precipitation events over Canada". *Journal Climate* 14 1923-1936. 13p. 2001.
- [9] L. Dyson, "Heavy daily-rainfall characteristics over the Gauteng Province", Department of Geography, Geoinformatics and Meteorology, *Geography Building 2-12*, University of Pretoria, Pretoria 0001, South Africa.12p 627-638 12p, 2009.
- [10] Y. Chen, and P. Zhai, "Persistent extreme precipitation events in China during 1951–2010" State Key Laboratory of Severe Weather, *Chinese Academy of Meteorological Sciences*, CMA, Beijing, P. R. China Vol. 57: 143–155, 13p, 2013.
- [11] M. Beniston, D.B. Stephenson, O. B. Christensen, C. A. Ferro, and others, " Future extreme events in European climate: an exploration of regional climate model projections". *Climate Change* 81. p71–p95, 2007.
- [12] M. Fragozo and T. Tildes Gomes, "Classification of daily abundant rainfall patterns and associated large- scale atmospheric circulation types in Southern Portugal", *International Journal of Climatology* 28 (4) 537-544. 8p, 2008.
- [13] C. Chen, Y. Chen, C. Liu, P. Lin, and W. Chen, "Statistics of heavy rainfall occurrences in Taiwan". *Weather Forecasting* 22 (5) 981-1002, 2007.
- [14] A. A. Bradley, et J. A. Smith, "The hydrometeorological environment of extreme rainstorms in the southern plains of the United States". *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 33 1418-1431. 14p, 1994.
- [15] Météo France, *Phénomènes météo : Les pluies intenses*, 2015.
[En ligne] disponible: <http://www.meteofrance.fr/prevoir-le-temps/phenomenes-meteo/les-pluies-intenses>. (8 octobre 2015)
- [16] MetService, "Weather Warning Criteria", 2015. [En ligne]: <http://www.metservice.com/warnings/weather-warning-criteria.htm> (22 Octobre)
- [17] T. J. Osborn, et M. Hulme, "Evidence for trends in heavy rainfall events over the UK. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A Mathematical, Physical Engineering Science*, 360:1313–1325, 2002.
- [18] K. E. Kunkel, "North American trends in extreme precipitation", *Natural Hazards* 29:291–305. 16p, 2003.
- [19] O. Zolina, Simmer C., S.K. Gulev, S. Kollet, "Changing structure of European precipitation: longer wet periods leading to more abundant rainfalls", *Geophysical Research Letters* 37p. 2010.
- [20] P.Y. Groisman, R. W. Knight, T. R. Karl, "changes in intense precipitation over the central united states", *journal of hydrometeorology* 13:47–66. 20p, 2012.
- [21] K. B. Djè, "Analyse des risques d'inondations à Abidjan", SODEXAM, Direction de la meteorologie National, République de Côte d'Ivoire, bulletin mensuel d'alerte, 2013.
- [22] R. Morel, "Les pluies de trois jours comme extrêmes des précipitations", *Geographia Technica*. Numéro spécial, 329-334, 6 pages, 2009.

THE RELATIONSHIP BETWEEN INTELLECTUAL CAPITAL, FIRM VALUE AND FINANCIAL PERFORMANCE IN THE BANKING SECTOR: EMPIRICAL EVIDENCE FROM MOROCCO

Mohamed LOTFI¹, Mounime ELKABBOURI¹, and Youssef IFLEH²

¹Professeur habilité à l'Ecole Nationale de Commerce et de Gestion de Settat, Université Hassan premier, Settat, Maroc

²PHD Doctorant chercheur, (LEFCG), l'Ecole Nationale de Commerce et de Gestion de Settat, Université Hassan premier, Settat, 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 great divide between firm book value and market value has drawn scholar's attention to better understand the reasons behind this difference. Starting from this point, our aim through this paper is to examine the relationship between, in the one hand, Intellectual capital (IC) and firm value and in the other hand IC and firm performance. IC is proxied by The Value Added Intellectual Coefficient method (VAIC), whereas, financial performance is measured by (Return on assets (ROA), return on equity (ROE) and return on investment (ROI)). Firm value is assessed by market and book value. This study is conducted by using data from banking listed companies in Moroccan stock exchange, from 2009 to 2014. These banks represent the overwhelming majority of the Moroccan banking system. Second, by using the VAIC method, we will be able to measure the relation between IC components, as well as, the effect of each one of them on firm value and financial performance.

KEYWORDS: Intellectual capital, Value Added Intellectual Coefficient, bank, Morocco, firm value.

1 INTRODUCTION

In the industrial era the companies depended largely on their tangible assets to create value: land, equipment, etc. Whereas now, in the knowledge economy characterized by the development of communication technology, and the Internet, organizational value drivers shifted from tangible assets to intangibles (Abhayawansa and Abeysekera, 2008) .

In the literature there has been considerable research concerning the change of assets nature from tangible to intangibles. As stated by Sullivan (2000), in 1978 approximately 80 percent of corporate value was due to tangible assets, with 20 percent accounted for intangibles. By 1998, the proportions were reversed, with 80 percent of corporate value associated with intangible assets and only 20 percent with tangibles. Indeed, several studies support the validity of this research. For instance Lev (2001) has shown that, over the period of 1977-2001, the market-to-book value ratios of US Standard and Poors (S&P) 500 corporations increased from slightly above 1 to over 5, implying that about 80 per cent of corporate market value has not been reflected in financial reporting (Chen, et al 2005)

The great divide between the book value and market value has drawn scholar's attention to better understand the reasons behind this difference. Starting from this point, Anell (1989) introduced the concept of invisible balance sheet. Whereas, Sveiby (1997) presented the intangible assets monitors. (Edvinsson and Malone 1997) have noted that IC is the difference between market value and book value. After, this difference is used as proxy of IC and it was not considered as equal to it. The twenty-first century organizations are aware that most of their capacity to create value is strongly linked to the ownership and development of organization's IC (Schiuma et al., 2008). The latter has been recognized as an important resource that organizations need to develop to gain sustained competitive advantages (Chen, 2008; Schiuma & Lerro, 2008). Human capital which is the main component of IC can be regarded as a valuable resource and as a key factor for sustainable competitive advantages (Huselid, 1995; Pfeffer, 1994; Prahalad and Hamel, 1990; Wright et al., 1994, 2001)

Generally, in strategy literature, the discussion of what make some firms more performing than other has moved from external positioning in the industrial economy (e.g. Porter, 1998) to the availability of organizational resources as the main drivers of competitive advantages (Barney, 1991; Wright et al., 1994, 2001) in the era of Knowledge economy. In other words, If such resources are rare, hard to imitate, nonsubstitutable, and reside within the organization, they can boost the competitive advantage of those firms possessing it (Barney, 1991; Coff, 1997), and Competitive advantage helps firms yield positive returns (Peteraf, 1993) , this theory is called the resource based view (RBV).

The aim of this paper is first to investigate, on the one hand, the relation between IC proxied by the VAICTM (Pulic, 2000) and firm value (book and market value), on the other hand the relation between IC and profitability (Return on assets (ROA) and return on equity (ROE) and return on investment (ROI)) by using data from banking listed companies in Moroccan stock exchange, from 2009 to 2014.

Second, by using the VAIC method, we will be able to measure the relation between IC components, as well as, the effect of each one of them on firm value and profitability

The remainder of this article organized as follows: We'll start by discussing different IC component as well as measurement method. VAIC which will be used will be largely detailed, and a large literature review concerning IC and firm value will be presented

We conclude with the study conducted in banking sector concerning listed companies. We explain sample choice and survey method. Results are presented and discussed

2 INTELLECTUAL CAPITAL

2.1 CONCEPTS

IC plays has an important role in today's organizations. It's defined differently. Some scholars defined it as the difference between a company's market value and accounting value (Edvinsson and Malone, 1997; Stewart, 1997; Sveiby, 1997; Mouritsen et al., 2001), while others define it as the knowledge that can be converted into profit (Harrison and Sullivan, 2000).

Different classifications are given to IC, but the most known and generally accepted divides into three components which are:

HUMAN CAPITAL

Human capital is rooted in a certain way in the talent of employees (Cater & Cater, 2009). This capital can't be owned by the firm. for Edvinsson and Malone (1997) Human capital is a combination of knowledge, skills, experience and the individual capabilities of the firm's employees, which it is not possible to appropriate

STRUCTURAL CAPITAL

Structural capital is independent of individuals and is generally explicit (Chen, Lin, & Chang, 2006);. According to Edvinsson and Malone (1997) it's the infrastructure that incorporates, forms and supports human capital, encouraging the human factor to create and to share knowledge

RELATIONAL CAPITAL

Relational capital is the value of a firm's relationships with people and organizations with which it conducts business (Cabrita & Bontis, 2008)

2.2 INTELLECTUAL CAPITAL MEASURES METHODS

IC valuation methods are manifold. Each model depends in a particular field. According to Andriessen (2004), five communities exist: the intellectual capital community, the human resource accounting community, the performance measurement community, the valuation community, as well as the accounting community.

In adequacy with the objectives of our study, let us be part of the valuation community and the accounting one. The valuation community seeks methods for valuing individual intangible assets using a cost, a market or an income approach

(Sudarsanam et al., 2005) and the accounting community addresses the issue of the decreasing relevance of traditional financial information and finds ways to recognize intangible assets in financial statements (Lev, 2001)

An other classification is given by Andriessen (2004) in consonance with the method purpose. He distinguishes between the internal management approach and the external reporting approach,

Sveiby (2001) proposed a two-dimensional matrix that represents IC valuation models conforming to their valuation level (organizational or component level) and their means of the method (Non-monetary and monetary).

3 THE VALUE ADDED INTELLECTUAL COEFFICIENT VAIC

The VAIC model is intended to measure the extent to which a company produces added value based on intellectual (capital) efficiency or intellectual resources. This concept is credited to Dr. Ante Pulic (1995) whose interest was the processes of value creation in the new economy and the role of Intellectual capital. Three years later Pulic (1998, 2000) presented the concept and the application of "Value Added Intellectual Coefficient" (VAIC) to measure the IC of companies the concept in business practice were officially presented in the year 1999.

The first application concerned of top 400 Croatian companies and its results were presented at round table organized by leading Croatian economic magazine.

The purpose of this method is to provide information about the value creation efficiency of tangible and intangible assets within a company. VAIC™ method has been applied both: macro level and micro level and the results of the application of the models have been presented at different scientific meeting around the world.

According to Tan, Plowman, Hancock, (2007) The Pulic model is concerned with two other important aspects of valuation and value creation yet unsolved by other methods:

- (1) Market-based IC value cannot be calculated for companies that are not listed on the stock market. Such companies need an alternative way to determine their market-based IC value.
- (2) There is no adequate system of monitoring the efficiency of current business activities performed by employees, or whether their potential is directed towards value creation or value destruction.

The first element to take into consideration is the company's ability to create value added (VA). VA is the difference between sales (OUT) and inputs (IN):

$$VA = OUT - IN$$

(OUT): Outputs, they represent all the revenue including all the products and services sold on the market.

(IN): Inputs include all the expenses incurred in earning the revenue except labor expenses which is considered as an asset and not a cost.

The second relation of VA is capital employed efficiency CEE. This is an indicator for the VA created by one unit of physical capital employed CE. Capital Employed (CE) = physical capital + financial assets = Total assets – intangible assets.

The formula is: $CEE = VA/CE$

If a unit of CE generates greater returns in one company than another, then the first company is better at utilization of its CE. Thus, better utilization of CA is part of the IC of companies. (Pulic, 1995)

The third relation concerns VA and HC. The 'human capital efficiency' (HCE) shows how much VA is created by a dollar spent on employees. The problem that arises is how to calculate the HC. Salary and wage costs are an indicator of a firm's HC (Edvinsson, 1997; Sveiby, 1998), Pulic (1998)

The formula is: $HCE = VA/HC$

The fourth relation is "structural capital efficiency (SCE). The purpose is to assess the contribution of structural capital (SC) in value creation. In Pulic's model, SC is VA minus HC.

$$SC = VA - HC$$

The relation between VA and SC is calculated as: $SCE = SC/VA$

Finally, we calculate the intellectual ability of a company. It is the sum of the previously mentioned coefficients.

$$VAIC = CCE + HCE + SCE$$

The major advantage of Pulic's method is the availability of data in financial reports of companies.

4 IC FIRM VALUE AND FIRM PERFORMANCE

Several studies have demonstrated the strong relationships between intellectual capital and firm performance as well as firm value. Table I summarizes the relevant studies in this field:

Table 1: IC/ Firm performance most relevant studies

Authors	Context	Main Findings
Aboody and Lev (2000)	the chemical industry	Strong relation between IC and the current and future operating earnings
Cabrita and Vaz (2005)	53 Portuguese banks	A significant correlation of IC and the organizational performance and that the interaction between the components of the IC generates greater value.
Kamath (2008)		no relation between IC and firm profitability
Puntillo (2009)	banks listed on the Italian stock market	Weak relationship among IC, ROI, and return on asset (ROA).
Muhammad and Ismail (2009)	18 Malaysian financial companies	significant relationship between the VAIC and ROA
Clarke et al. (2010)	Australian listed companies	direct relationship between IC and the performance (ROA and ROE)
Ferraro and Veltri (2011)	Italian listed companies	Weak relationship between IC and market value
Gigante and Previati (2011)	Italian banks	Positive but not statistically significant relationship between equity returns, the VAIC and its components.
Maditinos et al. (2011)	96 Greek listed companies	Weak relationship among IC, M/BV but identifies a statistically significant relationship between the efficiency of human capital and ROE
Rehman et al. (2011)	12 Pakistani companies	positive and statistically significant relationship between the components of the VAIC and the ROE
Celenza and Rossi (2012),	11 Italian listed companies	Weak relationship VAIC and the profitability indicators (ROI and ROE)
Janosevic et al. (2013)	100 Serbian companies	Positive and statistically significant relationship between the ROE and the efficiency of CE and between the ROE and the efficiency of human capital.

5 DATA AND SURVEY METHODOLOGY

5.1 SAMPLE

The sample examined in this study is composed of six banks listed Moroccan stock exchange for the period 2009-2014. The analysis of bank concentration on the basis of market share of the main banks, Banque Populaire and Attijariwafa bank, that hold a market share cumulated of more than 50%, followed by the BMCE. The first four banks cover 74% from the deposits, 72% of the credit and 70% of the banking net profit¹

In spite of the fact that the number of examined banks is low, their market share is very important (85% in 2014) (table1)

¹ « Conseil de la concurrence réalisation d'une étude sur la concurrentiabilité du secteur bancaire Rapport de synthèse des volets I et II Mars 2013 »

Table 2: Banks Market share in 2014

Bank	Market share
AWB	27 %
BMCE	14,60%
BCP	26,70%
BMCI	7,60%
CDM	5,70%
CIH	3%
Total	85%

Source From annual reports 2014

5.2 PERFORMANCE MEASURES

Companies' financial performance examination can be made either by the absolute performance in terms of the scale of operation (balance sheet and income statement items) or the relative performance in terms of financial ratios. Ratios allow us to scale for factors, such as size, that vary within an industry and across industries. These financial performance measures can be used to compare performances over time, across industries, against benchmarks, or within segments of a particular business. (Katchova, Enlow ;2013)

Literature suggests that a set of performance measures should be diverse in order to provide various kinds of information regarding the different dimensions of firm performance (Tangen, 2005)

Firm performance is usually measured as financial and nonfinancial performance measures. Financial performance comprises of financial efficiency measures such as return on investment and return on equity, and profit measures such as return on sales and net profit margin (Li, Huang, and Tsai, 2010).

Tan, Plowman, Hancock, (2007) in their study investigating the association between the intellectual capital (IC) of firms and their financial performance, used three performance indicators: Return on equity (ROE); Earning per share (EPS) and annual share returns (ASR).

Shawqi Naji Jawad, Bontis (2010) in a study conducted in Jordanian pharmaceutical sector, used three indicators to represent firm performance: Sales growth, profit growth and market value

Sydler Haeffliger Pruksa (2014) defined the profitability of the firm its return on asset. Arguing that this measure has the advantage of being independent of the firm's financial leverage.

5.3 FINANCIAL INDICATORS

For this study, three performance indicators are chosen according to two criteria. First, we will choose the most used indicators in literature. Second, according the data availability, we'll use the most suitable indicator. For these reasons, ROE, ROI and ROA are designated to represent firm performance in our study.

Firm value

To asses firm value we'll take two variables, book value and firm value.

5.4 VARIABLES MEASUREMENT

The variables used in this study are summarized as follows:

5.4.1 FINANCIAL VARIABLES

Table 3: Financial variables

Variable	Definition	Formula
MV : Market value	The highest estimated price that a buyer would pay and a seller would accept for an item in an open and competitive market. business dictionary.com	Share closing price at the end of a year x the number of listed shares
BV : Book value	Book value of equity at the end of the year	total assets - intangible assets - liabilities
ROE: Return on equity	A measure of profitability that calculates how many dollars of profit a company generates with each dollar of shareholders' equity	ROE= net income/ stockholders' equity- net income)
ROI: Return on investment	A performance measure used to evaluate the efficiency of an investment or to compare the efficiency of a number of different investments	ROI= operative income/total assets
ROA: Return on asset	An indicator of how profitable a company is relative to its total assets.	ROA = Net income / Total asset

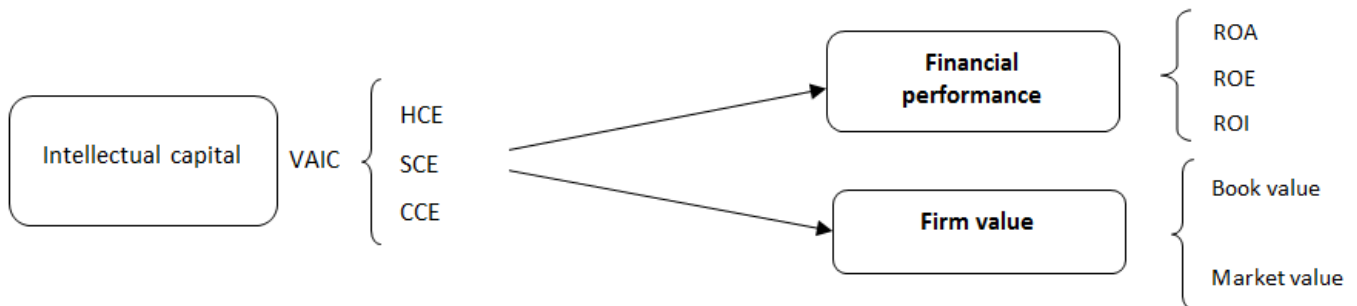
5.4.2 VAIC VARIABLES

VAIC variables are presented in the table below

Table 4: VAIC variables

Variable	Formula
Value added (VA)	VA OUT - IN
Capital Employed (CE)	CE=Total assets – intangible assets.
structural capital (SC)	SC = VA-HC
capital employed efficiency (CEE)	CEE= VA/CE
human capital efficiency' (HCE)	HCE = VA/HC
structural capital efficiency (SCE).	SCE = SC/VA
Intellectual capital efficiency (ICE)	ICE = HCE + SCE
Value Added Intellectual Coefficient (VAIC)	VAIC= CCE + HCE + SCE

5.5 MODEL



5.6 HYPOTHESIS

The following hypotheses are formulated:

- H1. A positive relationship exists between the intellectual capital value and the market value
- H2. A positive relationship exists between the elements of the of intellectual capital value (HCE, CEE and SCE) and the market value
- H3. A positive relationship exists between the intellectual capital value and the book value
- H4. A positive relationship exists between the intellectual capital value and the market to book value
- H5. A positive relationship exists between the intellectual capital value and the ROE
- H6. A positive relationship exists between the elements of the intellectual capital value (HCE, CEE and SCE) and the ROE.
- H7. A positive relationship exists between the intellectual capital value and the ROI
- H8. A positive relationship exists between the intellectual capital value and the ROA

6 ANALYSIS

The ranking of Moroccan banks according to VAIC method shows that AWB occupies the first class with the highest VAIC (5,513051) followed by BCP (3,882177), BMCI (3,849145), CDM (3,217097), CIH(3,116564) and finally BMCE (2,968741)

This study reveals that value creation capability of banks is mainly determined by HCE (Figure 1)

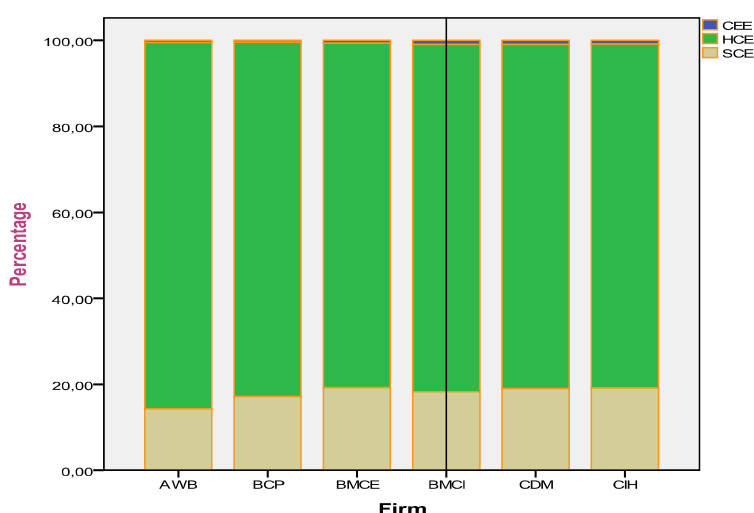


Figure 1: Moroccan bank Intellectual capital composition

Table 5 gives more details on the composition of IC in Moroccan banks.

Table 5: Detailed Moroccan bank Intellectual capital composition

	CCE	HCE	SCE	VAIC
AWB	0,0281	4,6986	0,7864	5,5131
BCP	0,0162	3,2131	0,6529	3,8822
BMCE	0,0195	2,3785	0,5707	2,9687
BMCI	0,0362	3,1236	0,6893	3,8491
CDM	0,031	2,5755	0,6106	3,2171
CIH	0,0269	2,4927	0,597	3,1166

Table 6 gives descriptive statistics

Table 6: Descriptive statistics

	Mean	Maximum	Minimum	Median	Std deviation
VA	2 932 486,83	9 226 146,00	500 357,00	2 345 762,00	2 221 896,93
CCE	0,0263	0,0387	0,0078	0,0281	0,0075
HCE	3,0971	5,2027	1,6004	2,7499	0,9378
SCE	0,6527	0,8078	0,3752	0,6395	0,0961
VAIC	3,7761	6,0427	1,9834	3,4187	1,0300
Market value	27 003 736,11	78 549 355,72	2 322 320,00	28 646 225,50	22 942 866,99
Book value	15 459 962,60	44 617 416,00	3 100 344,00	12 698 591,00	11 444 539,28
ROI	3,56%	6,47%	1,64%	3,62%	0,92%
ROE	12,72%	49,10%	4,82%	11,92%	7,84%
ROA	0,96%	1,40%	0,37%	1,09%	0,34%

Table 7 gives the data multivariate analysis.

Table 7: Data analysis: multivariate analysis

		VA	CCE	HCE	SCE	VAIC	ROI	Market value	ROE	ROA	MBV
VA	R	1,000	0,050	0,838	0,710	0,829	-0,047	0,894	0,067	0,259	0,514
	Sig.		0,774	0,000	0,000	0,000	0,787	0,000	0,702	0,134	0,003
CCE	R	0,050	1,000	0,215	0,395	0,240	0,933	-0,352	0,053	0,302	-0,611
	Sig.	0,774		0,214	0,019	0,164	0,000	0,048	0,764	0,078	0,000
HCE	R	0,838	0,215	1,000	0,935	0,999	0,011	0,684	0,175	0,539	0,226
	Sig.	0,000	0,214		0,000	0,000	0,951	0,000	0,314	0,001	0,214
SCE	R	0,710	0,395	0,935	1,000	0,947	0,220	0,491	0,132	0,516	0,008
	Sig.	0,000	0,019	0,000		0,000	0,205	0,004	0,449	0,002	0,966
VAIC	R	0,829	0,240	0,999	0,947	1,000	0,037	0,666	0,172	0,541	0,202
	Sig.	0,000	0,164	0,000	0,000		0,832	0,000	0,323	0,001	0,268
ROI	R	-0,047	0,933	0,011	0,220	0,037	1,000	-0,425	-0,007	0,175	-0,602
	Sig.	0,787	0,000	0,951	0,205	0,832		0,015	0,969	0,315	0,000
Market value	R	0,894	-0,352	0,684	0,491	0,666	-0,425	1,000	0,335	0,160	0,787
	Sig.	0,000	0,048	0,000	0,004	0,000	0,015		0,061	0,383	0,000
ROE	R	0,067	0,053	0,175	0,132	0,172	-0,007	0,335	1,000	0,443	0,277
	Sig.	0,702	0,764	0,314	0,449	0,323	0,969	0,061		0,008	0,126
ROA	R	0,259	0,302	0,539	0,516	0,541	0,175	0,160	0,443	1,000	-0,146
	Sig.	0,134	0,078	0,001	0,002	0,001	0,315	0,383	0,008		0,426
MBV	R	0,514	-0,611	0,226	0,008	0,202	-0,602	0,787	0,277	-0,146	1,000
	Sig.	0,003	0,000	0,214	0,966	0,268	0,000	0,000	0,126	0,426	

Table 8 gives univariate analysis

Table 8: Data analysis: univariate analysis

Dependant variable	Independant variable	Signification	R	R2	Fisher Test			Student test		
					Test	df	Table	Test	df	Table
Market value	VAIC	0,000	0,666	0,444	23,97	1 et 30	4,17	4,89	31	2,0423
MBV	VAIC	0,268	0,202	0,041	1,274	2 et 30	4,17	1,121	31	2,0423
BOOK VALUE	VAIC	0,000	0,722	0,521	35,96	0 et 33	4,12	5,997	31	2,0423
ROE	VAIC	0,000	0,172	0,03	1,008	1 et 33	4,12	1,004	31	2,0423
ROI	VAIC	0,832	0,037	0,001	0,046	1et 33	4,12	0,214	31	2,0423
ROA	VAIC	0,01	0,541	0,293	13,68	1 et 33	4,12	3,7	31	2,0423

In our survey, we test the relationship between variables through the simple and multiple linear regression analysis models using SPSS software. We conduct two type of analysis. The first one concerns the relationship of VAIC with market value, book value, ROE, ROI and ROA. In the second, we examine the components of VAIC with the market value and ROE.

Opposite to what one can expect, results show that there is no correlation between IC value and financial performance, except a moderate uphill relationship between VAIC and ROA ($R^2 = 0,293$). Instead, a positive and statistically significant correlation exists between VAIC and market value. Also book value seems to be strongly with VAIC. Whereas, Market to book ratio is not correlated with intellectual capital

In the second part and in accordance with the first analysis, there is no relation with the component of IC and financial performance (ROE). Results show also that among the components of IC, only HC is correlated to firm value.

In the light of these result we conclude that:

- H1 is verified
- H2 is verified
- H3 is verified
- H4 isn't verified
- H5 isn't verified
- H6 isn't verified
- H7 isn't verified
- H8 is verified

7 CONCLUSION

The main objective of this study is to examine the relationship between, in the one hand, IC and firm performance and in the other hand IC and firm value. IC is proxied by VAIC method, whereas, financial performance is measured by ROE, ROA and ROI. Firm value is approached by two elements, market value and book value. The analysis is carried on data of Moroccan listed banks which represent the overwhelming majority of the Moroccan banking system. Results, which are based on simple and multiple regression analysis made by SPSS software, show that HC is the most important component of IC. Empirical findings Indicate that IC is far from being determinant of the banks financial performance in Moroccan context.

REFERENCES

- [1] Abdel-Aziz Ahmad Sharabati, Shawqi Naji Jawad, Nick Bontis, (2010) "Intellectual capital and business performance in the pharmaceutical sector of Jordan", Management Decision, Vol. 48 Iss: 1, pp.105 – 131
- [2] Andriessen, D. (2004). Making sense of intellectual capital: Designing a method for the valuation of intangibles. Oxford: Elsevier Butterworth Heinemann.
- [3] Ani L. Katchova, Sierra J. Enlow, (2013) "Financial performance of publicly-traded agribusinesses", Agricultural Finance Review, Vol. 73 Iss: 1, pp.58 – 73
- [4] Barney, J. (1991), "Firm resources and sustained competitive advantage", Journal of Management, Vol. 17 No. 1, pp. 99-120.

- [5] Cabrita, M., & Bontis, N. (2008). Intellectual capital and business performance in the Portuguese banking industry. *International Journal of Technology Management*, 43(1–3), 212–236.
- [6] Cater & Cater (2009). (In)tangible resources as antecedents of a company's competitive advantage and performance. *Journal for East European Management Studies*, 2, 186–209.
- [7] Chen, Y., Lin, M. J., & Chang, C. (2006). The influence of intellectual capital on new product development performance – the manufacturing companies of Taiwan as an example. *Total Quality Management & Business Excellence*, 17(10), 1323–1339.
- [8] Chen, M., Cheng, S. and Hwang, Y. (2005), "An empirical investigation of the relationship between intellectual capital and firm's market value and financial performance", *Journal of Intellectual Capital*, Vol. 6 No. 2, pp. 159-76.
- [9] Cheng-Li Huang, Mien-Ling Chen, (2010) "Playing devious games, budget-emphasis in performance evaluation, and attitudes towards the budgetary process", *Management Decision*, Vol. 48 Iss: 6, pp.940 – 951
- [10] Ming-Chin Chen, Shu-Ju Cheng, Yuhchang Hwang, (2005) "An empirical investigation of the relationship between intellectual capital and firms' market value and financial performance", *Journal of Intellectual Capital*, Vol. 6 Iss: 2, pp.159 - 176
- [11] Edvinsson, L. and Malone, M.S. (1997), *Intellectual Capital: Realizing Your Company's True Value by Finding Its Hidden Brainpower*, Harper Business, New York, NY.
- [12] Huselid, M. (1995), "The impact of human resource management practices on turnover, productivity, and corporate financial performance", *Academy of Management Journal*, Vol. 38 No. 3, pp. 635-672.
- [13] Patrick H. Sullivan Jr, Patrick H. Sullivan Sr, (2000) "Valuing intangibles companies – An intellectual capital approach", *Journal of Intellectual Capital*, Vol. 1 Iss: 4, pp.328 – 340
- [14] Pal, K. and Soriya, S. (2012), "IC performance of Indian pharmaceutical and textile industry", *Journal of Intellectual Capital*, Vol. 13 No. 1, pp. 120-137.
- [15] Pfeffer, J. (1994), *Competitive Advantage Through People: Unleashing the Power of the Work Force*, Harvard Business School Press, Boston, MA.
- [16] Porter, M.E. (1998), *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*, Free Press, New York, NY.
- [17] Prahalad, C.K. and Hamel, G. (1990), "The core competence of the corporation", *Harvard Business Review*, Vol. 68 No. 3, 79-91.
- [18] Pew Tan, H., Plowman, D. and Hancock, P. (2007), "Intellectual capital and financial returns of companies", *Journal of Intellectual Capital*, Vol. 8 No. 1, pp. 76-95
- [19] Pulic, A. (2000), "VAIC: an accounting tool for IC management", *International Journal of Technology Management*, Vol. 20 Nos 5-8, pp. 702-14.
- [20] Sudarsanam, S., Sorwar, G., & Marr, B. (2005). A finance perspective on intellectual capital. In B. Marr (Ed.), *Perspectives on intellectual capital* (pp. 56–68). Boston, MA: Butterworth-Heinemann.
- [21] Sveiby, K., (2001). Methods for measuring intangible assets. <http://www.sveiby.com/articles/IntangibleMethods.htm> Accessed December 2015
- [22] Stefania Veltri Antonella Silvestri, (2011), "Direct and indirect effects of human capital on firm value: evidence from Italian companies", *Journal of Human Resource Costing & Accounting*, Vol. 15 Iss 3 pp. 232 - 254
- [23] Schiuma, G., Lerro, A. and Sanitate, D. (2008), "Intellectual capital dimensions of Ducati's turnaround – exploring knowledge assets grounding a change management program", *International Journal of Innovation Management*, Vol. 12 No. 2, pp. 161-193.
- [24] Stefan Tangen, (2005) "Analysing the requirements of performance measurement systems", *Measuring Business Excellence*, Vol. 9 Iss: 4, pp.46 – 54
- [25] Sveiby, K.E., Ansell, E., Axelsson, S., Emilsson, P.M., Karlsson, H., Johan, C. and Vikstrom, S. (1989) *The Invisible Balance Sheet: Key Indicators for Accounting, Control and Valuation of Know-How Companies*.
- [26] Sveiby, K.E. (1997), *The New Organizational Wealth: Managing and Measuring Knowledge-based Assets*, Berrett-Koehler, San Francisco, CA
- [27] Wright, P.M., Dunford, B.B. and Snell, S.A. (2001), "Human resources and the resource based view of the firm", *Journal of Management*, Vol. 27, pp. 701-721.
- [28] Wright, P.M., McMahan, G.C. and McWilliams, A. (1994), "Human resources and sustained competitive advantage: a resource-based perspective", *International Journal of Human Resource Management*, Vol. 5 No. 2, pp. 301-326.

LA LOGISTIQUE DES CONTENEURS ENDOMMAGÉS: QUEL TRAITEMENT DES CONETENEURS ENDOMMAGÉS A TANGER MED I?

[THE LOGISTICS OF DAMAGED CONTAINERS: WHICH TREATMENT OF DAMAGED CONTAINERS FOR TANGIER MED I?]

Abderrahman SADDIKI and Ouafae BAHOU

¹Professeur d'enseignement Supérieur (PES) à l'Université Abdelmalek Essaâdi,
Faculté des Sciences Juridiques, Economiques et Sociales de Tanger, Maroc

²Doctorante en Sciences Economiques et Gestion à l'Université Abdelmalek Essaâdi,
Faculté des Sciences Juridiques, Economiques et Sociales de Tanger,
Centre d'études doctorales: Droit, Économie et Gestion, 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 container making a stopover at Tanger Med or during the trip is likely to suffer a damage due to shock, drop or rough handling which rises prevention and attention. Hence, the need for a good management of container terminals. Following a case study carried out within a world-class company, a subsidiary of Maersk line, APM Terminals Tanger, is an essential link in the international transport chain whose containers ensure, in principle, an optimal routing security involving a successful completion of the process. In light of these elements, the issue of damaged containers is of an outstanding importance.

This paper proposes a general assessment of container damages in order to restrict the scope of these and determine the safest way to handle and stack the different types of containers.

KEYWORDS: Port logistics, damaged containers, claims management, the DMAIC approach

RÉSUMÉ: Le conteneur qui fera escale à Tanger Med ou au cours de son voyage est susceptible de subir des dommages pour cause de chocs, de chute ou de manutention brutale qui suscite une prévention et une attention particulière. D'où la nécessité d'une bonne gestion des terminaux à conteneurs.

À l'issue d'une étude de cas réalisée au sein d'une société de renommée mondiale, filiale de Maersk line, APM Terminals Tanger, constitue un maillon essentiel de la chaîne de transport international dont le conteneur garantit, en principe, une sécurité d'acheminement optimale cela implique de réussir l'accomplissement du processus avec succès

À la lumière de ces éléments, la question des conteneurs endommagés revêt une importance remarquable.

L'article propose une évaluation générale des dommages des conteneurs dans le but de restreindre l'étendue de ces derniers et déterminer la façon la plus sûre de manutentionner, et gerber les différents types de conteneurs.

MOTS-CLEFS: Logistique portuaire, conteneurs endommagés, la gestion des réclamations, l'approche DMAIC.

1 INTRODUCTION

Le secteur des marchandises conteneurisées par voie maritime est devenu au fil des années un secteur vital pour le développement économique de tout pays

La concurrence croissante entre les terminaux à conteneurs, les a obligés à mettre le point sur l'amélioration de la qualité de leur service, afin de satisfaire les besoins de la clientèle qui ne cessent d'augmenter.

En effet, Le souci majeur d'un terminal à conteneurs étant d'acquérir plus de capacité de manutention des flux de conteneurs et d'améliorer l'efficacité de ses équipements.

Inauguré en 2007, Le port Tanger Med I constitue une infrastructure capitale pour le Maroc, une plate-forme mondiale au carrefour des routes entre l'Europe, l'Asie, les Amériques et l'Afrique. Tanger Med est aujourd'hui relié à 167 ports dans 66 pays et sur 5 continents¹ et comprend deux terminaux à conteneurs² :

Le premier terminal à conteneurs (TC1) est opéré, dans le cadre d'une concession de 30 ans octroyée en 2005 à APM Terminals Tanger.

Le deuxième terminal à conteneurs (TC2) est opéré, dans le cadre d'une concession de 30 ans octroyée en 2006 au consortium EUROGATE TANGER.

Dans tous les domaines on rencontre des problèmes qui nuisent au bon déroulement des opérations, et l'activité au sein du terminal n'échappe pas à la règle. Par conséquent, plusieurs contraintes surgissent durant les opérations comme par exemple les pannes, les re-plannings, les mauvais dispatchings des grues...etc., qui ont pour effet direct ou indirect l'endommagement des conteneurs, Il faudrait donc penser à minimiser la fréquence d'apparition de ces dégâts.

Cette recherche s'efforce de répondre à la problématique suivante : comment peut-on renforcer la maîtrise des opérations sur le terminal à conteneurs, à travers la réduction des coûts de réclamations des conteneurs endommagés ?

Cette réduction constitue un des axes stratégiques de toute entreprise soucieuse de sa pérennité. C'est dans ce contexte que s'inscrit notre recherche, à la convergence d'intérêts académiques et professionnels. Elle relève des sciences de gestion, dont la spécificité est d'apporter une contribution à la communauté scientifique. Cette dernière a pour point de départ le constat d'un **problème réel sur terrain**³.

Le Traitement des conteneurs endommagés est pertinent, dont l'objectif principal étant de garder l'avantage concurrentiel en minimisant les conteneurs endommagés. Les objectifs secondaires sont :

- La compréhension du processus de réclamations en général et le traitement des conteneurs endommagés en particulier
- La mise en place d'une approche DMAIC⁴ (Définir, mesurer, analyser, implémenter et contrôler) dans la gestion du conteneur endommagé
- La maîtrise des coûts liés aux conteneurs endommagés
- Le renforcement et la vérification de la manutention des conteneurs endommagés

Cet article est scindé en trois parties. La première précise le cadre conceptuel et théorique mobilisé. La seconde détermine la méthodologie adoptée et présente le cas d'APM TERMINALS Tanger sur lequel repose l'enquête empirique. La troisième est consacrée aux résultats. Les apports et les limites de recherche sont débattus en conclusion.

L'origine de la problématique: C'est une problématique actuelle qui correspond à une réalité empirique importante.

Les réclamations des conteneurs endommagés constituent une partie importante en comparaison avec les autres réclamations.

¹ Bulletin Tanger Med News, diffusé le 15 Avril 2016

² <http://www.tmpa.ma/>

³ Il s'agit d'une étude ponctuelle, c'est-à-dire réalisée dans une période donnée

⁴ FRECHET Caroline, « Mettre en œuvre le SIX sigma », édition d'organisation, 2005.

En effet, entre 2010 et 2011, il a été constaté l'existence d'un nombre important de conteneurs soit qui sont complets ou vides ont été endommagés suite à leur manipulation pendant les opérations sur le yard et le coût des réclamations des conteneurs endommagés était élevé en 2011 et cela dépend de la partie endommagée dans le conteneur ainsi que le type de dommage subi. À ce niveau la question qui s'impose concerne la gestion et le traitement des réclamations des conteneurs endommagés. En effet, nous avons eu l'occasion d'appréhender en profondeur le processus de gestion des réclamations et les différents flux qui lui sont associés

À cet effet, il est à noter que la gestion des réclamations concerne plusieurs types de dommages qui sont :

- Dommages aux conteneurs standards
- Dommages aux conteneurs frigorifiques (Reefers)
- Dommages aux conteneurs spéciaux (autres que standards et frigorifiques)
- Dommages aux cargaisons
- Dommages aux structures de navires
- Dommages aux équipements de navires
- Autres dommages de biens tiers, perte ou vol ou tout autre type de sinistre (réclamé).

2 LE CADRE CONCEPTUEL ET THEORIQUE DE L'ETUDE

2.1 L'APPROCHE PROCESSUS

La norme amène les organisations à adopter une « approche processus » lors de la mise en œuvre d'un système de management de la qualité⁵.

L'approche processus consiste à prendre en compte un ensemble des activités qui sont à la fois liées et interdépendants qui « transforme des éléments d'entrée en éléments de sortie ». Il est à noter que les éléments d'entrée d'un processus sont généralement les éléments de sortie d'autres processus.

Dans le champ de la théorie des organisations, Perrow (1967) est le premier à étudier la conceptualisation du processus de traitement des données organisationnelles.

Mintzberg (1971) Définit un processus organisationnel comme étant un « un cycle d'activités constitué d'un ensemble d'opérations élémentaires finalisées »⁶

2.1.1 ORIGINE DE L'APPROCHE PROCESSUS

L'approche processus situe son origine⁷ au début des années 80 avec l'avènement de la qualité, les cercles de qualité. Le bon fonctionnement d'une entité ne peut être déterminé qu'en le rapprochant du BUT à atteindre d'où la naissance de l'approche processus, qui analyse les activités par rapport à la valeur ajoutée qu'elles apportent vis-à-vis du BUT à atteindre

2.1.2 PRINCIPE DE L'APPROCHE PROCESSUS

Cette méthode consiste à séparer les entités de l'organisation tout en créant des processus constitués de 3 niveaux afin d'harmoniser et d'améliorer les pratiques de l'entreprise :

- a. Les processus opérationnels, qui délivrent la valeur ajoutée directement perceptible par l'utilisateur ;
- b. Les processus support, qui fournissent l'énergie aux processus opérationnels ;
- c. Les processus de management, qui permettent l'orchestration de l'ensemble.

⁵ CONNANGLE Sylvain, VERCAUTEREN Richard, *Gérer la démarche qualité en établissement pour personnes âgées*, Toulouse, ERES « Pratiques gérontologiques », 2007, 144 pages

⁶ PLUCHART Jean-Jacques, BARBARA Latifa 2014, « Vers une approche constructionniste du processus d'évaluation de l'entreprise, *Recherches en Sciences de Gestion* (N° 100), p. 49-70.

⁷ Hans BRANDENBURG, Jean-Pierre WOJTYNA, 2006 « L'APPROCHE PROCESSUS -Mode d'emploi », Édition d'organisation, 191p

2.2 LA PLANIFICATION DES OPÉRATIONS AU SEIN DU TERMINAL À CONTENEURS ET ÉTABLISSEMENT DES PROCESSUS

Nous commençons par une présentation des niveaux de planification des opérations sur le yard. Dans ce contexte, nous examinons le processus des opérations de transbordement dans un terminal à conteneurs.

a. Les niveaux de planification

Les niveaux de planification dans un terminal à conteneurs sont distingués selon l'horizon et la portée de chacune d'entre-elle en trois niveaux :

- **Planification stratégique** qui détermine la position, l'architecture et le nombre des équipements à utiliser pour un nouveau terminal, ainsi que le degré d'automatisation de ce terminal. La durée d'une décision stratégique est généralement de 4 ans.
- **Planification tactique** qui détermine la structure du yard, la disposition des différents types de conteneurs sur le yard et l'organisation du trafic pour le transport horizontal. Sa durée est entre quatre semaines et quatre mois.
- **Planification opérationnelle** qui détermine les plans de travail pour les ressources d'un terminal à conteneurs. Elle dure entre quelques secondes et quelques jours.

Ces décisions sont présentes d'une manière plus détaillée à différentes étapes de processus dans un terminal à conteneurs :

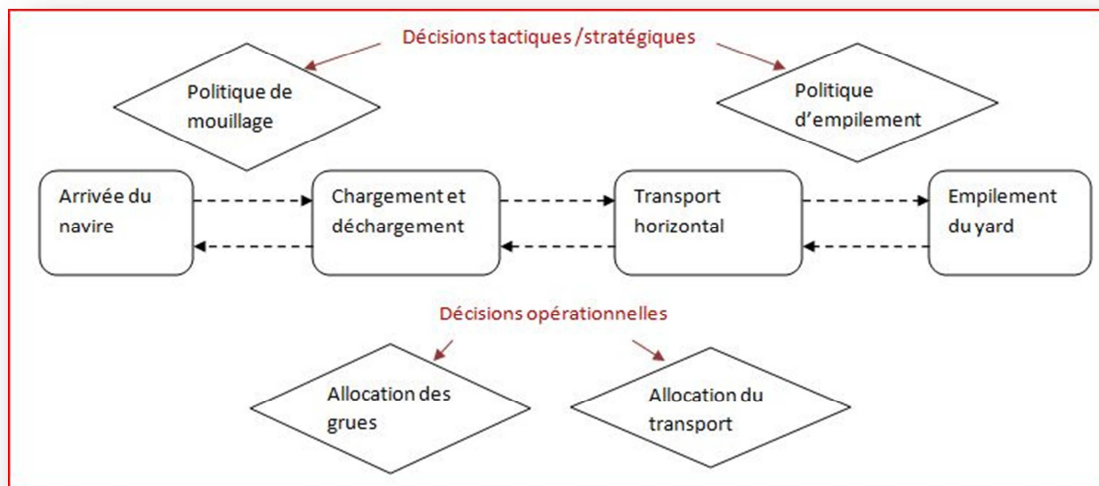


Figure 1. Les niveaux de planification

Les processus des opérations requis dans un terminal à conteneurs sont divisés en sous-processus. La figure suivante illustre les niveaux de décisions à prendre dans un terminal à conteneurs dans le cadre du processus général.

b. Les phases du processus du transbordement dans un terminal à conteneurs :

- Allocation des postes d'amarrage

Quand le navire arrive la direction du terminal à conteneurs doit localiser sa position de mouillage et préciser la durée de service pour programmer les opérations. Cette décision de choix d'une politique de mouillage a un impact sur d'autres décisions concernant les opérations du vaisseau. La politique du mouillage est formulée par le choix d'une politique de séquence et d'une politique de positionnement.

Pour décider quelle allocation pour un navire qui arrive, les facteurs suivants doivent être pris en considération : Il s'agit de leurs postes d'amarrage sur le quai ainsi que le temps approprié d'amarrage

- ✓ La longueur et le tirant d'eau du navire
- ✓ Le créneau de mouillage : basé sur l'ETA (temps estimé d'arrivée) et le ETD (temps estimé de départ)
- ✓ Le nombre de conteneurs à manipuler, qui nous donne le temps d'occupation du poste d'amarrage
- ✓ Disponibilité du poste d'amarrage
- ✓ Essayer de maintenir un taux d'utilisation des postes d'amarrage élevé
- ✓ Les grues sont disponibles et proche du poste d'amarrage

- Les opérations de chargement et déchargement

Le sous-processus de chargement et déchargement sont mis en œuvre à travers une décision opérationnelle de la part de la direction du terminal à conteneurs pour l'allocation des grues du quai QC et les équipements de transport sur le yard. Généralement, l'allocation de ces ressources est guidée en parallèle.

Les décisions à prendre ou les problèmes à affronter dans l'opération de chargement et déchargement sont :

- ✓ Le nombre de conteneurs à manipuler ;
- ✓ Allocation des grues ;
- ✓ Nombre de transporteurs à attribuer ;
- ✓ La gestion du trafic pour éviter l'étranglement sur le yard ;
- ✓ Le nombre des équipes pour chaque brigade et chaque période.

Dans APMTT, les conteneurs arrivent soit par navires ou par camions et sont stockés par la suite dans le yard. Après ils quittent le terminal à travers ces mêmes moyens de transport vers leur destination suivante. Le flux des conteneurs dans le terminal est composé par le flux d'import (les conteneurs sont déchargés par le portique de quai, soit pour un transbordement soit pour un déplacement vers la position finale par camion) et le flux d'export (les conteneurs sont chargés dans le navire et quittent le terminal par la suite)

3 L'ÉTUDE EMPIRIQUE

Cette partie explicite la méthodologie suivie, elle présente le cas d'APM Terminals Tanger et comment les données ont été collectées.

3.1 MÉTHODOLOGIE ET COLLECTE DE DONNÉES

La prévention des dommages est une priorité absolue, car le succès économique est dans une large mesure tributaire de la satisfaction de la clientèle. Dans ce cadre cette partie sera la clé de voûte d'une continuité vers l'excellence qui va jeter un regard profond sur des incidents spectaculaires de conteneurs endommagés principalement axé sur les nombreux petits et moyens cas qui ont eu lieu au sein du terminal à conteneurs là où la société est responsable de payer d'énormes sommes d'argent chaque année, ainsi qu'effectuer une manutention particulière, c'est la raison pour laquelle une réduction des coûts est cruciale.

L'objectif principal de cette partie est de traiter les dommages des conteneurs en vue de restreindre l'étendue de ces derniers grâce à la méthode LEAN SIX SIGMA⁸, tout en menant une étude exhaustive analysant l'ensemble des causes et proposant des solutions à mettre en place, basés sur les différents cas qui se sont produits au cours des opérations sur le terminal à conteneurs.

L'approche du Management de projet et le Management par les processus sont des prérequis visant le lancement et la réalisation des projets Lean Six Sigma, et la performance des processus. La mise en œuvre de cette méthode implique un changement dans les pratiques des processus. Il faut donc, accompagner ce changement par la modification des tâches (collectives et individuelles), l'adaptation avec les changements culturels et les résistances éventuelles et l'instauration d'un mode de communication interne.

- L'approche DMAIC

C'est une méthode qui se base sur cinq étapes contractées dans l'acronyme DMAIC

- ✓ Définir/Define
- ✓ Mesurer/Mensure
- ✓ Analyser/Analyze

⁸ *SIX SIGMA : Concept élaboré par Motorola, durant les années 80, et a été considérablement diffusé par Jack Welch de GE (General Electric). LEAN SIX SIGMA : C'est une méthodologie intégrative combinant les outils rapides du Lean et les analyses fines du Six Sigma qui s'applique sur les processus, et non pas sur les problèmes*

- ✓ Améliorer/Implement
- ✓ Contrôler/Control

3.2 ETUDE DU PROBLEME DES CONTENEURS ENDOMMAGES : CAS APM TERMINALS TANGER

Au cours de la crise économique de 2009, APM Terminals Tanger, avait vu ses volumes baisser de 6% par rapport à 2008, mais la société a pu rattraper cette baisse en 2010 en progressant de 66% avec un volume de 901.000 mouvements, soit 1,4 million d'EVP.

Les réclamations des conteneurs endommagés constituent une partie importante en comparaison avec les autres réclamations.

En effet, entre 2010 et 2011, il a été constaté l'existence d'un nombre important de conteneurs soit qui sont complets ou vides ont été endommagés suite à leur manipulation pendant les opérations sur le yard et le coût des réclamations des conteneurs endommagés était élevé en 2011 et cela dépend de la partie endommagée dans le conteneur ainsi que le type de dommage subi.

C'est la raison pour laquelle, Il faudrait entreprendre une évaluation générale des dommages des conteneurs dans le terminal afin de restreindre l'étendue de ces derniers et déterminer la façon la plus sûre de manutentionner, et gerber les différents types de conteneurs ainsi de constituer un avantage compétitif par rapport aux autres terminaux à conteneurs.

A la suite de cette évaluation, on peut identifier ces dommages et leurs causes afin de mieux réaliser les objectifs de rentabilité à long terme.

3.2.1 DÉFINITION DU PROCESSUS DE RÉCLAMATIONS DE CONTENEURS ENDOMMAGÉS

APM Terminals Tanger vise en premier lieu à répondre aux exigences de ses clients en veillant à ce que les conteneurs arrivent au récepteur avec succès d'où une attention particulière est accordée et une prévention de dommages s'avère nécessaire.

Lorsqu' un incident est causé par APM Terminals Tanger, aboutissant aux dommages matériels aux navires, des conteneurs, ou des véhicules externes, ou des échecs de service aux clients, l'ordre suivant d'actions devrait avoir lieu :

- ✓ Notification interne des incidents et des dommages ;
- ✓ Notification interne des accidents, des dommages matériels peuvent être reçus par l'un des moyens suivants :
- ✓ Rapport des dommages matériels ;
- ✓ Rapport d'incidents ;
- ✓ Equipement des échangeurs rapport ;
- ✓ Rapport d'échec de la fonction.

Comprendre le processus de réclamations de conteneurs endommagés, nécessite de détailler l'ensemble des phases qui le constitue.

Dans ce cadre, la première des tâches à réaliser est de munir des enquêtes directement après l'existence de dommages pour l'analyse de principales causes qui se différent d'un cas à un autre en fonction des circonstances, ensuite le bureau de réclamations devrait mettre à jour la base de données, cette dernière contient tous les indicateurs identifiant les dommages des conteneurs ensuite informe la tierce partie par un courrier électronique officiel et négocie l'action suivante.

Après la réception de la réclamation, dans le cas où l'expertise est nécessaire, le bureau de réclamations devrait s'arranger avec la tierce partie pour contacter l'expert pour une enquête et s'il y a intérêt au cross stuffing, là où le dommage peut affecter la marchandise à l'intérieur du conteneur, il s'agit de dépoter cette dernière pour l'emporter vers un autre conteneur.

L'étape suivante sera le fait d'informer le département financier, ce dernier effectuera une évaluation de réparation de dommage subi.

Enfin, la fermeture de la réclamation qui est faite en négociant avec le client en vue d'aboutir à un compromis pour règlement final ou paiement.

Le processus de réclamations de conteneurs endommagés est mis en évidence dans la figure ci-dessous :

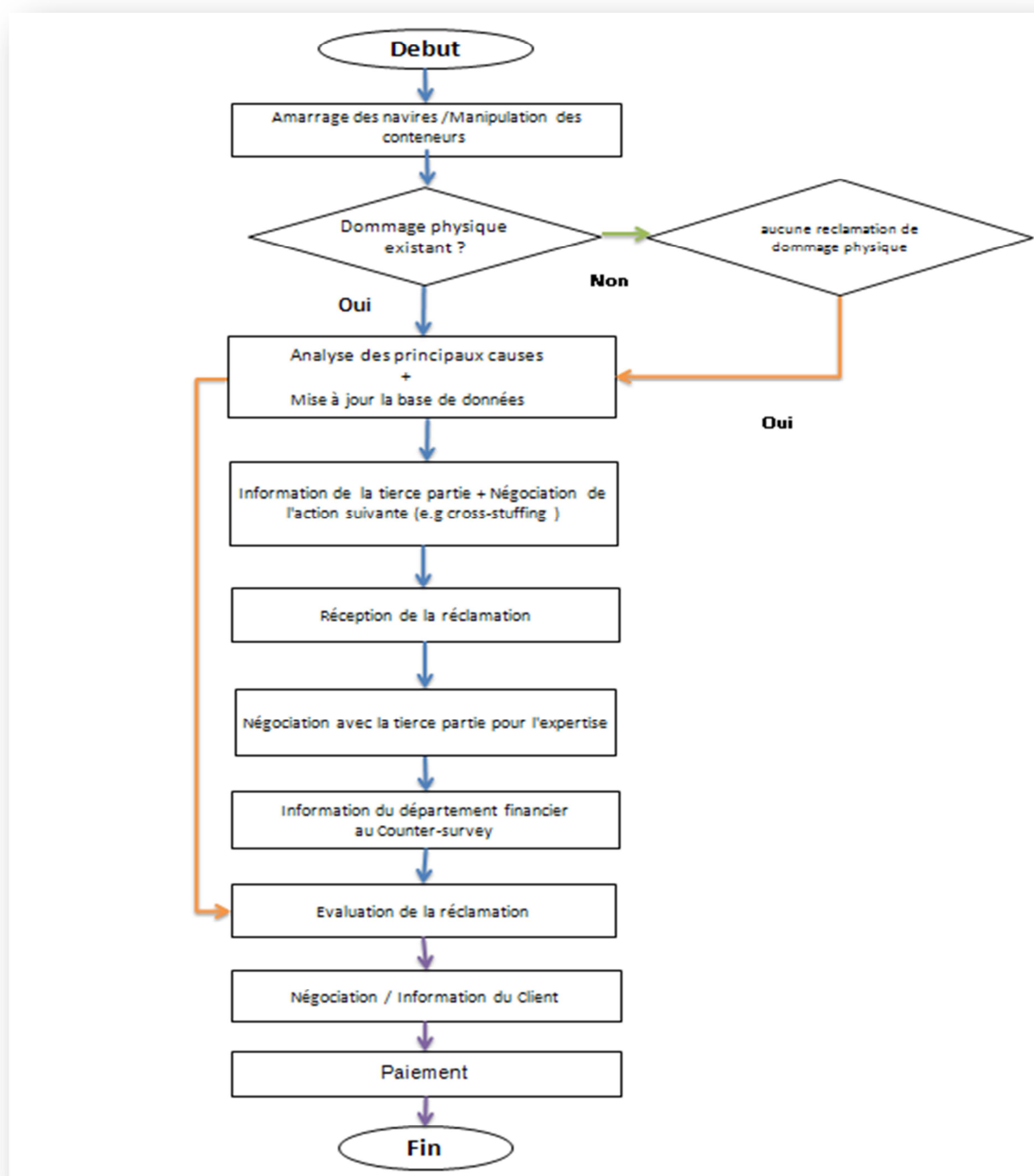


Figure 2. Le processus de réclamations de conteneurs endommagés

3.2.2 LA DETERMINATION DU NOMBRE DE CONTENEURS ENDOMMAGES

Cet histogramme nous amène à examiner de plus près le nombre de conteneurs endommagés pendant les périodes 2010-2011 et 2012

Après comparaison, il s'avère qu'entre 2010 et 2012 l'existence d'un nombre important de conteneurs que ce soit vides ou complets qui ont été endommagés suite à leur manipulation durant les opérations sur le yard.

En effet, le nombre de conteneurs endommagés en 2010 était de 115 et en 2011 de 129 ce qui excède la cible « 110 » qu'on a adopté comme indicateur de mesure de performance et un axe à ne pas dépasser, par conséquent, ceci se répercute sur la tendance des opérations sur le yard, ce qui induit à prévenir au maximum leur propagation puisqu'on a décelé que leur fréquence est imprévue cas de 2012.

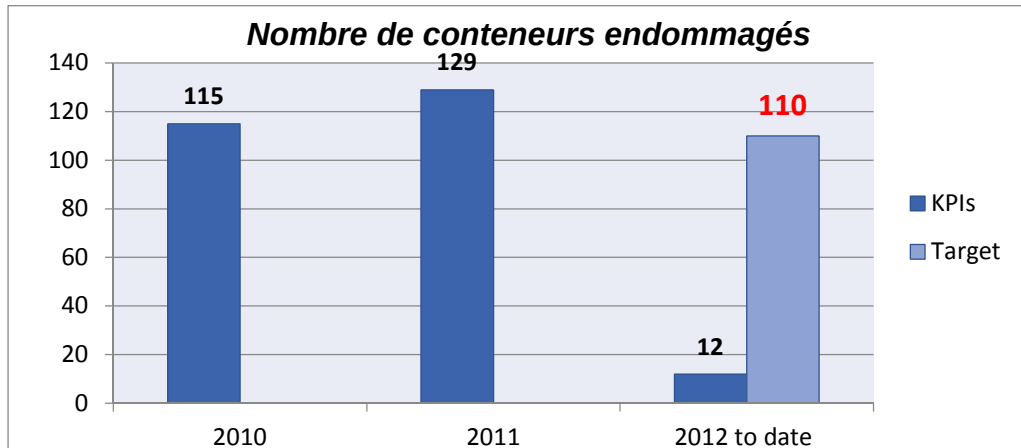


Figure 3. Graphique représentatif du nombre de conteneurs endommagés par an

3.2.3 LE DIAGRAMME DE CAUSES À EFFET

La réduction des conteneurs endommagés constitue un atout majeur pour la maîtrise de l'avantage concurrentiel et selon les éléments qu'on a traité auparavant, il s'avère indéniable d'analyser l'ensemble des principales causes qui engendrent la production de ces dommages et qui peut nuire sur le long terme à la compétitivité de l'entreprise c'est la raison pour laquelle on a procédé à un brainstorming par la participation des opérateurs sur le yard et des managers concernés qui ont une vision sur les différentes situations de dommages causés aux conteneurs.

Le résultat de ce brainstorming, est présenté dans le diagramme d'Ishikawa ci-dessus, qui est l'un des outils qui permettent de recenser les causes d'un problème. Les causes ont été multiples et différentes d'un poste à un autre.

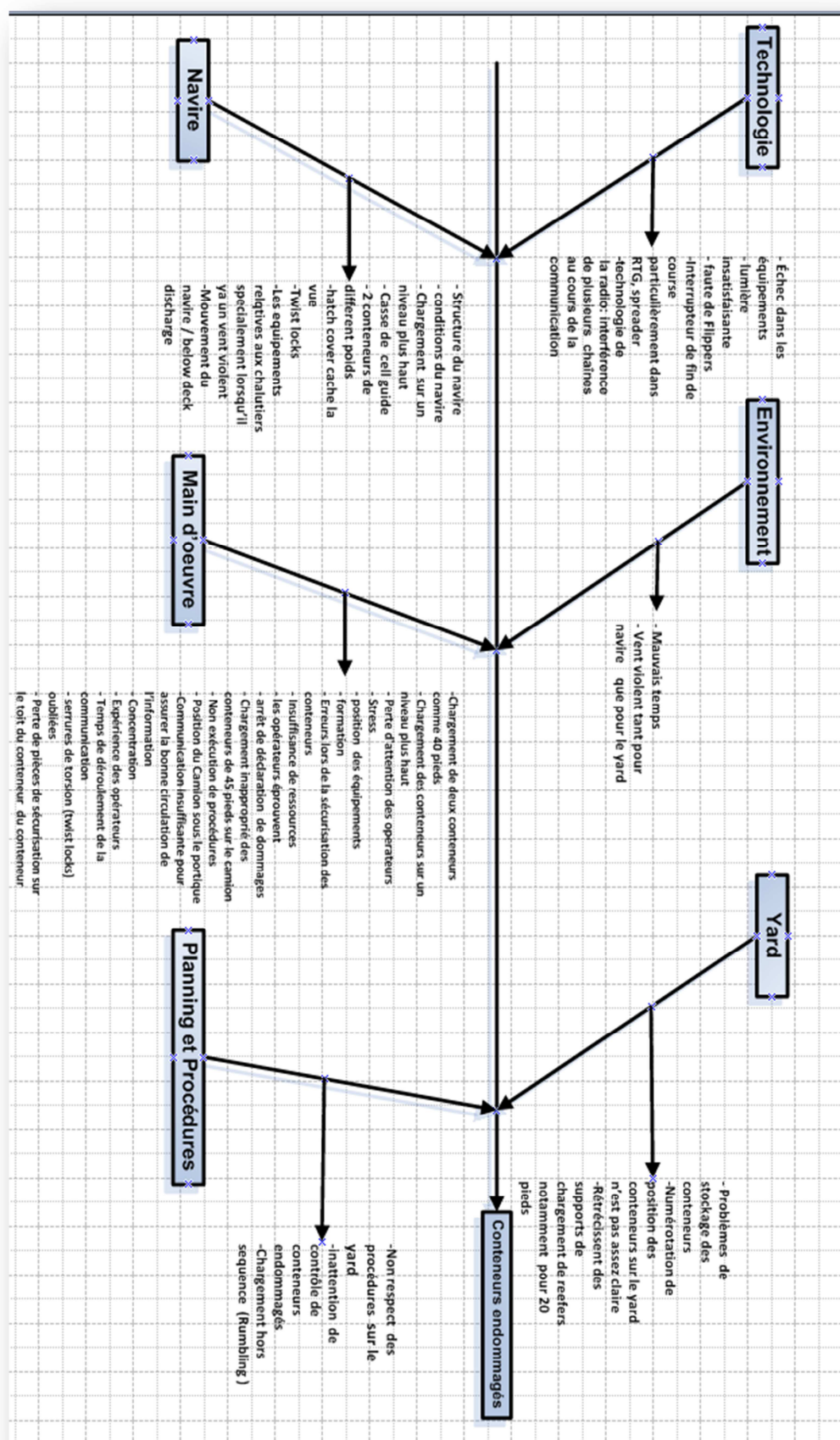


Figure 4. Le diagramme d'Ishikawa

3.2.4 LE DIAGRAMME PARETO

Le Diagramme de PARETO permet de représenter l'importance relative de différentes causes du problème de conteneurs endommagés. Il prend la forme d'un graphique réalisé par l'outil « Minitab » qui aide le travail d'analyse, en déterminant l'importance relative des différents faits et en établissant des ordres de priorité sur les causes,

Ce diagramme montre que dans une large majorité des situations de dommages des conteneurs, 20% des facteurs expliquent 80% des résultats. Cette répartition inégale se retrouve souvent et permet de distinguer les problèmes importants de ceux qui le sont moins. Cette priorisation des problèmes a pour but de choisir les actions prioritaires à effectuer et donc de concentrer son attention sur les phénomènes importants à résoudre. D'après ce diagramme, il est évident que 80% des effets sont dus à 20% des causes dont on va éclaircir en détails par la suite.

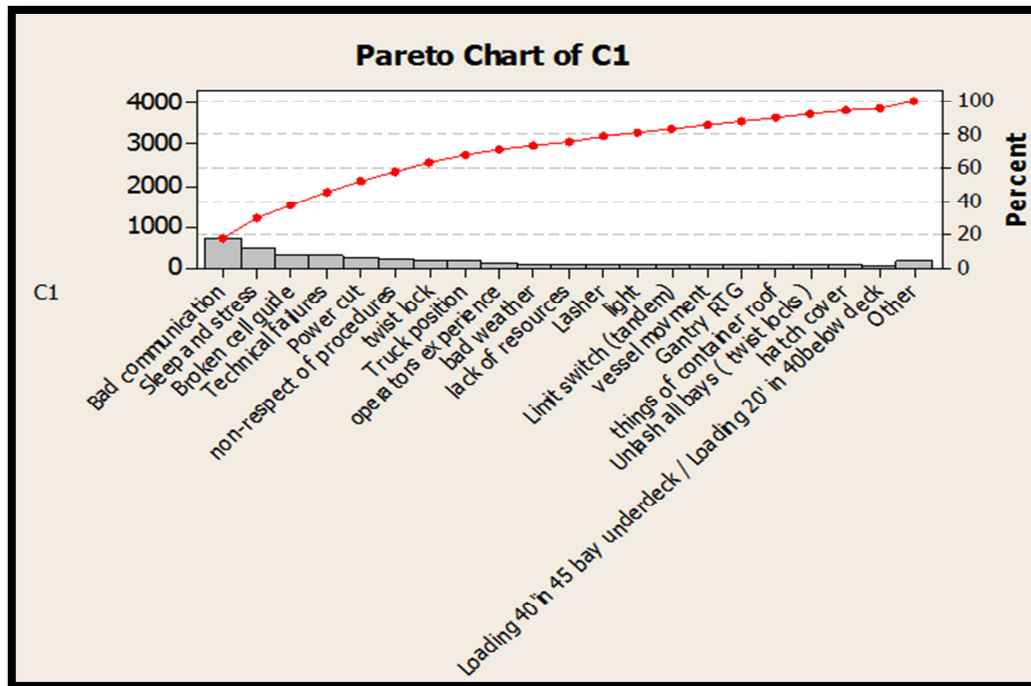


Figure 5. Le diagramme PARETO

3.2.5 LA MÉTHODE AMDEC

L'AMDEC, Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité (FMEA en anglais pour Failure Mode and Effect Analysis) est une méthode d'analyse, une démarche logique qui a pour but de s'assurer au maximum que l'on a considéré tous les problèmes qui pourront être rencontrés.

Après avoir effectué une catégorisation de l'ensemble des causes des conteneurs endommagés dans le diagramme d'Ishikawa et donner la priorité aux plus importantes Le tableau suivant relatif à la méthode AMDEC présente plus de fiabilité afin de ne se concentrer que sur les principaux ,ce dernier montre pour chaque cause son degré de gravité , sa fréquence ,ainsi que sa détection , c'est-à-dire est ce qu'on peut la détecter facilement ,La réponse à ces éléments a été donné par les opérateurs du yard, suite à un autre brainstorming qui a regroupé leur avis par un vote de 1 à 10 pour chaque élément, le résultat de leur multiplication détermine la base de leur criticité et restreint leur nombre pour l'analyse.

Tableau1 : Les causes de conteneurs endommagés selon la méthode AMDEC

Les Causes	Gravité	Fréquence	Détection	RPN
twist locks (verrou tournant)	8	6	4	192
Mauvaise communication	10	9	8	720
La vitesse de manutention	4	4	2	32
Lumière insatisfaisante	10	10	1	100
Main d'oeuvre insuffisante	10	10	1	100
Mauvais temps	10	10	1	100
Numérotation de position de conteneurs n'est pas assez Claire	1	4	1	4
Stratégie de Stockage des conteneurs	7	4	1	28
Échec des équipements	8	4	10	320
Expérience des opérateurs	10	5	3	150
Non-respect ou ignorance des procédures	10	4	6	240
Éléments de sécurisation oubliés sur le toit de conteneur	4	2	12	96
Stress et Sommeil	10	6	8	480
Problèmes liés au Lasher	10	10	1	100
Portiques liés aux navires	9	2	1	18
Casse de "cell guide"	7	6	8	336
La position du Camion	10	3	6	180

Après avoir effectué un vote sur les différentes causes détectées, il s'est avéré que les causes Les plus importantes sont les suivants :

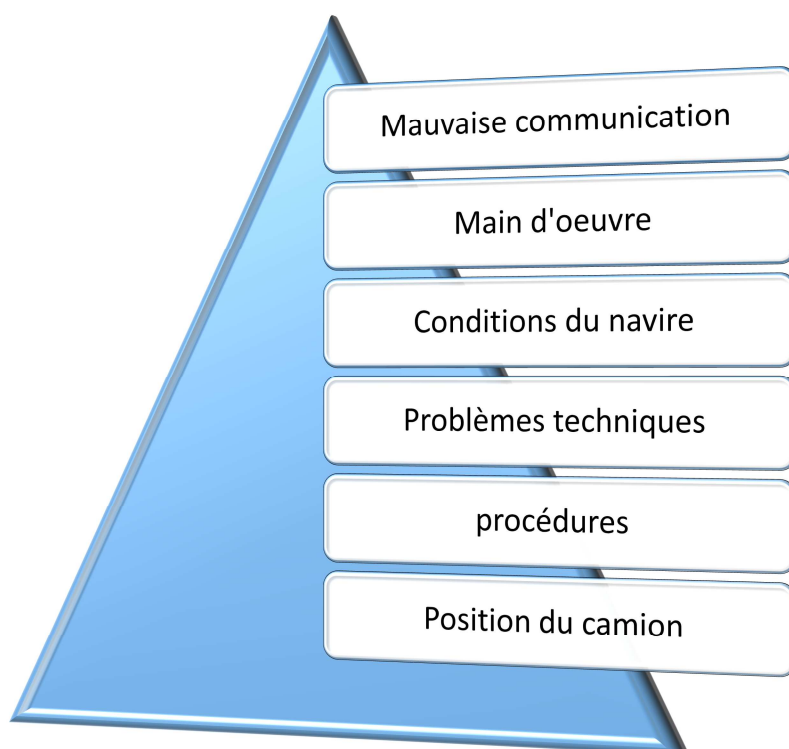


Figure7. Les principales causes de conteneurs endommagés

Les conteneurs sont endommagés suite à plusieurs raisons, tout d'abord la mauvaise communication qui peut être source de problèmes, une mal communication ou une exécution d'une tâche sans communication, ainsi que les opérateurs ont montré leurs insatisfactions à la technologie de radio de communication qui a été jugée non confortable.

Les problèmes de gerbage peuvent également se produire quand un ou plusieurs Conteneurs surchargés sont empilés sur un conteneur ayant une faible capacité de gerbage Ou quand les

Montants d'angle sont endommagés et ignorés suite à une inattention. De tels Problèmes surgissant en cale dans des cellules risqueraient de compromettre gravement le fonctionnement du porte-conteneur ; ou au niveau de son chargement ou déchargement sur le yard dont une, ou plusieurs piles de conteneurs pourraient tomber par-dessus.

Et les problèmes liés aux conditions du navire à savoir, les verrous tournants (Twist locks) suite à leur blocage ou casse.

Ensuite, les causes liées aux ressources qui sont divers, il s'agit notamment de stress durant le travail, le sommeil pendant la nuit, ceux qui implique une mal vision et une déconcentration, il y'a aussi le manque de ressources, et de formation continue, problèmes de débutants trouvant des difficultés d'insertion professionnelle.

Il y'a aussi les défaillances techniques liés à la lumière insuffisante produisant de graves dommages aux conteneurs, les flippers aussi lorsqu'ils se bloquent, et la non-exécution des procédures : absence de rapport de chaque dommage dus aux conteneurs ainsi le non-respect de la stratégie de stockage, sans oublier, le problème de la position du camion qui n'est pas toujours aligné sous le portique ou RTG ce qui endommage automatiquement le conteneur

Et enfin le mauvais temps, surtout lorsqu'il produit une mal vision et une entrave du bon fonctionnement des opérations et plus particulièrement lorsque les essuie-glaces ne fonctionnent pas.

3.3 PRESENTATION DES SOLUTIONS POUR L'AMELIORATION

Pour faire face aux conteneurs endommagés un certain nombre d'actions doivent être appliquées par l'approbation des managers concernés.

Le tableau suivant présente le plan d'actions à suivre, il s'agit notamment des procédures strictes qui pourraient être à la fois incluses dans les directives internationales et devraient garantir que les manutentionnaires reçoivent toutes les informations pertinentes, les instructions et la formation nécessaire pour chaque type de conteneur. Ainsi qu'une formation devrait se fonder sur l'évaluation des risques et comprendre une sensibilisation des conducteurs d'engins de levage et de transport aux risques.

Ces actions répondent en grande partie à l'ensemble des causes citées auparavant, et puisque le sujet concerne les conteneurs endommagés sur le yard, et pour mieux encadrer le projet, on a éliminé le traitement des causes liées aux conditions de navire.

Tableau2. Plan d'action

Actions	Description	Responsabilité	Progression
-Optimiser la radio de télécommunication interne	TETRA=Terrestrial Trunked Radio Standard de Radiocommunication (ETSI) Cette action présente les objectifs suivants : -Coordination en temps réel -Rationalisation de l'utilisation des fréquences -Augmente le nombre d'appels simultanés -Evite la saturation des réseaux en situation de crise.	Département technique	Action exécutée
-Améliorer la qualité de Flippers et procéder à leur vérification	-Créer une procédure standard pour vérification - Déterminer comment placer les flippers inclus dans la procédure standard -Reporter les défaillances relatives aux flippers -Effectuer des réunions qui mettront au courant le QCCS et QCOS en conséquences fâcheuses	Département technique	Action exécutée
-Rapport de tous risques immédiatement	-Envoyer un rapport immédiat pour chaque dommage effectué	Département des opérations	Action en cours de planification
-Mettre l'accent sur la vérification et le contrôle des OOG	- il a été décidé de rappeler dans la procédure standard d'effectuer une vérification des OOG lors de leur manutention par les différents accessoires tels que les élingues.	Département technique	Action exécutée
- organiser des sessions pour partager les expériences entre opérateurs	-Il s'agit de créer un environnement nouveau de travail basé sur le partage d'expériences afin d'éviter de tomber dans les mêmes problèmes	Département des opérations	Action en cours d'exécution
-Mettre l'accent sur l'ergonomie (QC nouvelles places (sièges))	-Il s'agit d'une analyse de l'inconfort postural et l'aménagement spatial des postes de conduite. Il vise à ce que la majorité des opérateurs puisse maintenir une position confortable et effectuer les tâches demandées.	Département des opérations /département technique	Action en cours d'exécution
Arrêt des opérations lors du mauvais temps	Il s'agit d'arrêter les opérations	Département des opérations	Action exécutée
-Réparer et fixer les essuie-glaces	Les essuie-glaces sont essentiels pour éviter les problèmes liés à la vision, d'où une maintenance préventive est primordiale.	Département technique	Action en cours
-Changement de lumière dans le terminal	Ces Nouvelles ampoules technologiques offrent la lumière beaucoup plus claire et blanche et offre une consommation électrique plus basse.	Département technique	Action exécutée
- Alignement de la position de Camion au-dessus du portique.	Cette action a pour objectif d'éliminer : -Le temps dans alignement du TT pendant opérations -Participation de QCC dans alignement du TT -Dépendance au jugement d'un conducteur de camion -Pratiques dangereuses par conducteurs de camion et QCCS -Gaspillage de carburant de TT -Gaspillage dans temps de cycle de QC	Département technique/département des opérations	Action exécutée

3.4 SYNTHÈSE DES SOLUTIONS :

À travers ce tableau on peut constater que l'application de ces actions a pour impact de garder l'avantage concurrentiel de la société lié à la qualité des opérations sur le yard et à la réduction du nombre de réclamations de conteneurs endommagés

Afin de répondre aux besoins des opérateurs qui ont éprouvé des entraves à leur communication de Radio Terminal quant à la qualité, la capacité, la vitesse et l'ergonomie de cet outil de Communication. L'action liée à l'amélioration du système de télécommunication de radio est réalisée grâce à CIREs la filiale de TMSA consacré aux services de télécommunication fournira à APMTT un autre système basé sur la technologie TETRA.

CIREs étant dans ce cas responsable fournissant et maintien des stations tous les honoraires inclus. Cette optimisation va permettre une flexibilité de la circulation de l'information, une qualité de l'information grâce à la rationalisation de l'utilisation des fréquences en augmentant le nombre d'appels simultanés, dans le but d'éviter la saturation des réseaux en situation de crise.

Ensuite, évaluer la qualité de Flippers et procéder à leur vérification, répond aux défaillances techniques et devront être traitée d'une façon efficace le but est de réduire les conteneurs endommagés.

En respectant les procédures liées au rapport des dommages immédiatement on peut minimiser ces derniers par la détection des différentes situations qui se présentent lors du dommage, de ce fait, il serait nécessaire de rapporter tout dommage de conteneurs qui indiquent clairement la partie du dommage en question, cette action ne génère pas des coûts pour sa réalisation tant qu'elle offre des avantages, il s'agit juste de rappeler son importance pour l'ensemble des opérateurs concernés.

Mettre l'accent sur la vérification et le contrôle des OOG est nécessaire à travers le rappel et la sensibilisation des opérateurs en question tout en mentionnant les instructions de levage adéquates dans la procédure standard.

L'Organisation des sessions pour partager les expériences entre opérateurs est une action qui se fait déjà spontanément et qui doit être officialisée en consacrant un jour particulier afin d'encourager les débutants à progresser et en vue d'éliminer toute crainte de causer un dommage ou inattention.

Sans omettre de mentionner, L'analyse de l'inconfort postural et l'aménagement spatial des postes de conduite a pour objectif d'éliminer la fatigue visuelle, notamment durant la nuit. Un meilleur support dorsal du siège, qui devrait assurer une posture stable de conduite tout en réduisant les efforts physiques pour y parvenir, le siège devrait également permettre aux porteurs de choisir plus librement sa posture, en situation de conduite.

Par ailleurs, lors du mauvais temps la maîtrise des conteneurs endommagés s'avère difficile c'est pour cette raison que les opérations sur le yard doivent être arrêtés, puisque la réparation des dommages coûte très chers.

En plus, Les essuie-glaces nécessitent une maintenance préventive pour éviter les problèmes liés à la vision.

Ainsi, Le changement des lumières réelles par une nouvelle technologie des lumières blanches qui offriront une meilleure qualité, et une performance d'exécution des opérations sur le yard et auront un impact sur le rendement.

Enfin, il a été décidé de trouver un outil efficace qui minimisera le temps dépassé en l'attente d'Alignement de la position de Camion au-dessus du palonnier (spreader).

Pour la dernière Phase « Contrôler » Le calcul des indicateurs de performance permettant d'évaluer correctement la situation du processus est important dans la mesure où il faut comparer les résultats obtenus avec les différentes exigences du client, et si vraiment ces solutions réduiront ce problème.

En effet, Les solutions données ont pour objectif la réduction des conteneurs endommagés sur le terminal à conteneurs, cette réduction ne peut être démontrée qu'après une année pour mieux évaluer le succès de leur application.

4 CONCLUSION

Pour conclure, La chaîne logistique est une succession organisée et coordonnée des fonctions suivantes : manutention, conditionnement, stockage, transport.

L'interdépendance de ces quatre fonctions montre l'intérêt qu'il faut porter à la manutention, et au stockage.

Dans les opérations au sein du terminal d'APM Terminals Tanger, la maîtrise des conteneurs endommagés constitue une passerelle vers l'excellence.

Il est aujourd'hui difficile pour une entreprise dynamique et compétitive, d'ignorer la méthode Lean Six Sigma, dont on a montré ses fondements et puisqu'il s'agit d'un projet d'amélioration continue des processus, L'approche utilisée intitulée DMAIC ; une succession d'étapes qui ont été exposés ainsi que leur mise en application sur la problématique en question.

Toutefois, même si l'étude englobe la majorité des fonctionnalités, on signale comme perspectives qu'il reste certains éléments à développer, parmi lesquels je cite : les indicateurs de performance qui serviront dans la dernière phase de contrôle des solutions proposées.

Par ailleurs, concernant les résultats obtenus, nous avons présenté les résultats à la société APM Terminals Tanger, les collaborateurs de la société ont tiré des conclusions sur ces résultats qui pourraient diminuer le nombre de réclamations de conteneurs endommagés.

REFERENCES

- [1] CHEVALIER Denis, DUPHIL François, 2004, « Gérer les opérations de transport de marchandises », éd. FOUCHER, Paris, 248 p
- [2] DURET Daniel et PILLET Maurice (2005), « Qualité en production, de l'ISO9000 à SIX
- [3] SIGMA ». Edition d'Organisation, (3^{ème} édition).
- [4] FRECHET Caroline (2005), « Mettre en œuvre le SIX sigma », Edition d'Organisation.
- [5] Hans BRANDENBURG, Jean-Pierre WOJTYNA ,2006, « L'APPROCHE PROCESSUS -Mode d'emploi, Édition d'organisation », 191p
- [6] PLUCHART Jean-Jacques, BARBARA Latifa 2014, « Vers une approche constructionniste du processus d'évaluation de l'entreprise, Recherches en Sciences de Gestion (N° 100), p. 49-70.
- [7] http://www.cetmef.equipement.gouv.fr/publications/jt/jt2001_e11.pdf
- [8] <http://www.tmpa.ma/>
- [9] http://www.maerskline.com/link/?page=lhp_news&path=/europe/ukraine/news20100705
- [10] <http://www.walshsurveyor.com/ships/articles/container-transportation/index.htm>
- [11] <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1366554508001518>

Elaboration of two stochastic models of EURO/MAD exchange rate and measure of their forecast accuracy

Mohammed Bouasabah and Charaf Bensouda

Mathematics Department,
Ibn Tofail University,
Kenitra, 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: Exchange rate in Moroccan economy has been considered a critical push-forward force for domestic inflation which leads to the depreciation of currency value. Exchange rate is the price for which the currency of a country can be exchanged for another country's currency in the foreign exchange market. This article seeks to adopt two stochastic models for estimation of exchange rate EURO/MAD. Firstly, it aims at the investigation of stochastic models (two models) to show the variation of exchange rate, and, secondly, try to draw a comparison between these models in terms of error estimation performances and, as a result, to recommend a stochastic model for exchange rate EURO/MAD.

In this paper, the geometric Brownian motion (stochastic process without mean reversion propriety) and Vasicek process (stochastic process with mean reversion speed), are used to model the exchange rate EURO / MAD, then they are compared in terms of average estimation error.

In order to calculate models parameters daily close price of the Euro/MAD from 01/12/2008 to 01/03/2016 (2242 values) can be taken from Casablanca stock exchange and ,hence, two stochastic models for exchange rate is to be derived, and compared. According to simulation results, we can finally recommend one of the two models.

KEYWORDS: Exchange rate, Vasicek, Brownian motion, Euromad, Stochastic process.

1 INTRODUCTION

Exchange rates are of great importance for the economy of a country and particularly its foreign trade, in respect of goods or services. The volume of products imported or exported to another country depends on the exchange rate of these countries. This may be an inflation factor in the country whose rate drops, or a factor of commercial, financial and political instability in some cases. For this reason it's necessary to anticipate the future exchange rates. To do mathematical modeling assumes that the exchange rate is a stochastic process (random variable time-dependent). In this work we are interested in the price in which a euro traded against the Moroccan currency MAD. To achieve this, two stochastic models belonging to different families (with and mean reversion property) are used and compared in terms of error estimation: Geometric Brownian motion and the process of Vasicek.

2 THEORETICAL PRINCIPLES OF RESEARCH

2.1 THE GEOMETRIC BROWNIAN MOTION (GBM)

The Geometric Brownian Motion (GBM) is a fundamental example of a stochastic process without mean reversion properties. The GBM is the underlying process from which is derived to form the Black and Scholes formula for pricing European options [1]. Let the exchange rate be assigned as x_t where $\ln(x_t)$ obeys the following defined equation.

$$d\ln(x_t) = \mu dt + \sigma dw_t$$

Here μ and σ are constants and W_t is a standard Brownian motion.

2.2 VASICEK MODEL

The objective behind adopting the Vasicek model in this research is to model the variation of exchange rates as a stochastic process with a mean reversion. Vasicek model was the first to capture the value of mean reversion. In a linear equation, the dynamics of exchange rate is being described by this model, as it can be explicitly solved [2].

$$dx_t = \alpha(\mu - x_t)dt + \sigma dw_t$$

Where α , μ and x_0 constants and dW_t represent an increment to a standard Brownian motion W_t . The exchange rate x_t will fluctuate randomly, but, over the long run, tends to revert to some level μ . The speed of reversion is known as α and the short-term standard deviation is σ where both influence the reversion.

This paper brings into play accurate data from 01/12/2008 to 01/03/2016 (2243 values) taken from DirectFN (provider of financial information) [3], and Maximum likelihood function is used to calculate parameters of both GBM and Vasicek model.

3 METHODOLOGY

3.1 NO MEAN REVERSION – GEOMETRIC BROWNIAN MOTION

Let the continuous-time exchange rate be assigned as x_t where $\ln(x_t)$ obeys the following defined equation:

$$d\ln(x_t) = \mu dt + \sigma dw_t \quad (1)$$

Here, μ and σ are constants and dW_t is a standard Brownian motion. In ordinary calculating, one can derive that:

$$d\ln(x_t) = \frac{dx_t}{x_t} \quad \text{So} \quad \frac{dx_t}{x_t} = \mu dt + \sigma dw_t$$

If we adopt Ito's Lemma as mentioned in J.C. Hull [1], the equation will be as follows:

$$d\ln(x_t) = \left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)dt + \sigma dw_t \quad \text{with} \quad \gamma = \mu - \frac{1}{2}\sigma^2$$

This means that $\ln(x_t)$ is an Arithmetic Brownian Motion. By integrating equation between u and t , and according to Damiano Brigo et al [4], gives:

$$\ln(x_u) - \ln(x_t) = \left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)(u - t) + \sigma(w_u - w_t) \sim N\left(\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)(u - t); \sigma^2(u - t)\right)$$

By considering $u = T$, $t = 0$ and taking the exponent on equation above leads to:

$$x_T = x_0 \exp\left(\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)T + \sigma w_T\right) \quad (w_0=0)$$

The mean and the variance of x_T according to Damiano Brigo et al (2007) [4] are:

$$E(x_T) = x_0 e^{\mu T} \quad \text{And} \quad \text{Var}(x_T) = e^{2\mu T} x_0^2 (e^{\sigma^2 T} - 1)$$

Therefore, the version of a simulation equation for the GBM, using the fact that is $dW = Z\sqrt{\Delta t}$ [1]:

$$\gamma = \mu - \frac{1}{2}\sigma^2$$

$$\ln(x_{t_{i+1}}) - \ln(x_{t_i}) = \gamma \Delta t + \sigma Z_i \sqrt{\Delta t} \quad Z_i \sim N(0,1)$$

By taking the exponent of both sides, it results:

$$x_{t_{i+1}} = x_{t_i} \exp(\gamma \Delta t + \sigma Z_i \sqrt{\Delta t}) \quad Z_i \sim N(0,1)$$

3.1.1 MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION (MLE) – GEOMETRIC BROWNIAN MOTION

According to Damiano Brigo et al (2007) [4], the parameters that must be optimized are $\theta(\mu, \sigma)$ for the GBM. Let the logarithmic return be given as:

$$y_{t_i} = \ln(x_{t_i}) - \ln(x_{t_{i-1}})$$

Which is normally distributed for all $y_{t_1}, y_{t_2}, \dots, y_{t_n}$. And these later values assumed independent. The likelihood function will be denoted as:

$$L(\theta) = f_{\theta}(y_{t_1}, y_{t_2}, \dots, y_{t_n}) = \prod_{i=1}^n f_{\theta}(y_{t_i}) = \prod_{i=1}^n f(y_{t_i} | \theta)$$

Here, f_{θ} is the probability density function. Let $\theta = (\mu, \sigma)$, then the probability density function f_{θ} is:

$$f_{\theta}(y_{t_i}) = \frac{1}{x_{t_i} \sigma \sqrt{2\pi t}} \exp \left[-\frac{\left(\left(\frac{y_{t_i}}{x_{t_0}} \right) - \left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2 \right) t \right)^2}{2\sigma^2 t} \right]$$

The likelihood function needs to be maximized to obtain the optimal estimators $\hat{\theta}(\hat{\mu}, \hat{\sigma})$.

First, we have to determine $\hat{w}$ and $\hat{\gamma}$:

$$\hat{w} = \left(\hat{\mu} - \frac{1}{2}\hat{\sigma}^2 \right) \Delta t \quad \text{with} \quad \hat{w} = \sum_{i=1}^n \frac{y_{t_i}}{n} = \frac{\ln(x_{t_n}) - \ln(x_{t_0})}{n}$$

$$\hat{\gamma} = \hat{\sigma}^2 \Delta t \quad \text{with} \quad \hat{\gamma} = \sum_{i=1}^n \frac{(y_{t_i} - \hat{w})^2}{n}$$

Then the MLE's parameters are:

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{\hat{\gamma}}{\Delta t} \quad \text{And} \quad \hat{\mu} = \frac{1}{2}\hat{\sigma}^2 + \frac{\hat{w}}{\Delta t}$$

3.1.2 EURO/MAD EXCHANGE RATE: GEOMETRIC BROWNIAN MOTION

In order to calculate $\hat{\mu}$ and $\hat{\sigma}$ daily close price of the Euro/MAD from 01/06/2006 to 01/03/2016 can be taken directly from DirectFN [3] for Casablanca Stock Exchange. And considering $\Delta t = \frac{1}{365}$ (daily data)

3.1.2.1 SIMULATION RESULTS

Using the daily close price of the Euro/MAD from 01/06/2006 to 01/03/2016 and Microsoft Excel's solver, we obtain:

$$\hat{\mu} = 0,0009594 \quad \text{and} \quad \hat{\sigma} = 0,01069047$$

The simulation equation for Euro with Moroccan currency according to GBM is:

$$x_{t_{i+1}} = x_{t_i} e^{(0,000029288959 \Delta t + 0,1033947295 Z_i \cdot \sqrt{\Delta t})} \quad Z_i \sim N(0,1) \quad \text{And} \quad \Delta t = \frac{1}{365}$$

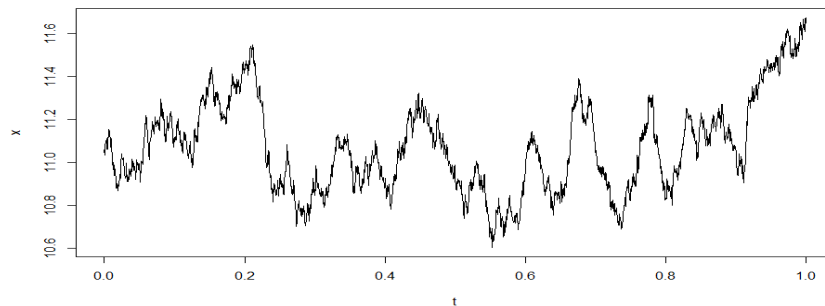


Fig. 1. Exchange rate EURO/MAD simulation using R: GBM model

3.1.2.2 GBM MODEL, ERROR PERFORMANCES

Let $\hat{x}_{t_i}$ be the estimated value of exchange rate euro-mad at time t_i :

The sum of squared errors (SSE).

$$SSE = \sum_{i=1}^{2243} (x_{t_i} - \hat{x}_{t_i})^2 = 16,8722$$

The mean absolute percentage error (MAPE).

$$MAPE = \frac{1}{2243} \sum_{i=1}^{2243} \frac{|x_{t_i} - \hat{x}_{t_i}|}{x_{t_i}} * 100 = 0,5548 \%$$

3.2 MEAN REVERSION – THE VASICEK MODEL

The Vasicek model, owing its name to Vasicek (1977), is one of the earliest stochastic models of the short-term interest rate, which is a suitable model to apply the maximum likelihood estimation (MLE) [5].

$$dx_t = \alpha(\mu - x_t)dt + \sigma dw_t \quad (1)$$

Solving the Ornstein-Uhlenbeck Stochastic Differential Equation includes taking the derivative of $e^{\alpha t}x_t$ and rearranging the order gives:

$$e^{\alpha t}dx_t = d(e^{\alpha t}x_t) - x_t\alpha e^{\alpha t}dt \quad (2)$$

And multiplying (1) by $e^{\alpha t}$

$$e^{\alpha t}dx_t = e^{\alpha t}\alpha(\mu - x_t)dt - e^{\alpha t}\sigma dw_t \quad (3)$$

By using equations (2) and (3).

$$d(e^{\alpha t}x_t) = \alpha e^{\alpha t}\mu dt + e^{\alpha t}\sigma dw_t$$

If an integral is taken from time 0 to t gives:

$$e^{\alpha t}x_t = x_0 + \int_0^t \alpha e^{\alpha s}\mu ds + \int_0^t e^{\alpha s}\sigma dw_s$$

And this implies

$$x_t = x_0e^{-\alpha t} + \int_0^t \alpha e^{-\alpha t}e^{\alpha s}\mu ds + \int_0^t e^{\alpha s}e^{-\alpha t}\sigma dw_s = x_0e^{-\alpha t} + \int_0^t \alpha e^{-\alpha(t-s)}\mu ds + \int_0^t e^{-\alpha(t-s)}\sigma dw_s$$

$$= x_0e^{-\alpha t} + \mu(1 - e^{-\alpha t}) + \int_0^t e^{-\alpha(t-s)}\sigma dw_s$$

The solution of the stochastic differential equation between s and t , if $0 < s < t$:

$$x_t = x_s e^{-\alpha(t-s)} + \mu(1 - e^{-\alpha(t-s)}) + \sigma e^{-\alpha t} \int_s^t e^{-\alpha u} \sigma dw_u \quad (4)$$

$\int_0^t e^{-\alpha(t-s)}\sigma dw_s$ follows a normal distribution with a mean of zero and a variance such that:

$$E \left[\left(\int_0^t e^{-\alpha(t-s)}\sigma dw_s \right)^2 \right] = \int_0^t (e^{-\alpha(t-s)}\sigma)^2 ds = \frac{\sigma^2}{2\alpha} (1 - e^{-2\alpha t}). \quad (\text{Ito isometric property})$$

The conditional mean and variance of x_t given x_0 is:

$$E_0[x_t] = \mu + (x_0 - \mu)e^{-\alpha t}$$

$$Var_0[x_t] = \frac{\sigma^2}{2\alpha} (1 - e^{-2\alpha t}) \quad \alpha > 0$$

The conditional mean and variance of x_t given x_s are:

$$E_s[x_t] = \mu + (x_s - \mu)e^{-\alpha(t-s)}$$

$$Var_s[x_t] = \frac{\sigma^2}{2\alpha} (1 - e^{-2\alpha(t-s)}) \quad \alpha > 0$$

Calculations for the maximum likelihood estimates are made according to M.A. van den Berg (2007) "Calibrating the Ornstein-Uhlenbeck model" [6]. As follows, the conditional density functions for x_{t_i} given $x_{t_{i-1}}$ is:

$$f(x_{t_i}|x_{t_{i-1}}; \mu, \alpha, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp \left[\frac{-(x_{t_i} - x_{t_{i-1}}e^{-\alpha\Delta t} - \mu(1 - e^{-\alpha\Delta t}))^2}{2\sigma^2} \right]$$

$$\text{where } \sigma^2 = \hat{\sigma}^2 \frac{(1 - e^{-2\alpha\Delta t})}{2\alpha} \quad (*)$$

The log-likelihood function is given by:

$$\ln L(\mu, \alpha, \sigma) = \sum_{i=1}^n \ln f(x_{t_i}|x_{t_{i-1}}; \mu, \alpha, \sigma) = -\frac{n}{2} \ln(2\pi) - n \ln(\sigma) - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n ((x_{t_i} - x_{t_{i-1}}e^{-\alpha\Delta t} - \mu(1 - e^{-\alpha\Delta t}))^2$$

The log-likelihood function have to be maximized by taking partial derivatives of equation with respect to μ , α and σ and which yield three equations all equal to zero:

$$\begin{cases} \frac{\partial \ln L(\mu, \alpha, \sigma)}{\partial \mu} |_{\hat{\mu}} = 0 \\ \frac{\partial \ln L(\mu, \alpha, \sigma)}{\partial \alpha} |_{\hat{\alpha}} = 0 \\ \frac{\partial \ln L(\mu, \alpha, \sigma)}{\partial \sigma} |_{\hat{\sigma}} = 0 \end{cases}$$

Then, the estimators will be:

$$\hat{\mu} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{t_i} - x_{t_{i-1}}e^{-\hat{\alpha}\Delta t})}{n(1 - e^{-\hat{\alpha}\Delta t})} \quad \hat{\alpha} = -\frac{1}{\Delta t} \ln \left[\frac{\sum_{i=1}^n (x_{t_i} - \hat{\mu})(x_{t_{i-1}} - \hat{\mu})}{\sum_{i=1}^n (x_{t_{i-1}} - \hat{\mu})^2} \right] \quad \hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{t_i} - \hat{\mu} - e^{-\hat{\alpha}\Delta t}(x_{t_{i-1}} - \hat{\mu}))^2$$

The following formulas are used to simplify further calculations:

$$S_x = \sum_{i=1}^n x_{t_{i-1}} \quad S_{xx} = \sum_{i=1}^n x_{t_{i-1}}^2 \quad S_{yy} = \sum_{i=1}^n x_{t_i}^2 \quad S_{xy} = \sum_{i=1}^n x_{t_{i-1}} x_{t_i} \quad S_y = \sum_{i=1}^n x_{t_i}$$

By using equations above, the MLE's parameters are:

$$\hat{\mu} = \frac{S_y - e^{-\hat{\alpha}\Delta t} S_x}{n(1 - e^{-\hat{\alpha}\Delta t})} \quad (a) \quad \hat{\alpha} = -\frac{1}{\Delta t} \ln \left[\frac{S_{xy} - \hat{\mu} S_x - \hat{\mu} S_y + n\hat{\mu}^2}{S_{xx} - 2\hat{\mu} S_x + n\hat{\mu}^2} \right] \quad (b)$$

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n} [S_{yy} - 2e^{-\hat{\alpha}\Delta t} S_{xy} + e^{-2\hat{\alpha}\Delta t} S_{xx} - 2\hat{\mu}(1 - e^{-\hat{\alpha}\Delta t})(S_y - e^{-\hat{\alpha}\Delta t} S_x) + n\hat{\mu}^2(1 - e^{-\hat{\alpha}\Delta t})^2] \quad (c)$$

If the equation (b) is substituted into (a), it yields:

$$\hat{\mu} = \frac{S_y S_{xx} - S_x S_{xy}}{n(S_{xx} - S_{xy}) - (S_x^2 - S_x S_y)} \quad (c)$$

$$\hat{\alpha} = -\frac{1}{\Delta t} \ln \left[\frac{S_{xy} - \hat{\mu}(S_x + S_y) + n\hat{\mu}^2}{S_{xx} - 2\hat{\mu} S_x + n\hat{\mu}^2} \right] \quad (d)$$

And using (*), the third estimate parameter $\hat{\sigma}^2$ is:

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{2\hat{\alpha}}{n(1 - e^{-2\hat{\alpha}\Delta t})} [S_{yy} - 2e^{-\hat{\alpha}\Delta t} S_{xy} + e^{-2\hat{\alpha}\Delta t} S_{xx} - 2\hat{\mu}(1 - e^{-\hat{\alpha}\Delta t})(S_y - e^{-\hat{\alpha}\Delta t} S_x) + n\hat{\mu}^2(1 - e^{-\hat{\alpha}\Delta t})^2]$$

3.2.1 VASICEK SIMULATION EQUATION

According to M.A. van den Berg [6], the linear relationship between two consecutive observations $x_{t_{i+1}}$ and x_{t_i} is derived from (4) and is given as:

$$x_{t_{i+1}} = x_{t_i} e^{-\hat{\alpha}\Delta t} + \hat{\mu}(1 - e^{-\hat{\alpha}\Delta t}) + \hat{\sigma} \sqrt{\frac{1 - e^{-2\hat{\alpha}\Delta t}}{2\hat{\alpha}}} Z_i \quad Z_i \sim N(0,1)$$

Note: Z_i are the same random values used for GBM simulated equation.

To calculate $\hat{\mu}$, $\hat{\alpha}$ and $\hat{\sigma}$ the same daily close price in Moroccan dirham of Euro from 12/01/2008 to 03/01/2016 are used with Microsoft Excel's solver, and hence stochastic model for exchange rate is to be derived.

3.2.2 SIMULATION RESULTS AND DISCUSSION

MLE values of the data set can be computed using Microsoft Excel's solver as:

$$\hat{\alpha} = 26,8928501 \quad \hat{\mu} = 11,1157017 \quad \hat{\sigma} = 1,172973$$

$$dx_t = 26,8928501(11,1157017 - x_t)dt + 1,172973dw$$

Consequently, due to this stochastic model, the exchange rate is fluctuating around the value 11,1157. With a mean reversion speed equals to 26,8928501 and an intensity of stochastic part is 1,17297. Moreover, this model can be used to forecast the exchange rate in Morocco. Variation of simulated exchange rate (with R) is shown in this Figure. With $x_0=11,056$ [at 01/12/2008]

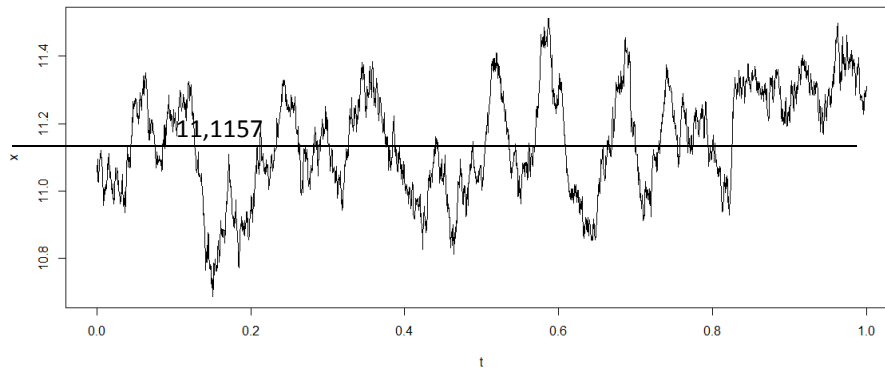


Fig. 2. Exchange rate EURO/MAD simulation using R

Deterministic part of the final stochastic differential equation is going to be:

$$dx_t = 26,8928501(11,1157017 - x_t)dt$$

And hence deterministic process is going to be (with $x_0=11,056$ [at 01/12/2008])

$$x_t(t) = -0,0597 e^{-26,8928501.t} + 11,1157017$$

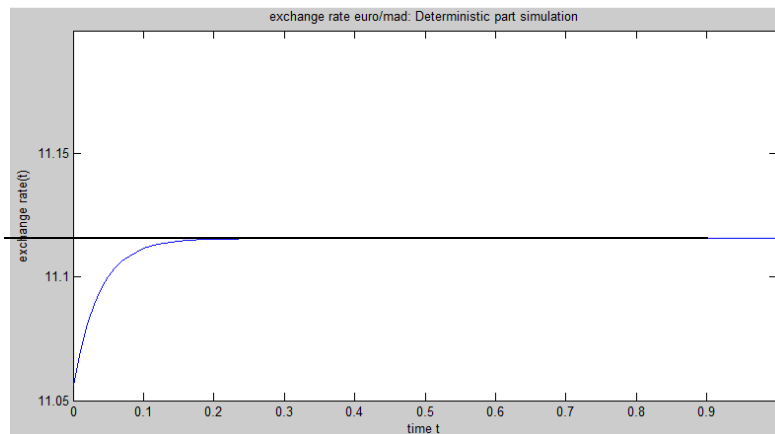


Fig. 3. Exchange rate EuroMad: deterministic part simulation

Therefore, it can be strongly concluded that exchange rate attains to the value 11,1157 for long time periods.

Finally, the simulated equation is:

$$x_{t_{i+1}} = x_{t_i} e^{-\hat{\alpha}\Delta t} + \mu(1 - e^{-\hat{\alpha}\Delta t}) + \hat{\sigma} \sqrt{\frac{1 - e^{-2\hat{\alpha}\Delta t}}{2\hat{\alpha}}} Z_i \quad Z_i \sim N(0,1)$$

$$x_{t_{i+1}} = 0,9289698 * x_{t_i} + 0,78954996 + 0,05920237 * Z_i$$

3.2.3 VASICEK MODEL, ERROR PERFORMANCES

Let $\hat{x}_{t_i}$ be the estimated value of exchange rate euro-mad at time t_i :

The sum of squared errors (SSE).

$$SSE = \sum_{i=1}^{2243} (x_{t_i} - \hat{x}_{t_i})^2 = 16,044$$

The mean absolute percentage error (MAPE).

$$MAPE = \frac{1}{2243} \sum_{i=1}^{2243} \frac{|x_{t_i} - \hat{x}_{t_i}|}{x_{t_i}} * 100 = 0,5458 \%$$

4 COMPARISON AND DISCUSSION

4.1 COMPARISON

EURO/MAD Exchange rate : GBM Model	EURO/MAD Exchange rate :Vasicek Model
Simulated equation: $x_{t_{i+1}} = x_{t_i} e^{(0,000029288959 \Delta t + 0,1033947295 \cdot Z_i \cdot \sqrt{\Delta t})}$ $Z_i \sim N(0,1)$ And $\Delta t = \frac{1}{365}$ The sum of squared errors (SSE). $SSE = \sum_{i=1}^{2243} (x_{t_i} - \hat{x}_{t_i})^2 = 16,8722$ The mean absolute percentage error (MAPE). $MAPE = \frac{1}{2243} \sum_{i=1}^{2243} \frac{ x_{t_i} - \hat{x}_{t_i} }{x_{t_i}} * 100 = 0,5548\%$	Simulated equation: $x_{t_{i+1}} = 0,9289698 * x_{t_i} + 0,78954996 + 0,05920237 * Z_i$ $Z_i \sim N(0,1)$ The sum of squared errors (SSE). $SSE = \sum_{i=1}^{2243} (x_{t_i} - \hat{x}_{t_i})^2 = 16,044$ The mean absolute percentage error (MAPE). $MAPE = \frac{1}{2243} \sum_{i=1}^{2243} \frac{ x_{t_i} - \hat{x}_{t_i} }{x_{t_i}} * 100 = 0,5458 \%$

4.2 DISCUSSION AND RECOMMENDATION

To measure forecast accuracy, we use here two selection criteria: The sum of squared errors (SSE), which is the sum of the squares deviations of predicted from empirical values of data, it is a measure of the discrepancy between the data and an estimation model. A small SSE indicates a tight fit of the model to the data it is used as an optimality criterion in model selection, and the mean absolute percentage error (MAPE) which is a relative measure which expresses errors as a percentage of the actual data, this is its biggest advantage as it provides an easy and intuitive way of judging the extent, or importance of errors [7].

In this study it seems that for both criteria SSE and MAPE, Vasicek model gives the better measure of forecast accuracy compared to GBM model ($16,044 < 16,8722$ and $0,5458\% < 0,5548\%$), and as a conclusion, we recommend this later for exchange rate EURO/MAD, as follow:

$$dx_t = 26,8928501(11,1157017 - x_t)dt + 1,172973dw \quad dw \text{ is a standard Brownian motion}$$

$$x_{t_{i+1}} = 0,9289698 * x_{t_i} + 0,78954996 + 0,05920237 * Z_i \quad Z_i \sim N(0,1)$$

5 CONCLUSION

This work has focused on two stochastic models. The first is a model without a mean reversion property (GBM model), and the second is a model based on the Vasicek process with speed of mean reversion, these theatrical models are used and

calibrated with daily close prices for exchange rate EURO / MAD, and as a result elaborating of two models for EURO/MAD exchange rate forecast.

Equally important, the work introduces a comparison in terms of estimation error (deviations of predicted from empirical values of data) to choose one of these two models, it turned out that the model of Vasicek presents the lowest square sum of errors and also the smallest mean absolute average percentage error.

As a consequence, and according to our measure of forecast accuracy, we can recommend the Vasicek model compared to GBM model for modeling exchange rate EURO / MAD.

REFERENCES

- [1] JC Hull Options Futures & Other Derivatives 8th ed available: <http://polymer.bu.edu/hes/rp-hull12.pdf>
- [2] Rogemar, S.M. (2004). Three ways to solve for bond prices in the Vasicek model. Journal of applied mathematics and decision sciences, 1-4. Retrieved from <http://www.emis.de/journals/HOA/JAMDS/8/11.pdf>
- [3] DirectFN™, www.directfn.com
- [4] D. Brigo et al "A Stochastic Processes Toolkit for Risk Management" (2007) available <http://ssrn.com/abstract=1109160> (Accessed 9 September 2009) or <http://arxiv.org/pdf/0812.4210.pdf>.
- [5] JCG Franco "Maximum Likelihood Estimation of Mean Reverting Processes" (2008) available: http://www.investmentscience.com/Content/howtoArticles/MLE_for_OR_mean_reverting.pdf (Accessed 09 September 2009).
- [6] MA van den Berg "Calibrating the Ornstein-Uhlenbeck model" (2009) Available: http://www.sitmo.com/doc/Calibrating_the_Ornstein-Uhlenbeck_model (Accessed 02 June 2009).
- [7] S. MAKRIDAKIS, M. Hibon "evaluating accuracy (or error) measures Available: <http://sites.insead.edu/facultyresearch/research/doc.cfm?did=46875>

Torsion d'annexe sur kyste paratubaire: à propos d'un cas rare

[Adnexal torsion on paratubal cyst: report of a rare case]

Jihad Drissi, Houda Fagouri, Jaouad Kouach, Driss Moussaoui, and Mohammed Dehayni

Service de Gynécologie-Obstétrique, Hôpital Militaire d'Instruction Mohamed V, Rabat, Morocco

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

ABSTRACT: The paratubal cysts are usually benign disease entities, frequently encountered in clinical practice, but rarely complicated twist; hence the importance of this work and we report the case of an adnexal torsion on paratubal 8cm cyst in a patient of 24 years.

KEYWORDS: cyst paratubaire, Torsion, laparoscopic surgery.

RESUME: Les kystes paratubaires sont des entités pathologiques habituellement bénignes fréquemment rencontrés en pratique courante, elles se compliquent rarement de torsion ; d'où l'intérêt de ce travail où nous rapportons le cas d'une torsion d'annexe sur kyste paratubaire de 8 cm chez une patiente de 24 ans.

MOTS-CLEFS: kyste paratubaire, torsion, coeliochirurgie.

1 INTRODUCTION

Les kystes paratubaires sont des entités pathologiques fréquentes ; elles représentent 10% des masses annexielles. Leur diamètre moyen est de 6cm[1-2]. Elles se développent aux dépens des vestiges embryonnaires mésonéphrotiques et paramésonéphrotiques ou des inclusions mésothéliales[1-2]. De nature habituellement bénigne, des cas de dégénérescence en adénocarcinomes ont été décrits [1- 2]. A l'instar des kystes ovariens, principal diagnostic différentiel, elles se compliquent de rupture, hémorragie et rarement de torsion.

2 OBSERVATION

Nous rapportons le cas d'une patiente de 24ans, troisième geste primipare mère d'un enfant, aux antécédents de deux avortements spontanés précoces, sans moyen contraceptif, admise pour douleurs pelviennes aiguës au niveau de la fosse iliaque gauche à type de torsion, sans irradiation, évoluant depuis 3heures avant son admission, associées à un épisode de vomissement sans notion d'aménorrhée, de métrorragies ou de leucorrhées, sans signe urinaires et sans troubles du transit.

L'examen clinique trouve une patiente stable sur le plan hémodynamique, apyrétique, aux conjonctives normocolorées, avec un abdomen souple, une sensibilité pelvienne latéralisée à gauche. Le toucher vaginal combiné au palper pelvien trouve une masse latéro-utérine gauche d'environ 6cm, rénitente, douloureuse, non mobile à la mobilisation de l'utérus. Un taux de bHCG a été demandé pour éliminer une grossesse extra-utérine est revenu négatif. Une échographie pelvienne endovaginale a été faite objectivant une image latéroutérine gauche anéchogène homogène à paroi fine avec renforcement postérieur, faisant 8/6cm, sans végétations ni cloison et sans épanchement péritonéal, avec diminution du flux de vascularisation ovarienne au doppler couleur. La patiente a donc été admise au bloc opératoire en urgence pour suspicion de torsion

d'annexe sur kyste de l'ovaire gauche. L'exploration chirurgicale trouve un kyste paratubaire gauche de 8cm à paroi fine, à contenu clair citrin, avec torsion de l'annexe gauche (deux tours de spires) qui paraît légèrement ischémique : oedématisée, congestive, ayant repris une coloration normale dans la minute qui suit la détorsion (figure : 1). Par ailleurs, l'annexe controlatérale était sans anomalies, et il n'y avait pas d'épanchement péritonéal ni d'anomalie utérine à l'exploration. On a réalisé une kystectomie idéale après détorsion tubaire et ouverture du mésosalpinx. Les suites opératoires étaient simples. L'examen anatomopathologique est revenu en faveur d'un kyste paratubaire sans signes histologiques de malignité.



Figure1 : torsion d'annexe sur kyste paratubaire : vue opératoire

3 DISCUSSION

Les kystes paratubaires sont des entités pathologiques fréquentes ; elles représentent 10% des masses annexielles. Leur diamètre moyen est de 6cm. Cependant quelques cas de kystes paratubaires géants ont été rapportés. Elles se développent aux dépens des vestiges embryonnaires wolffiens mésonéphrotiques et mûliériens paramésonéphrotiques ou des inclusions mésothéliales[1,3]. De nature habituellement bénigne des cas de dégénérescence en cystadénocarcinomes ont été décrits chez des patientes ménopausées. Sans qu'il y ait de consensus quant à la prise en charge de ces derniers, leur chirurgie est par extension assimilée à celle des tumeurs tubaires [1-2].

A l'instar des kystes ovariens, principal diagnostic différentiel, elles se compliquent de rupture, hémorragie et rarement de torsion [1-2].

Les kystes paratubaires se présentent à l'échographie dans leur forme bénigne habituelle sous forme d'une image latéroutérine anéchogène homogène répondant à tous les critères de bénignité, la visualisation de l'ovaire homolatérale est évocatrice du diagnostic[4].

Le traitement repose sur la coeliochirurgie, qui permet souvent de redresser le diagnostic ; ces masses étant souvent confondues avec les kystes ovariens, le traitement doit être conservateur dans la mesure du possible (sauf dans les cas exceptionnels de kyste géants entraînant une distension extrême avec dilacération de la trompe ou en cas de signes macroscopique de malignité). Comme dans le cas des kystes ovariens l'opérateur devra s'efforcer d'éviter toute effraction de la paroi du kyste, effraction qui risquerait en cas de malignité, d'entraîner la dissémination de cellules malignes dans la cavité péritonéale, transformant un stade I en III [2-5].

4 CONCLUSION

Souvent confondus avec les kystes de l'ovaire, les kystes paratubaires sont des entités pathologiques fréquentes, qui se compliquent rarement de torsion d'où l'originalité de ce travail. Ces lésions étant habituellement bénignes, leur prise en charge repose sur la réalisation d'une kystectomie par coeliochirurgie en évitant toute effraction de la paroi du kyste.

REFERENCES

- [1] B. Letourneur, S. Grandjean, P. Richard, O.Parant. Prise en charge d'un kyste paratubaire géant. Gynécologie-Obstétrique et fertilité 34 (2006) 239-241.
- [2] S.Benkirane, F. Fdili Alaoui, A. Melhouf. Kyste paratubaire tordu : à propos d'un cas rare de diagnostic difficile. The Pan African Medical Journal. 2014 ; 19 : 25.
- [3] F. Cuiller, JC. Sommer. Torsion tubaire isolée chez une adolescente de 15ans. Archives de Pédiatrie 2000 ; 7 (7) : 748-751.
- [4] T. Barloon, B. Brown, A Monser, N. Warnock, Paraovarian and paratubal cysts: preoperative diagnosis using transabdominal and transvaginalsonography. Journal of Clinical Ultrasound.1996 Mar-Apr; 24(3): 117-122
- [5] M. Macarthur, AA Mahomed. Laparoscopy in the diagnosis and management of a complicated paraovarian cyst. SurgEndosc.2003; 17 (10): 1676-1677.

Myasthénie et maternité

[Myasthenia gravis and motherhood]

Jihad Drissi, Mounia Ziyadi, Jaouad Kouach, Driss Moussaoui, and Mohammed Dehayni

Service de Gynécologie Obstétrique, Hôpital Militaire d'Instruction Mohamed V, Rabat, Morocco

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

ABSTRACT: Myasthenia gravis is a neurological disease that affects favorite with the young woman of childbearing age. The study of reciprocal interactions between gravis and pregnancy is essential to know for proper management of these patients whose follow-up should be done in close collaboration between obstetrician, neurologist, anesthesiologist and pediatrician

KEYWORDS: gravis, cholinesterase drugs, neonatal myasthenia.

RÉSUMÉ: La myasthénie est une maladie neurologique qui touche avec prédilection la femme jeune en âge de procréer. L'étude des interactions réciproques entre myasthénie et grossesse est par conséquent primordiale à connaître en vue d'une prise en charge adéquate de ces patientes dont le suivi devra se faire en étroite collaboration entre obstétricien, neurologue, anesthésiste et pédiatre.

MOTS-CLEFS: myasthénie, drogues anticholinestérasiques, myasthénie néonatale.

1 INTRODUCTION

La myasthénie, ou myasthenia gravis, est une maladie neurologique auto-immune dû au blocage des récepteurs à l'acétylcholine au niveau de la plaque motrice, il en résulte une fatigabilité excessive de la musculature striée, résolutive au repos et par la prise d'anticholinestérasiques (1-2-3). Son incidence est de 2 à 5 cas par million d'habitants par an, elle peut survenir à tout âge avec deux pics de fréquence : au-delà de 40 ans avec un sex-ratio égal à un, et entre 20-30ans avec une prédominance féminine (1) ; c'est donc une maladie de la femme jeune en âge de procréer ; il est par conséquent impératif de connaître les implications réciproques entre myasthénie et grossesse et de prévoir le risque de myasthénie néonatale pour optimiser la prise en charge de ces patientes.

2 OBSERVATION

Nous rapportons le cas d'une patiente de 32ans deuxième geste, primipare et mère d'un enfant. Suivie depuis deux ans pour myasthénie oculaire séronégative révélée par une diplopie avec ptosis améliorée sous pyridostigmine, associée à une hyperplasie thymique pour laquelle elle a bénéficié d'une thymectomie, mise initialement sous corticothérapie arrêtée il y a 1an et sous pyridostigmine 50mg/j avec bonne évolution clinique. La patiente a été suivie dans notre formation pour sa grossesse sans aucune poussée de sa maladie. Et sans aucun retentissement fœtal notamment une croissance et un périmètre crânien demeurés correctes. L'accouchement s'est déroulé à terme par voie basse sans nécessité d'extraction instrumentale, donnant naissance à un nouveau-né eutrophe Apgar 10/10, gardé sous surveillance, n'ayant présenté aucun signe de myasthénie néonatale notamment dans les 48heures qui suivent l'accouchement. L'allaitement a été autorisé chez cette patiente vu la sévérité modérée de sa maladie et les doses réduites de son traitement.

3 DISCUSSION

Selon les données de la littérature l'évolution de la myasthénie au cours de la grossesse est imprévisible, les auteurs rapportent 1/3 d'amélioration, 1/3 des patientes resteraient asymptomatiques, et 1/3 présenterait une aggravation avec risque de survenu de crise myasthénique même sévère par atteinte des muscle respiratoires, et ceux, tout trimestre confondu et même en post-partum (1-2-3). Les poussées sont cependant favorisées par certains médicaments d'usage fréquent pendant la grossesse à savoir : les inhibiteurs calciques et le magnésium intra-veineux. Dépourvus d'effet tératogène, les drogues anticholinestérasiques ne doivent pas être interrompues particulièrement au cours du travail pour prévenir le risque de survenu de crise. L'analgésie péridurale ne pose aucun problème.

Certains cas d'hypotrophie (20-35%) et d'arthrogripose par immobilisme foetal et d'hypoplasie pulmonaire par abolition des mouvements respiratoires ont été rapportés. L'hydramnios par défaut de déglutition a permis même le diagnostic de la myasthénie maternelle dans le cas publié par Verspick et al.(4). La prise de pyridostigmine serait associée à un risque de microcéphalie fœtale pour les patientes sous fortes doses. Ceci dit une surveillance échographique rapprochée avec évaluation de la vitalité foetale est justifiée.

Le myomètre étant un muscle lisse, il n'y a donc pas de retentissement de la maladie sur le travail. L'expulsion peut néanmoins être laborieuse par inefficacité des efforts expulsifs en raison de l'affaiblissement de la musculature abdominale par épuisement maternel, élargissant ainsi les indications des extractions instrumentales, cet effet peut être limité par la réalisation d'une péridurale afin de réduire le stress maternel. La césarienne ne sera justifiée que par une indication obstétricale ou en cas de crise (1-3).

Le risque de myasthénie néonatale est estimé entre 10 et 20%, il est lié au passage transplacentaire des anticorps maternels, il est inversement corrélé à l'ancienneté de la maladie et semble être plus réduit chez les patientes ayant bénéficiés d'une thymectomie (1-2). Ainsi, des signes à type d'hypotonie axiale, cris faibles, hypomimie, troubles de la succion et de la déglutition voire de détresse respiratoire aigüe peuvent se manifester dans les 24 premières heures et sont spontanément réversibles dans les 2 à 5 semaines de vie par disparition des anticorps maternels. Ceci dit une surveillance pendant 3 jours en néonatalogie s'impose. Par ailleurs, le délai d'apparition de la symptomatologie relative à la pathologie néonatale s'explique par l'élimination des drogues anticholinestérasiques maternels et par l'effondrement de l'alpha-foetoprotéine. En effet, cette dernière entraverait la liaison de l'anticorps à son ligand (1). La prise en charge de la myasthénie néonatale repose sur l'administration de néostigmine, la prise en charge en réanimation est nécessaire dans les formes sévères. Il a été prouvé que les anticorps anticholinergique de même que les drogues anticholinestérasiques passent dans le lait maternel et peuvent engendrer des effets muscariniques à type de diarrhée, hypersialorrhée, hypersécrétion bronchique chez le nouveau-né. Un cas d'hypertrophie musculaire a été rapporté chez une patiente sous fortes doses de pyridostigmine. L'allaitement maternel reste par conséquent controversé, il serait autorisé chez les patientes en rémission avec de faibles taux d'anticorps et sous faibles doses thérapeutiques (1-2).

4 CONCLUSION

Nous pouvons conclure que la grossesse peut être autorisée sans restriction si l'équilibre pré-conceptionnel est obtenu. Sur le plan obstétrical, la myasthénie a peu de retentissement: le travail se faisant de façon physiologique. En revanche, la maladie peut avoir un retentissement fœtal et néonatal. Un suivi neurologique régulier pendant la grossesse et le post-partum doit être mis en place dans le but d'un dépistage précoce des poussées et l'instauration des traitements spécifiques pour les enrayer. C'est pourquoi une coopération parfaite de la part d'une équipe multidisciplinaire (neurologue, obstétricien, anesthésiste et pédiatres) est nécessaire.

REFERENCES

- [1] O.Picone, F. Audibert, P. Gajdos, H. Fernanadez. Myasthénie et grossesse : à propos de 13 grossesses. Journal de Gynécologie Obstétrique et Biologie de la Reproduction 2003 ; 32 : 654-659.
- [2] C. Ramirez, J. de Seze, O. Delrieu, T. Stijkovitch, S. Delalande, F. Fourrier, D. Leys, F. Defebvre, A. Destee, D. Vermersch. Myasthénie autoimmune et grossesse : évolution clinique, accouchement et post-partum. Revue Neurologique. March 2006, Vol. 162 (3) : 330-338.
- [3] A. El Midaoui, O. Messouak, MF. Belahcen. La myasthénie. Annales de Médecine et de Thérapeutiques. Amether. 2010 : Vol.2, N 1 : 54-65.
- [4] E. Verspyck, L. Mandelbroth, M. Domergues, C. Huon et al. Myasthenia gravis with polyhydramnios in the fetus of an asymptomatic mother. Prenat diagn.1993; 13: 539-42.

Implementing of the employees training evaluation using Kirkpatrick's model in tourism industry - A case study

Siti Zahro¹ and Ming Chang Wu²

¹PhD Student, Graduate School of Technological and Vocational Education,
National Yunlin University of Science and Technology,
Yunlin, Taiwan

²Professor, Graduate School of Technological and Vocational Education,
National Yunlin University of Science and Technology,
Yunlin, Taiwan

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

ABSTRACT: The study purpose was to determine the effects of this program taking the Kirkpatrick evaluation method in the Eco Green Park (EGP) that focused on the four major levels: participants' reaction, learning, behavior, and performance outcomes. It is a tourism site providing a series of environment-protection education. In order to prepare employees with ecological knowledge, the leaders undertook training programs regarding handicraft manufacturing using recycled materials. To evaluate this program, researchers collaborate with leaders used the method of experimental research with a quantitative approach to measuring research aim. The number of participants was all employees with 65 trainees. The test and non-test were used as instrument and descriptive analyzes were performed with SPSS. The study result showed that evaluation of the first level was well that seen from the perception of trainees who have reacted well to the training. Evaluation of the second level was excellent that showed by participants gained additional knowledge and skills in training. The third level of the evaluation showed very good behavior that obtained from the assessment conducted by the department heads of each employee. While, evaluation of the fourth level was increased before and after the training. Some suggestions that given were should be done periodically, and the training evaluation should involve education experts and leaders to evaluate properly and regularly in order to give a positive impact on employees and companies.

KEYWORDS: program, handicraft, reaction, learning, behavior, result.

1 INTRODUCTION

Garbage, a severely disturbing thing in the whole world, keeps receiving the highly attention in the last decade. The number of human population resulted in increased waste every day. Waste management is not good to be bad for the environment. Not only the government's attention but also public's participation in the recycling of waste is very important, especially the Indonesian government. Batu city which are located at average altitude of 700-1700 m above sea level and average air temperature reaches 12-19 degrees Celsius is a tourism city located in Indonesia [24]. Batu city has many tourism places, one of the tourism places is ECO Green Park. ECO Green Park gives attention and learning about the process and the use of waste for society. ECO Green Park interested in waste management education.

The ECO Green Park purpose is to provide knowledge and skills to visitors. Visitors are given education and training such as waste management, utilize of waste, renewable energy, and others. ECO green park motto is fun and study, so that learning and training undertaken with fun. Materials of Learning and training in ECO Green Park is supported by the media are very creative learning and innovative. However, employee cannot be deliver learning properly. Based on initial

observation by researchers. Observation found 99% of employees do not have a background as a coach. Therefore, learning and training do not give effect to visitors and do not correspond to the learning objectives desired by visitors.

Based on this, employees need training to upgrade and improve its performance. The purposes of training are providing new knowledge and improve the skills of employees to serve visitors. So that, learning and training in ECO Green Park can be delivered properly and appropriate learning objectives by employees. Therefore, evaluation of the training program is very important. The aims of training evaluation are to describe the condition of the participants before, during, and after training. Evaluation of training programs used Kirkpatrick evaluation model. Kirkpatrick evaluation model has four levels of evaluation, namely, the reaction is used to determine how the reactions of participants during the training, learning is used to measure the knowledge and competence before and after training, behavior used to observe changes in attitude and apply the training materials in the workplace, and the results are used to determine the final outcome of the trainees, the final assessment carried out by the management company.

Based on an illustration above, the general aim of this article is to know the impact of the training of craft trash in the tourism industry using the Kirkpatrick's model as an evaluation approach. The paper discuss four evaluation levels in applying the evaluation of the Kirkpatrick model approach in the handicraft training with the specific goals are to describe:

- The participants' reaction as long as training;
- The participants' learning was obtained before and after training;
- The participants' behavior after training; and
- The participants' final evaluation results after training.

2 LITERATURE REVIEW

2.1 HANDICRAFT FROM WASTE MATERIALS

Papers can be written in English, French, Spanish or Arabic. Handicraft is handmade using simple tools, made of natural materials, and combine traditional production methods in making [36]. This is to emphasize the hand skills and function to process raw materials that are often found in the environment into objects that are not only valuable to use, but also the aesthetic values with special expertise relating to the hand [25].

Khan and Amir [1] explained that the raw material handicraft using existing local materials, both organic and inorganic materials. One of them tapped inorganic waste as raw material for handicraft [2], for example: paper [3], plastic [4], coconut shell [5], carved stone [6], and others. Utilization of waste for handicraft products will have the power efficiency and high value that makes handicraft developed to be used as the business community (creative industries) and developed in the world of education.

2.2 TRAINING

Training is a systematic approach that affects the knowledge, skills, and attitudes of individuals to improve individual, team, and organization to be effective [7]. Training is also the approach used by managers and coaches [26] as an investment for the company to improve the competency to prepare employees for positions have an impact on employee performance [8]. The research results found that job training has a significant relationship to performance [9]. While other studies stated that the training effect give a positive impact on employee performance [10].

Some important indicator in the training of employees is a coach, training time, and supervision of the management [11]. While the Australian National Training Authority [27] states that some indicators of the quality of training are (1) the incorporation of the basic materials in training, (2) the introductory training for program changes, (3) implementing the training, (4) improve the monitoring, (5) consultation, teaching, motivating trainees, and (6) evaluation of the trainees. Through the implementation of standardized training, have an impact on improving employee commitment and reducing the number of employee resignation [12].

2.3 KIRKPATRICK MODEL EVALUATION

Evaluation is also an indicator that is very important to determine the contribution of training to the development of the productivity of individuals, teams, and organizations [13]. Furthermore, Obisi [14] states that the evaluation program training needs to be done by seeing the reactions of employees who attend training are already implementing a training program as well. In addition, the evaluation of training programs not only affect the employees who attend training course but also

affect the company as a whole, so that the information is accurate and on process the implementation of the program, the impact/ results achieved, the efficiency and utilization of program evaluation results will be obtained by implementing a training program [28]. While the evaluation model of training that can be used by the executor of training. There are several models, namely: (1) the model Kirkpatrick [32], (2) models Context, Input, Process, Product (CIPP) [15], (3) approaches Training Validation System (TVS), and (4) the model inputs, Process, Output, Outcome (IPO) [16].

One theory regarding the evaluation of training proposed by Kirkpatrick known as the four levels technique for evaluating training programs, consisting of: reaction, learning, behavior and results [29]. The reaction is defined as how well the trainees liked a particular training program that is collecting data on participants' reactions at the end of the training program. Learning is defined as an attitude change derived from the knowledge and skills learned by trainees. Behavior is defined as the extent to which changes in the former trainee at the time the trainees return to work after the training environment. While the result is defined as the extent of the training impact/results to the improved performance of former participants, work units, as well as the company as a whole [30].

2.4 TOURISM INDUSTRY

Handicraft is handmade using simple tools, made of natural materials, and combine traditional production methods in making [31]. This is to emphasize the hand skills and function to process raw materials that are often found in the environment into objects that are not only valuable to use, but also the aesthetic values with special expertise relating to the hand [28].

3 METHODOLOGY

This study used the method of experimental research with a quantitative approach. The research design adapted a lesson-study model (PLAN, DO and SEE). The study focused on "DO". In other words, "DO" is the implementation of the training. Thus, the implementation of the training was evaluated by four-level Kirkpatrick models. Research conducted for six months and consists of three stages of research. These stages are (1) the planning was done during the first months (PLAN), (2) the implementation and evaluation of training conducted over four months (DO), and (3) discussing of the results training implementation evaluation (SEE). Based on the research design, the detail of the evaluation carried out on handicraft training in Figure 1. The study design was designed to obtain the results of an evaluation using a model of effective Kirkpatrick [17] and more accurate [18]. The involvement of industry leaders and education experts are also designed to purpose maximum results in this design.

3.1 SAMPLE

Research participants were 65 employees from nine departments in ECO Green Park (marketing, fun and games, animals, science center, accounting, common areas, gardeners, engineering, F and B). Participants' criteria is work experience between 1 to 2 years, aged between 20-45 years, and graduated from high school or vocational high school.

3.2 INSTRUMENT

The instrument of this study used the test and non-test to investigate the implications of handicraft training in the tourism place. Based on the evaluation of Kirkpatrick model, this Instrument has developed by researchers with four constructs, level 1: reaction (10 items); level 2: learning (46 items); level 3: behavior (10 items); and level 4: result (8 items). The test was used to the construct test in the evaluation level 2, namely learning and non-test (questionnaire) used to evaluate the level of 1, 3, and 4. Instruments in this study had a validity value, namely 0.83 for the reaction questionnaire, 0.80 to learning questionnaire, and 0.85 for the behavior questionnaire. The reliability value of each questioner is 0.76 for the reaction questionnaire, 0.80 to learning the questionnaire, and 0.78 for the behavior questionnaire. Meanwhile, the validity and reliability of the result does not count, because the result level have been using employee assessment sheet that has been used by ECO Green Park leaders.

3.3 DATA COLLECTION

Collecting data of this study using two techniques were questionnaires and documentation. This study used a questionnaire enclosed with present five alternative answers. Alternative answers are used to reveal the perceptions and opinions on the training implications of handicraft made of trash tourism place. This questionnaire will be distributed to

employees to assess how the training was held. The questionnaire was administered after the training is completed. Behavior questionnaire was given to the department head of each division for each employee training to evaluate changes in attitudes, knowledge and skills acquired trainees (behavior evaluation) after training. This questionnaire to see if the trainee apply all acquired during training after returning to the work environment. While, the documentation in this study is used to obtain data from documentation in the form of the existing performance assessment will crosscheck with the data from the questionnaire given to employees and data assessment of the results of lesson study. Documents such as performance assessments before and after training was also used to support the evaluation result.

3.4 DATA ANALYSIS

To data analysis, researchers identified five categories to determine good-not good research variables, namely: very less, less, pretty, good, and excellent. The criteria for determining the interval of each category was calculated using the average ideal as a benchmark to determine the category. The further descriptive analysis was used to provide a snapshot of the data collected from the questionnaire handicraft training implementation and to describe tendency of the data seen from the average, median, standard deviation and variance of the data of each variable. While the normality test and descriptive analyses were performed with SPSS for Windows version 21.

4 RESULTS AND DISCUSSIONS

Descriptive analysis was conducted from 65 research respondent data on the implementation of handicrafts made from garbage training in the tourism industry. Evaluation of Kirkpatrick model divided according to level, level 1 to reaction, level 2 of learning, level 3 to behavior, and level 4 to result. Table 1 shows that the average value of standard deviation was 285.8 and the average value of standard deviation is 89.16, so the general opinion of the employees is very good on the implementation of handicrafts training in the tourism industry. While the value of skewness and kurtosis indicated that the data is normal.

Table 1. Distribution of the Kirkpatrick Levels of Handicraft Job Training

Kirkpatrick levels	Number	Mean	Standard Deviation	Skewness	Kurtosis
Level 1 - reaction	65	81.60	2.67	-.680	-.884
Level 2 - learning	65	81.71	4.95	-.317	-.498
Level 3 - behavior	65	81.54	5.37	.129	.273
Level 4 - result	65	86.11	3.02	-.996	.742
Total	-	285.80	89.16	-	-

Kirkpatrick model presented four levels to actually gauge the results of training. As this research focuses to implement Kirkpatrick model levels for handicraft training program to establish effectiveness of training program. Descriptions for each level of Kirkpatrick model was mapped to different activities at each stage of trainings as following.

4.1 LEVEL 1 – REACTION

The reaction is basically the immediate feedback of participants after the training [16]. To calculate Training feedback (reaction) of each handicraft training batch, a questionnaire form was used. The questionnaire had nine questions and participants ranked each question against five given options (strongly agree, agree, neither agree or disagree, disagree, and strongly disagree). To calculate the result from the questionnaire, all the items was analyzed by SPSS. Furthermore, the average score for each question was grouped into five categories to determine good-not good of handicraft training (very less, less, pretty, good, and excellent). These scores were used to get the quantified result of feedback. The average score of feedback by all participants was considered as the training feedback (reaction) to handicraft training program.

Level one does not just include reactions toward the overall program (e.g. training benefits), it also include measurement of participants' reactions or attitudes toward specific components of the program, such as the instructors, the materials, the media, and the time allocation. Finally, the measurement of specific aspects of the training program can provide important information about what aspects of the training program can be improved in the future for employees. More details can be seen in Table 2.

Table 2. Handicraft Training Results at Reaction Level

Items	Mean	Categories
The training material is a new material for me.	84.30	Excellent
The training materials can be applied to my work	77.50	Good
The training materials provide new knowledge for me to be a teacher	78.70	Good
The training facility supports training programs	80.00	Good
The allocation of sufficient training time is used to study the training materials	84.60	Excellent
The learning media can support learning	85.80	Excellent
Trainers involve trainees during the learning	84.00	Good
The training program should be done regularly	73.80	Good
The training program provides benefits in order to support my work at work	88.00	Excellent
Total	81.60	Good

Table 2 showed the results of the analysis that the majority of employees believe good (81.8) on the implementation of handicraft training is done with a mean of 81.6. This means that the relevant training undertaken by the wishes expected by employees to support the performance development in the tourism industry. The results of the reaction are good, due to the implementation of the training was planned well in advance and supported by all employees and the company management. Besides training handicraft perceived as a new training model more creative and innovative as well as never been done before.

4.2 LEVEL 2 – LEARNING

Level 2 is to determine what the training program participants learned during the training event. One can define it as techniques, knowledge and abilities actually acquired by trainee due to training [16]. To get this, level 2 evaluation of handicraft training, experimental research designs with one-group pre-test-post-test design were used. These were done to determine if participants gained the knowledge, skills, and attitudes on before and after the training. They were measured using achievement tests that constructed by instructors (tests designed to measure the degree of learning that has taken place, i.e.: pedagogic competency, social competency, and professional competency). Table 3 shows the final result of this level.

Table 3. Handicraft Training Results at Learning Level

Parameters	Mean	Category	Percent (%)
Pedagogic competency	84.8	Excellent	94.2
Social competency	80.4	Excellent	88.4
Professional competency	79.9	Good	90.8
Total	81.7	Excellent	91.13
Parameters	Mean	Category	Percent (%)

The analysis result of Table 3 showed that the study carried out in training handicraft rated as excellent (91.13%) by the majority of employees of the tourism industry with a mean of 81.7. This means that the learning was done in accordance with the expectations and objectives of the training. This can be seen by doing a pre-test and post-test, the results showed an increase in their knowledge and skills after training this handicraft. The training was in line with expectations due to the employee not only done a tutorial, but also practice directly in the field. Competence was measured in learning activities consist of pedagogical competence, social competence, and professional competence. The pedagogical competence is used to lead one of the educational activities with learners [19]. Social competence is defined as effectiveness in social interaction, with transactional, context-dependent, and goal-specific characteristics [20] and professional competence is related to viewpoint on the personal of labor quality [21].

In stage 2, learning was done through three stages: learning tutorial, microteaching, and direct practice in the field. While learning assessment carried out involving the two sides both the tourism industry and the education world. The collaborative work can determine the result quality as a measure of evaluation success [22].

4.3 LEVEL 3 – BEHAVIOUR

Level 3 of Kirkpatrick Model is about monitoring actual behaviors that were demonstrated the trainees after training on the workplace. Level 3 (behaviors) evaluation was generated using monitoring worksheets generated by Lesson Study Team during six months. This team consisted of six people from the educational institution and nine people from the tourism industry. The Team always coordinate before and after monitoring by involving trainees in order that evaluation and reflection can be done by management and employees as a two-way communication. While indicator behavior is measured from the pleasure in training, implementing training materials in the workplace, sharing his knowledge with peers at work, positive attitude changes in the workplace, performance improvement, have new knowledge to support their work, increased confidence to convey ideas in the workplace, increased competence on the job, a change of behavior in the workplace, and increase creativity in the workplace.

The analysis results for level behavior are the majority participants showed a very good impact (90.5%) with a standard deviation of 81.5 on the implementation of handicrafts training. This means that training is done indispensable in motivating and supporting the tourism industry employee performance improvement. The method's application was given through a tutorial and microteaching which then directly applied by a trainee in the workplace more employees' perceived increase their confidence in improving professional skills creatively and better.

4.4 LEVEL 4 – RESULT

Level 4 of Kirkpatrick model talks about the actual results that affect the organization as a whole on a bigger scale. This data is the most complex level of Kirkpatrick model [16]. This level data were obtained from tourism industry management regarding employee performance report in each month. The parameters of performance report are presence, knowledge, responsible, ethics and courtesy, appearance, honesty, work loyalty, and self's creativity. Table 4 below summarizes the results of handicraft training at result level of Kirkpatrick model.

Table 4. Handicraft Training Results at Result Level

Parameters	Mean	Category	Percent (%)
Presence	87.40	Excellent	92.0
Knowledge	85.50	Excellent	95.0
Responsible	85.20	Excellent	94.7
Ethics and courtesy	85.26	Excellent	94.7
Appearance	85.50	Excellent	93.0
Honesty	85.60	Excellent	91.1
Work loyalty	85.70	Excellent	93.2
Self's creativity	86.30	Excellent	92.0
Total	85.80	Excellent	93.2

Table 4 showed the analysis results that the majority of employees' opinion toward the results of handicraft training was done stated very good (93.2%) with a mean of 85.80. This means that the training conducted deliver positive results to all participants in the tourism industry. Based on these results, industry needs to plan the ongoing training that targeted results can be achieved because it is supported by the employees as human resources competent, creative and innovative in improving its performance in the workplace.

The application of the four-level evaluation requires a certain period of time to get the desired results occur. Evaluation of four levels of Kirkpatrick's model is a system of evaluation of training programs in order to get the maximum yield (ranging evaluation program reaction, learning, behavior, employee productivity, and increased profits for their organizations). This is in line with Esposito and Freda [23] that showed each evaluation level has a significant association with training outcomes which were effective and useful to hypothesize the development of a competence of use.

5 CONCLUSIONS

Training is one way to improve the competence of employees. Training is planned and according to the needs of employees, which have a positive impact for employees and companies. Therefore, the implementation of the training

should be evaluated as carefully as possible, because the results of the evaluation will determine the implementation of further training. Evaluation of training that has been conducted gradual find out the achievement of the implementation of the training. Kirkpatrick evaluation model is the appropriate evaluation model, because it has four levels of evaluation. The results of the evaluation in this study concluded that evaluation at level 1, the reaction is otherwise well, it was seen from the perception of trainees who have reacted well to the training, evaluation at 2 levels, learn Viewed excellent, participants gained additional knowledge and skills in training, level 3 evaluation showed very good behavior, it is obtained from the assessment conducted by the department heads of each employee, and evaluation of level 4 is the result, the performance appraisal is obtained from the performance appraisal documents that have been made before and after the training.

In the application, the training should be done periodically. Thus, knowledge and skills of employees can improve the performance of the company. Handicraft training has been using materials from waste that can be recycled, so the company did not issue a high cost for this training. Training evaluation which has involved education experts and management to evaluate properly and regularly gave positive impact for employees and companies.

REFERENCES

- [1] W. A. Khan and Z. Amir, "Study of Handicraft Marketing Strategies of Artisans in Uttar Pradesh and Its Implications," *Research Journal of Management Sciences*, vol. 2, iss. 2, pp. 23-26, 2013.
- [2] S. A. Mulasari, "Hubungan Tingkat Pengetahuan dan Sikap Terhadap Perilaku Masyarakat dalam Mengolah Sampah di Dusun Padukuhan Desa Sidokarto Kecamatan Godean Kabupaten Sleman Yogyakarta [The Correlation between Knowledge and Attitudes towards People's Behavior in Processing Waste in the Hamlet Village Padukuhan Sidokarto, Godean Districts, Sleman Regency, Yogyakarta]," *Kesejahteraan Masyarakat*, vol. 6, no. 3, pp. 204-211, 2012.
- [3] M. A. Hubbe and C. Bowden, "Handmade Paper: A Review of Its History, Craft, and Science," *BioResources*, vol. 4, iss. 4, pp. 1736-1792, 2009.
- [4] H. P. Putra and Y. Yuriandala, "Studi Pemanfaatan Sampah Plastik Menjadi Produk dan Jasa Kreatif [Study on the Use of Plastic Waste into Products and Creative Services]," *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, vol. 2, no. 1, pp. 21-31, 2010.
- [5] D. Pugersari, A. Syarieff, and D. Larasati, "Eksperimen Pengembangan Produk Fungsional Bernilai Komersial Berbahan Baku Tempurung Kelapa Berusia Muda dengan Teknik Pelunakan [Development Experiments of Commercially Valuable Functional Products Made from Young Coconut with Softening Techniques]," *Jurnal Visual Art & Design*, vol. 5, no. 1, pp. 74-91, 2012.
- [6] S. Kristiawan, I. Satyarno, and P. C. Sumardi, "Penggunaan Batu Buatan dari Limbah Batu Putih sebagai Pengganti Batu Alam pada Industri Kerajinan Batu Ukir [Using Artificial Stone of White Stone Waste as a Substitute for Natural Stone on Stone Carving Craft Industry]," *Jurnal Sistem Teknik*, vol. 1, pp. 56-69, 2010.
- [7] H. Aguinis and K. Kraiger, "Benefits of Training and Development for Individuals and Teams, Organizations, and Society," *The Annual Review of Psychology*, vol. 60, pp. 451-474, 2009.
- [8] A. Elnaga and A. Imran, "The Effect of Training on Employee Performance," *European Journal of Business and Management*, vol. 5, no. 4, pp. 137-147, 2013.
- [9] A. Hakim, A. Dardar, A. Jusoh, and A. Rasli, "The Impact of Job Training, Job Satisfaction and Alternative Job Opportunities on Job Turnover in Libyan Oil Companies," *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 20, pp. 389-394, 2012.
- [10] P. Mangkunegara and A. Waris, "Effect of Training, Competence, and Discipline on Employee Performance in Company (Case Study in PT. Asuransi Bangun Askrida)," *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 211, pp. 1240-1251, 2015.
- [11] W. Hassan, A. Razi, R. Qamar, R. Jaffir, and S. Suhail, "The effect of Training on Employee Retention," *Global Journal of Management and Business Research*, vol. 13, no. 6, pp. 16-20, 2013.
- [12] M. U. Muzaffar, H. S. H. Salamat, and H. S. M. M. Ali, "Impact of Trainings on Employees' Outcome in IT Sector Pakistan," *Global Journal of Management and Business Research*, vol. 12, no. 6, pp. 20-26, 2012.
- [13] K. Ariga, M. Kurosawa, F. Ohtake, M. Sasaki and S. Yamane, "Organization Adjustments, Job Training and Productivity: Evidence from Japanese Automobile Makers," *Journal of the Japanese and International Economies*, vol. 27, pp. 1-34, 2013.
- [14] Obisi, "Employee Training and Development in Nigerian Organizations: Some Observations and Agenda for Research," *Australian Journal of Business and Management Research*, 1(9), 82-97, 2011.
- [15] M. Tiantong and P. Tongchin, "A Multiple Intelligences Supported Web-based Collaborative Learning Model Using Stufflebeam's CIPP Evaluation Model," *International Journal of Humanities and Social Science*, vol. 3, no. 7, pp. 157-165, 2013.

- [16] W. Rehmat, I. Aaltio, M. Agha, and H. R. Khan, "Is Training Effective? Evaluating Training Effectiveness in Call Centers," *Electronic Journal of Business Ethics and Organization Studies*, 20(1), 4-15, 2015.
- [17] R. Bates, "A critical Analysis of Evaluation Practice: The Kirkpatrick Model and the Principle of Beneficence," *Evaluation and Program Planning*, vol. 27, iss. 3, pp. 341-347, 2004.
- [18] B. Blom, K. A. Dukes, L. Lundgren, and L. M Sullivan, "Register Data in the Evaluation and Program Planning of Addiction Treatment Programs: Using Sweden as an Example," *Evaluation and Program Planning*, vol. 49, pp. 185-191, 2015.
- [19] A. I. Suci and L. Mata, "Pedagogical Competences – The Key to Efficient Education," *International Online Journal of Educational Sciences*, vol. 3, iss. 2, pp. 411-423, 2011.
- [20] L. Rose-Krasnor, "The Nature of Social Competence: A theoretical review," *Social Development*, vol. 6, iss. 1, pp. 111-135, 2006.
- [21] M. Kunter, J. Baumert, T. Voss, U. Klusmann, D. Richter, and A. Hachfeld, "Professional Competence of Teachers: Effects on Instructional Quality and Student Development," *Journal of Educational Psychology*, vol. 105, no. 3, pp. 805-820, 2013.
- [22] C. A. Collazos, L. A. Guerrero, J. A. Pino, S. Renzi, J. Klobas, M. Ortega, M. A. Redondo, and C. Bravo, "Evaluating Collaborative Learning Processes Using System-based Measurement," *Educational Technology & Society*, vol. 10, iss. 3, pp. 257-274, 2007.
- [23] G. Esposito and M. F. Freda, "Evaluating Training Context Competence of Use: Productive and Unproductive Models of Use," *Evaluation and Program Planning*, vol. 50, pp. 77-87, 2015.
- [24] EGP, *Panduan Wisata di Kota Batu, Malang [Travel guide in the Batu City, Malang]*. ECO Green Park (EGP), 2012.
- [25] ITC and WIPO, *Marketing Crafts and Visual Arts: The Role of Intellectual Property: A Practical Guide*. International Trade Centre UNCTAD (ITC)/World Intellectual Property Organization (WIPO), 2003.
- [26] American Management Association, *Coaching: A Global Study of Successful Practices. Current Trends and Future Possibilities 2008-2018*. American Management Association, 2009.
- [27] Australian National Training Authority, *Fully on the Job Training Experiences and Steps Ahead*. National Centre for Vocational Education Research (NCVER), 2004.
- [28] U.S. Department of Health & Human Services. (2011). *Introduction to program evaluation for public health programs: A self-study guide*. Atlanta, GA: Centers for Disease Control and Prevention.
- [29] K. Jim and K. W. Kayser, *The Kirkpatrick Four Levels™: A Fresh Look after 50 Years 1959 – 2009*. Kirkpatrick Publishing, 2009.
- [30] M. A. Zinovieff, *Review and Analysis of Training Impact Evaluation Methods, and Proposed Measures to Support a United Nations System Fellowships Evaluation Framework*. WHO's Department of Human Resources for Health, 2009.
- [31] China Arts and Association, *Award of Excellence for Handicrafts Workshop*. 2014. [Online]. Available: <http://www.cnaca.org/english/info/201413/2-57.shtml> (March 6, 2016)
- [32] Bradley, Kelly and Connors, Edward. *Training evaluation model: Evaluating and improving criminal justice training*. 2013. [Online]. Available: <https://www.ncjrs.gov/pdffiles1/nij/grants/244478.pdf> (March 6, 2016).

Effets non linéaires dans l'interaction d'un ensemble de particules de spin 1 avec un champ oscillant dans l'expression de l'aimantation et de la susceptibilité magnétique

[Non linear effects in the magnetization and the magnetic susceptibility of a set of spin one particles interacting with an oscillating field]

Chadia Qotni, Az-Eddine L. Marrakchi, Salaheddine Sayouri, and Yamina Achkar

LPTA, Département de Physique, Faculté des Sciences – Dhar El Mahraz,
BP 1796 Fes-Atlas, 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: We study a set of particles of spin 1 subjected to an oscillating field. We calculate the steady states of this system using the Floquet theorem and the method of resonant medium developed to the third order with respect to the oscillating field intensity.

The calculation of the magnetization of the overall system allows one to show the saturation of absorption, and gives, to order three, asymptotic terms of both the dispersion and the absorption where nonlinear effects appear.

KEYWORDS: Magnetic susceptibility, Magnetization, Floquet theorem, Resonating Main values Method, Radiation-Matter interaction.

RESUME: Dans cet article, nous avons étudié un ensemble de particules de spins 1 soumis à un champ oscillant d'amplitude ω_1 . Nous avons calculé les états permanents de ce système en utilisant le théorème de Floquet et la méthode des moyennes résonantes développée jusqu'au troisième ordre par rapport à l'intensité du champ oscillant.

Le calcul de l'aimantation globale du système a ensuite permis de mettre en évidence la saturation de l'absorption et de donner, jusqu'à l'ordre trois, les expressions asymptotiques des termes de dispersion et d'absorption, dans lesquelles apparaissent des effets non linéaires.

MOTS-CLEFS: Susceptibilité magnétique ; Aimantation ; Théorème de Floquet ; Méthode des moyennes résonantes ; Interaction rayonnement-matière.

1 INTRODUCTION

L'étude de la susceptibilité magnétique des matériaux a des applications dans plusieurs domaines de la physique tels que l'électromagnétisme, l'application radar, la propagation optique [1-3], la photonique [4-5] et les semi-conducteurs [6].

Dans cet article, nous avons utilisé le théorème de Floquet [7] et la méthode des moyennes résonantes appliqués à un système de spins 1 soumis à un champ oscillant d'amplitude ω_1 . Nous avons déterminé la composante de l'aimantation et la susceptibilité magnétique jusqu'à l'ordre trois en ω_1 . Nous avons mis en évidence les phénomènes de résonance rotatoire et de température de spin, ainsi que le comportement de l'aimantation. Nous avons comparé nos résultats avec ceux de la littérature [8].

Nous nous intéressons à l'interaction d'un champ radiofréquence avec un ensemble de particules de spins 1/2 ; sans interactions mutuelles ; en utilisant le théorème de Floquet et la méthode des moyennes résonantes ; permettant d'éviter les catastrophes de résonance [9].

Le théorème de Floquet, comme nous le verrons par la suite, est un outil mathématique puissant et élégant qui permet de résoudre d'une manière générale les problèmes périodiques dans le temps, et est un procédé de calcul valable pour les systèmes quantiques à Hamiltoniens périodiques.

2 THEOREME DE FLOQUET ET METHODE DES MOYENNES RESONANTES (MMR)

2.1 THÉORÈME DE FLOQUET

On considère un système quantique en interaction avec un champ oscillant, périodique de période $\tau = \frac{2\pi}{\omega_1}$, et d'amplitude ω_1 . L'équation de Schrödinger régissant l'évolution de ce système est telle que

$$i\hbar \frac{d}{dt} |\psi(t)\rangle = H(t) |\psi(t)\rangle \quad (1)$$

$$H(t) = H_0 + \omega_1 H_1(t) \quad (2)$$

où H_0 est l'Hamiltonien du système libre, et où H_1 est l'Hamiltonien qui traduit l'interaction avec un champ périodique.

Soit $V(t)$ l'opérateur d'évolution relatif à l'éq. (1), $V(t)$ satisfait à

$$i \frac{d}{dt} V(t) = H(t) V(t) \quad (3)$$

D'après le théorème de Floquet, il existe une décomposition $(R, T(t))$ de telle sorte que :

$$V(t) = T(t) e^{-\frac{iRt}{\hbar}} \quad (4)$$

Où $T(t)$ est un opérateur unitaire, périodique de période τ (ou un multiple de τ), et où R est un opérateur hermitien constant.

$V(t)$ s'écrit, en représentation d'interaction, sous la forme

$$V_I = T_I(t) e^{\frac{iH_0 t}{\hbar}} V(t) \quad (5)$$

Utilisant l'équation (3), on a encore:

$$V = T_I(t) e^{-\frac{iRt}{\hbar}} \quad (6)$$

$$T_I(t) = T(t) e^{\frac{iH_0 t}{\hbar}} \quad (7)$$

$$T(t) = T_I(t) e^{-\frac{iH_0 t}{\hbar}} \quad (8)$$

Ainsi, on peut écrire :

$$i\hbar \frac{d}{dt} V(t) = e^{\frac{iH_0 t}{\hbar}} H_1(t) e^{-\frac{iH_0 t}{\hbar}} \quad (9)$$

2.2 METHODE DES MOYENNES RESONANTES (MMR)

La méthode des moyennes résonantes (MMR) est due à G. Lochak et M. Thioung [10], et constitue une généralisation de la méthode de Bogolioubov [11]. Elle permet la résolution approchée de l'équation de Schrödinger qui régit l'évolution d'un système quantique en interaction avec un champ périodique.

Il s'agit de l'équation (7) à laquelle nous appliquons la MMR. Les solutions sont obtenues sous la forme d'un développement en série de puissances de ω_1 .

L'Hamiltonien $H_I(t)$ peut être écrit comme :

$$H_I(t) = \sum (H_I)_k e^{i\Omega_k t} \quad (10)$$

où $(H_I)_k$ désigne un ensemble d'opérateurs hermitiques constants ; où Ω_k est une suite de fréquences, dont on peut extraire une sous suite comprenant la fréquence $\Omega_k = 0$. Supposons que cette sous suite contienne un nombre fini k de fréquences que l'on peut ordonner $\Omega_0, \Omega_1, \Omega_2, \dots$, et que les autres fréquences Ω_k, Ω_{k+1} ne soient ni harmoniques ni des combinaisons d'harmoniques des k premières. On peut alors écrire l'Hamiltonien d'interaction sous la forme :

$$H_I = \sum_{p=0}^{k-1} (H_I)_p e^{i\Omega_p t} + \sum_{p=k}^{\infty} (H_I)_p e^{i\Omega_p t} \quad (11)$$

On définit alors deux opérateurs appelés « partie moyenne » et « partie oscillante » de $(H_I)_k$ respectivement notés $\bar{H}$ et $\tilde{H}_I$ en posant :

$$\bar{H}_I(t) = \sum_{p=0}^{k-1} (H_I)_p e^{i\Omega_p t} \quad (12)$$

$$\tilde{H}_I(t) = \sum_{p=k}^{\infty} (H_I)_p \frac{e^{i\Omega_p t}}{i\Omega_p} \quad (13)$$

Ces deux opérateurs satisfaisant aux propriétés suivantes :

- $\bar{H}_I$ et $\tilde{H}_I$ sont périodiques de période τ ou $n\tau$
- $H_I(t)$ étant uniformément borné par rapport au temps, $\bar{H}_I(t)$ et $\tilde{H}_I(t)$ le sont aussi.

2.3 DECOMPOSITION DE FLOQUET (R, T)

2.3.1 SOLUTION NON AMELIOREE DU PREMIER ORDRE

C'est l'opérateur ${}^{(1)}V_I(t)$, tel que :

$$i \frac{d {}^{(1)}V_I(t)}{dt} = \omega_1 H_I(t) {}^{(1)}V_I(t) \quad (14)$$

Puisque $\bar{H}_I = 0$, nous avons :

$${}^{(1)}V_I(t) = {}^{(1)}V_I(0) = 1 \quad (15)$$

Ce qui implique, d'après l'équation (5), que :

$${}^{(1)}V_I(t) = e^{-\frac{i}{\hbar} H_0 t} \quad (16)$$

2.3.2 SOLUTION AMÉLIORÉE DU PREMIER ORDRE

C'est l'opérateur ${}^{(1a)}V_I(t)$, tel que :

$${}^{(1a)}V_I(t) = A(t) {}^{(1)}V_I(t) \quad (17)$$

$$A(t) = 1 - \frac{i}{\hbar} \omega_1 \tilde{H} \quad (18)$$

où ${}^{(1a)}V_I(t)$ peut être écrit sous la forme de Floquet :

$${}^{1a}V_I((t)) = {}^{1a}T_1 e^{-\frac{i^{1a}R}{\hbar}} \quad (19)$$

Ainsi, nous avons

$$A \left((t) {}^{1a}V_I((t)) = {}^{1a}T_1 e^{-\frac{i^{1a}Rt}{\hbar}} \right) \quad (20)$$

En tenant compte des équations (4), (6) et (15), nous pourrions choisir la décomposition de Floquet (${}^{1a}T(t), {}^{1a}R$) en posant ${}^{1a}R=H_0$

$${}^{1a}T(t) = B(t) = e^{-\frac{i}{\hbar}H_0} A(t) e^{\frac{i}{\hbar}H_0 t} \quad (21)$$

2.3.3 SOLUTION NON AMELIOREE DU SECOND ORDRE

Elle est définie par l'opérateur :

$${}^{(2)}V_I(t) = A(t)\Gamma(t) \quad (22)$$

où $\Gamma(t)$ est l'opérateur fondamental de l'équation :

$$i\hbar \frac{d}{dt} \Gamma(t) = F(t)\Gamma(t) \quad (23)$$

$F(t)$ est donné par :

$$F(t) = \omega_1 \bar{H}_I(t) + \frac{i}{\hbar} \omega_1^2 \left\{ \overline{\tilde{H}_I \bar{H}_I - \bar{H}_I \tilde{H}_I} + \frac{1}{2} \left(\tilde{H}_I \frac{d}{dt} \tilde{H}_I - \frac{d}{dt} \tilde{H}_I \tilde{H}_I \right) \right\} \quad (24)$$

L'opérateur $V_I(t)$ est écrit sous la forme de Floquet :

$${}^2V_I = {}^2T_I(t) e^{-\frac{i}{\hbar} {}^2Rt} \quad (25)$$

On peut alors écrire la décomposition de Floquet de cet ordre d'approximation, soit $({}^{(2)}R, {}^{(2)}T(t))$, tel que

$${}^{(2)}R = H_0 + F(t) \quad (26)$$

$${}^{(2)}T(t) = ({}^{1a}) T(t) = B(t) \quad (27)$$

2.3.4 SOLUTION AMÉLIORÉE DU SECOND ORDRE

C'est l'opérateur $({}^{2a})V_I(t)$, tel que :

$$({}^{2a})V_I(t) = A_a(t)\Gamma(t) \quad (28)$$

où $\Gamma(t)$ est donné par (22) et $A_a(t)$ est défini par

$$A_a = 1 - \frac{i}{\hbar} \omega_1 \tilde{H}_I + \frac{\omega_1^2}{\hbar^2} \left\{ \frac{1}{2} \left(\tilde{H}_I \frac{d}{dt} \tilde{H}_I - \frac{d}{dt} \tilde{H}_I \tilde{H}_I \right) + \overline{(\tilde{H}_I \bar{H}_I - \bar{H}_I \tilde{H}_I)} - \frac{\tilde{H}_I^2}{2} \right\} \quad (29)$$

et où

$$A_a((t)) = A((t)) + G(t) \quad (30)$$

en posant

$$G(t) = \frac{\omega_1^2}{\hbar^2} \left\{ \frac{1}{2} \left(\tilde{H}_I \frac{d}{dt} \tilde{H}_I - \frac{d}{dt} \tilde{H}_I \tilde{H}_I \right) + \overline{(\tilde{H}_I \bar{H}_I - \bar{H}_I \tilde{H}_I)} - \frac{\tilde{H}_I^2}{2} \right\} \quad (31)$$

$A(t)$ est donné par l'équation (17).

L'opérateur de Floquet $^{(2a)}V_I(t)$ est donné par

$$^{2a}V_I(t) = ^{2a}T_I(t)e^{-\frac{i}{\hbar}^{2a}Rt} \quad (32)$$

Nous pouvons choisir la décomposition de Floquet à cet ordre d'approximation soit $^{(2a)}R, ^{(2a)}T(t)$, en posant :

$$^{2a}R = H_0 + F \quad (33)$$

$$^{2a}T(t) = B(t) + G(t) \quad (34)$$

$^{(2a)}R$ étant un opérateur hermitique constant et $^{(2a)}T(t)$ un opérateur périodique de période τ , unitaire à des termes d'ordre 3 près.

2.3.5 SOLUTION AMÉLIORÉE À L'ORDRE TROIS

C'est l'opérateur $^{(3)}V_I$ tel que

$$^3V_I = A_a(t)S(t) \quad (35)$$

$S(t)$ satisfait à l'équation

$$i \frac{d}{dt} S(t) = L(t)S(t) \quad (36)$$

$$E = \bar{H}_1 A_2 - A_2 \bar{H}_1 - \frac{1}{2\hbar^2} (\bar{H}_1 \tilde{H}_1^2 + \tilde{H}_1^2 \bar{H}_1) - \frac{1}{2\hbar^2} \frac{d}{dt} H_1^2 + \frac{1}{\hbar^2} (\tilde{H}_1 \bar{H}_1 \tilde{H}_1 + \tilde{H}_1 \frac{d}{dt} \tilde{H}_1 \tilde{H}_1) \quad (37)$$

2.4 ETATS PERMANENTS DU SYSTÈME

La théorie des états permanents a été développée par A. Alaoui et G. Lochak [12,15]. Nous allons, en utilisant les résultats du paragraphe précédent, calculer les états permanents aux différents ordres d'approximation.

Les états permanents sont tels que :

$$^{ka}|\Psi_i(t)\rangle = e^{-\frac{i\lambda_{ka}t}{\hbar}} T(t)^{ka}|r_i\rangle \quad (38)$$

Les $^{ka}\lambda$ sont les valeurs propres de l'opérateur R , et les $^k|r\rangle$ les vecteurs propres qui leur correspondent.

3 APPLICATION DE LA METHODE A UN SYSTEME DE PARTICULES DE SPINS 1 EN INTERACTION AVEC UN CHAMP OSCILLANT

Considérons un ensemble statistique de N particules de spin 1 sans interactions mutuelles; de moment magnétique individuel $m = \gamma \hbar I$; soumis à un champ statique $\bar{h}_0 = h_0 \vec{k}$ et à un champ oscillant $\vec{h}_1(t) = 2h_1 \cos \omega t \vec{i}$

L'Hamiltonien traduisant l'interaction avec ces champs est donné par :

$$H(t) = -\vec{m}(\vec{h}_0 + \vec{h}_1(t)) \quad (39)$$

Nous obtenons

$$H(t) = \hbar \omega_0 I_z + 2\hbar \omega_1 I_x \cos \omega t \quad (40)$$

En représentation d'interaction

$$H_I(t) = e^{\frac{i}{\hbar} H_0 t} H_1(t) e^{-\frac{i}{\hbar} H_0 t} \quad (41)$$

où l'Hamiltonien de perturbation est

$$H_1(t) = 2\hbar I_x \cos \omega t \quad (42)$$

Nous pouvons alors écrire l'Hamiltonien d'interaction sous la forme

$$H_I(t) = \frac{\hbar}{2} \{ (e^{i(\omega_0+\omega)t} + e^{-i(\omega-\omega_0)t}) I_+ + (e^{i(\omega-\omega_0)t} + e^{-i(\omega_0+\omega)t}) I_- \} \quad (43a)$$

$$H_I(t) = \overline{H_I} + \frac{d}{dt} \overline{H_I} \quad (43b)$$

Dans le but d'étudier le comportement du système loin de la résonance $\omega = \omega_0$; isolons la sous suite de fréquences :

$$\Omega_0 = 0$$

$$\Omega_0 = \omega_0 - 3\omega$$

$$\Omega'_0 = 3\omega - \omega_0$$

La partie moyenne ne contiendra, par définition, que les termes de l'Hamiltonien où figurent les exponentielles de fréquences appartenant à la sous suite. Nous avons obtenu :

$$\overline{H_I} = 0 \quad (44a)$$

$$\overline{H_I}(t) = \frac{\hbar}{2} \left\{ \left(\frac{e^{i(\omega_0+\omega)t}}{i(\omega_0+\omega)} - \frac{e^{-i(\omega-\omega_0)t}}{i(\omega-\omega_0)} \right) I_+ + \left(\frac{e^{i(\omega-\omega_0)t}}{i(\omega-\omega_0)} - \frac{e^{-i(\omega_0+\omega)t}}{i(\omega_0+\omega)} \right) I_- \right\} \quad (44b)$$

3.1 OPÉRATEURS DE FLOQUET

Nous avons utilisé le théorème de Floquet et la méthode des moyennes résonnantes pour réaliser les décompositions de Floquet pour les différents ordres d'approximation en fonction de l'intensité du champ oscillant. Les deux tableaux suivants illustrent les résultats obtenus :

Tableau 1 : Les opérateurs R de Floquet

	Définitions	Résultats obtenus
Premier ordre	${}^{1a}R = H_0$	${}^{1a}R = \hbar \omega_0 I_z$
Deuxième ordre	${}^{2a}R = H_0 + F_0$ $F_0 = \omega_1 \overline{H_I(t)} + \frac{i}{\hbar} \omega_1^2 \{ \overline{H_I H_I} - \overline{H_I} \overline{H_I} + \frac{1}{2} (\overline{H_I} \frac{d}{dt} \overline{H_I} - \frac{d}{dt} \overline{H_I} \overline{H_I}) \}$	${}^{2a}R = \hbar \omega_0 (1 - \frac{\hbar}{\omega^2 - \omega_0^2} \omega_1^2) I_z$
Troisième ordre	${}^3R = \hbar \Omega I_z + e^{-i\Omega I_z t} L(t) e^{i\Omega I_z t}$ $L(t) = F_0 + \frac{\omega_1^3}{\hbar^2} \left\{ \overline{H_I} \frac{d}{dt} \overline{H_I} \overline{H_I} - \frac{1}{2} \frac{d}{dt} \overline{H_I}^3 \right\}$	${}^3R = \begin{pmatrix} \alpha & \beta & 0 \\ \beta & 0 & \beta \\ 0 & \beta & -\alpha \end{pmatrix}$ $\alpha = \hbar \Omega - \frac{\hbar^2}{\omega^2 - \omega_0^2} \omega_1^2$ $\beta = -\frac{8\hbar^3 \omega \omega_1^3}{\sqrt{2}(\omega - \omega_0)(\omega^2 - \omega_0^2)}$

Tableau 2 : Les opérateurs T de Floquet

	Définitions	Résultats obtenus
Premier ordre	${}^1aT(t) = e^{-\frac{i}{\hbar}H_0t} A(t) e^{\frac{i}{\hbar}H_0t}$ $A(t) = 1 - \frac{i}{\hbar} \omega_1 \bar{H}_I$	${}^1aT(t) = 1 - \frac{\omega_1}{2} [I_+ \left(\frac{e^{i\omega t}}{\omega + \omega_0} - \frac{e^{-i\omega t}}{\omega - \omega_0} \right) + I_- \left(\frac{e^{i\omega t}}{\omega - \omega_0} - \frac{e^{-i\omega t}}{\omega + \omega_0} \right)]$
deuxième ordre	${}^2aT(t) = {}^1aT(t) + G(t)$ $G(t) = \frac{\omega_1^2}{\hbar^2} \left\{ \frac{1}{2} (\bar{H}_I \frac{d}{dt} \bar{H}_I - \frac{d}{dt} \bar{H}_I \bar{H}_I) - \frac{\bar{H}_I^2}{2} \right\}$	${}^2aT(t) = 1 - \frac{\omega_1}{2} \left\{ \left(I_+ \left(\frac{e^{i\omega t}}{\omega + \omega_0} - \frac{e^{-i\omega t}}{\omega - \omega_0} \right) + I_- \left(\frac{e^{i\omega t}}{\omega - \omega_0} - \frac{e^{-i\omega t}}{\omega + \omega_0} \right) \right) + \omega_1^2 \{ \mu_1 I_z + \mu_2 I_+ I_+ + \mu_3 (I_+ I_- + I_- I_+) + \mu_4 I_- I_- \} \right\}$
Troisième ordre	${}^3T(t) = {}^2aT(t) + M(t)$ $M(t) = \frac{\omega_1^3}{\hbar^2} \left\{ \bar{H}_I \frac{d}{dt} \bar{H}_I \bar{H}_I - \frac{1}{2} \frac{d}{dt} \bar{H}_I^3 \right\}$	${}^3T(t) = {}^2aT(t) + \frac{\omega_1^3}{\hbar^2} [AI_+ I_+ I_- + BI_+ I_- I_+ + CI_+ I_- I_- + DI_- I_+ I_+ + EI_- I_+ I_- + FI_- I_- I_+ + GI_- I_- I_-]$

Avec :

$$\mu_1 = \frac{\hbar \omega_0}{\omega(\omega^2 - \omega_0^2)} (e^{2i\omega t} - e^{-2i\omega t})$$

$$\mu_2 = -\frac{1}{4} \left(\left(-\frac{e^{2i((\omega+\omega_0))t}}{(\omega + \omega_0)^2} - \frac{e^{-2i((\omega-\omega_0))t}}{(\omega - \omega_0)^2} + \frac{2e^{2i\omega t}}{\omega^2 - \omega_0^2} \right) \right)$$

$$\mu_3 = -\frac{1}{4} \left(\left(-\frac{e^{2i(\omega)t} + e^{-2i(\omega)t}}{\omega^2 - \omega_0^2} - \frac{2(\omega^2 - \omega_0^2)}{(\omega^2 - \omega_0^2)^2} \right) \right)$$

$$\mu_4 = -\frac{e^{2i((\omega-\omega_0))t}}{(\omega - \omega_0)^2} - \frac{e^{-2i((\omega+\omega_0))t}}{(\omega + \omega_0)^2} + \frac{2e^{-2i\omega t}}{\omega^2 - \omega_0^2}$$

$$A = B = -\frac{e^{i((\omega-\omega_0))t}}{i((\omega + \omega_0))(\omega^2 - \omega_0^2)} + \left\{ \left[\frac{2((\omega^2 + \omega_0^2))}{(\omega^2 + \omega_0^2)^2((\omega + \omega_0))} + \frac{1}{i((\omega - \omega_0))(\omega^2 - \omega_0^2)} \right] e^{i(((\omega+\omega_0)))t} - \left[\frac{2((\omega^2 + \omega_0^2))}{(\omega^2 + \omega_0^2)^2((\omega - \omega_0))} + \frac{1}{i((\omega + \omega_0))(\omega^2 - \omega_0^2)} \right] e^{i((\omega+\omega_0))t} \right\}$$

$$C = -\frac{e^{-i((3\omega-\omega_0))t}}{i(\omega + \omega_0)^2((\omega - \omega_0))} + \left\{ \left[\frac{1}{i(\omega - \omega_0)^3} + \frac{2}{i((\omega - \omega_0))(\omega^2 - \omega_0^2)} \right] e^{i(((\omega+\omega_0)))t} - \left[\frac{1}{i(\omega - \omega_0)^3((\omega - \omega_0))} - \frac{2}{i((\omega - \omega_0))(\omega^2 - \omega_0^2)} \right] e^{i(((\omega+\omega_0)))t} \right\}$$

$$D = -\frac{e^{-i((3\omega-\omega_0))t}}{i(\omega+\omega_0)^2((\omega-\omega_0))} + \left[\frac{2}{i((\omega-\omega_0))(\omega^2-\omega_0^2)} - \frac{1}{i(\omega-\omega_0)^3} \right] e^{i((\omega+\omega_0))t} - \left[\frac{1}{i(\omega-\omega_0)^3} - \frac{2}{i((\omega+\omega_0))(\omega^2-\omega_0^2)} \right] e^{-i((\omega+\omega_0))t}$$

$$E = \frac{e^{-i((3\omega-\omega_0))t}}{i(\omega^2-\omega_0^2)^2((\omega+\omega_0))} + \left[\frac{2(\omega^2+\omega_0^2)}{i((\omega_0-\omega))(\omega^2-\omega_0^2)^2} - \frac{1}{i(\omega+\omega_0)(\omega^2-\omega_0^2)} \right] e^{i((\omega+\omega_0))t} - \left[\frac{2(\omega^2+\omega_0^2)}{i((\omega_0-\omega))(\omega^2-\omega_0^2)^2} - \frac{1}{i(\omega-\omega_0)(\omega^2-\omega_0^2)} \right] e^{-i((\omega+\omega_0))t}$$

$$F = \frac{e^{-i((3\omega-\omega_0))t}}{i(\omega^2-\omega_0^2)((\omega+\omega_0))} + \left[\frac{2(\omega^2+\omega_0^2)}{i((\omega_0+\omega))(\omega^2-\omega_0^2)} - \frac{1}{i(\omega-\omega_0)(\omega^2-\omega_0^2)} \right] e^{i((\omega+\omega_0))t} - e^{-i((\omega+\omega_0))t}$$

3.2 ETATS PERMANENTS DU SYSTÈME

En utilisant les équations citées dans la partie II.4 ; nous avons obtenu les résultats rassemblés dans le tableau suivant :

Tableau 3 : Les états permanents du système

Premier ordre	${}^{1a} \psi_1(t)\rangle = e^{-i\frac{E_1 t}{\hbar}} \{ \omega_1 m_1 0\rangle + 1\rangle \}$ ${}^{1a} \psi_2(t)\rangle = e^{-i\frac{E_0 t}{\hbar}} \{ m_1 -1\rangle + 0\rangle + \omega_1 m_1 1\rangle \}$ ${}^{1a} \psi_3(t)\rangle = e^{-i\frac{E_{-1} t}{\hbar}} \left\{ -1\rangle + \omega_1 \left(\frac{e^{i\omega t}}{\omega + \omega_0} - \frac{e^{-i\omega t}}{\omega - \omega_0} \right) 0\rangle \right\}$
deuxième ordre	${}^{2a} \psi_1(t)\rangle = e^{-i\frac{E_1 t}{\hbar}} \{ n_1 \omega_1 -1\rangle + \{1 - \omega_1^2 n_2\} 0\rangle + n_3 1\rangle \}$ ${}^{2a} \psi_2(t)\rangle = e^{-i\frac{E_0 t}{\hbar}} \{ n_1 -1\rangle + n_2 0\rangle + \{1 + \omega_1^2 n_3\} 1\rangle \}$ ${}^{2a} \psi_3(t)\rangle = e^{-i\frac{E_0 t}{\hbar}} \{ \{1 + \omega_1^2 n_1\} -1\rangle - n_2 0\rangle + n_3 1\rangle \}$
Troisième ordre	${}^3 \psi_1(t)\rangle = e^{-i\frac{\theta t}{\hbar}} \left\{ [n_1'' \omega_1 + n_2' \omega_1^3] -1\rangle + \left[\frac{\alpha}{\theta} + \omega_1^2 n_1' + n_1'' \omega_1^3 \right] 0\rangle + [n_1' \omega_1 + n_1 \omega_1^3] 1\rangle \right\}$ ${}^3 \psi_2(t)\rangle = e^{-i\frac{\theta t}{\hbar}} \left\{ n_2'' \omega_1^4 -1\rangle + \frac{\beta}{\theta} \omega_1^3 0\rangle + n_3' \omega_1^4 1\rangle \right\}$ ${}^3 \psi_3(t)\rangle = e^{-i\frac{\theta t}{\hbar}} \left\{ -n_1'' \omega_1^4 -1\rangle + \frac{\beta}{\theta} \omega_1^3 0\rangle - n_2'' \omega_1^4 1\rangle \right\}$

Avec

$$m_1 = \frac{-\hbar}{\sqrt{2}} \left(\frac{e^{i\omega t}}{\omega - \omega_0} - \frac{e^{-i\omega t}}{\omega + \omega_0} \right)$$

$$m_1' = \frac{-\hbar}{\sqrt{2}} \left(\frac{e^{i\omega t}}{\omega + \omega_0} - \frac{e^{-i\omega t}}{\omega - \omega_0} \right)$$

$$n_1 = \frac{-\hbar}{\sqrt{2}} \left(-\frac{e^{i\omega t}}{\omega - \omega_0} - \frac{e^{-i\omega t}}{\omega + \omega_0} \right)$$

$$\begin{aligned}
 n_2 &= \frac{-\hbar^3}{\sqrt{2}} \left(-\frac{e^{2i\omega t} + e^{-2i\omega t}}{\omega^2 - \omega_0^2} + \frac{2(\omega^2 - \omega_0^2)}{(\omega^2 + \omega_0^2)^2} \right) \\
 n_3 &= \frac{-\hbar}{\sqrt{2}} \left(\frac{e^{i\omega t}}{\omega + \omega_0} - \frac{e^{-i\omega t}}{\omega - \omega_0} \right) \\
 n'_1 &= \frac{-\hbar^2}{\sqrt{2}} \left(-\frac{e^{2i(\omega+\omega_0)t}}{(\omega + \omega_0)^2} + \frac{e^{-2i(\omega-\omega_0)t}}{(\omega - \omega_0)^2} + \frac{2e^{-2i\omega t}}{\omega^2 - \omega_0^2} \right) \\
 n'_2 &= \frac{-\hbar}{\sqrt{2}} \frac{e^{i\omega t}}{\omega - \omega_0} \\
 n'_3 &= \frac{\hbar^2 \omega_0 (e^{2i\omega t} - e^{-2i\omega t})}{\omega (\omega^2 - \omega_0^2)} - \frac{\hbar^2}{2} \left(\frac{(e^{2i\omega t} - e^{-2i\omega t})}{(\omega^2 - \omega_0^2)} + \frac{2((\omega^2 + \omega_0^2))}{(\omega^2 - \omega_0^2)^2} - \frac{e^{-i\omega t}}{\omega + \omega_0} \right) \\
 n''_1 &= \frac{-\hbar^2}{\sqrt{2}} \left(-\frac{e^{2i(\omega-\omega_0)t}}{(\omega + \omega_0)^2} + \frac{e^{-2i(\omega+\omega_0)t}}{(\omega - \omega_0)^2} + \frac{2e^{-2i\omega t}}{\omega^2 + \omega_0^2} \right) \\
 n''_2 &= \frac{-\hbar}{\sqrt{2}} \frac{e^{i\omega t}}{\omega - \omega_0} \\
 n''_3 &= \frac{\hbar^2 \omega_0 (e^{i\omega t} - e^{-i\omega t})}{\omega (\omega^2 + \omega_0^2)} - \frac{\hbar^2}{2} \left(\frac{(e^{2i\omega t} - e^{-2i\omega t})}{(\omega^2 + \omega_0^2)} + \frac{2((\omega^2 + \omega_0^2))}{(\omega^2 - \omega_0^2)^2} - \frac{e^{-i\omega t}}{\omega + \omega_0} \right)
 \end{aligned}$$

3.3 AIMANTATION ET SUSCEPTIBILITE MAGNETIQUE DU SYSTEME DE N PARTICULES DE SPINS 1 EN INTERACTION AVEC UN CHAMP OSCILLANT

L'étude de l'aimantation est très importante pour comprendre les propriétés magnétiques du système, nous nous proposons de calculer les composantes de l'aimantation et la susceptibilité magnétique de notre système jusqu'à l'ordre trois.

3.3.1 COMPOSANTES DE L'AIMANTATION

La valeur moyenne de l'aimantation globale, dans le cas général, d'un système physique est définie par :

$$\langle M \rangle = N\gamma\hbar \text{Tr}\{\rho(t) I\} \quad (46)$$

où ρ est la matrice densité. C'est un opérateur diagonal, et donc la relation précédente prend la forme :

$$\langle M_u \rangle = N\gamma\{[\rho(t)]_{\varphi_{11}}[I(t)]_{\varphi_{11}} + [\rho(t)]_{\varphi_{22}}[I(t)]_{\varphi_{22}} + [\rho(t)]_{\varphi_{33}}[I(t)]_{\varphi_{33}}\} \quad (47)$$

où

$$[\rho(t)]_{\chi_{kk}} = \langle \chi_k(t) | \rho(t) | \chi_k(t) \rangle \quad (48)$$

$$[I]_{\chi_{kk}} = \langle \chi_k(t) | I | \chi_k(t) \rangle \quad (49)$$

Dans l'approximation des hautes températures, nous pouvons écrire la matrice densité sous la forme suivante :

$$[\rho(t)]_{\varphi_{kk}} = \frac{1}{3} \left(1 - \frac{\lambda_k}{KT} \right) \quad (50)$$

Pour que nous calculions les différents éléments de l'aimantation nous avons besoin de développer les composantes de l'aimantation en puissances de ω_1 , puis les développer sous la forme de séries de Fourier.

3.3.2 DÉVELOPPEMENT EN PUISSANCE DE Ω_1

Cherchons les solutions sous la forme d'un développement en puissances de ω_1 :

$$\langle M_Z \rangle = {}^0\langle M_Z \rangle + \omega_1 {}^1\langle M_Z \rangle + \omega_1^2 {}^2\langle M_Z \rangle + \dots \omega_1^n {}^n\langle M_Z \rangle, \dots \quad (51a)$$

$$\langle M_{\pm} \rangle = {}^0\langle M_{\pm} \rangle + \omega_1 {}^1\langle M_{\pm} \rangle + \omega_1^2 {}^2\langle M_{\pm} \rangle + \dots \omega_1^n {}^n\langle M_{\pm} \rangle, \dots \quad (51b)$$

Les seuls termes dépendants du temps au second membre des expressions précédentes étant sinusoïdaux, la solution de ces équations en régime permanent est périodique, on peut la développer en séries de Fourier :

$${}^n\langle M_+ \rangle = \sum_p {}^n\langle M_+ \rangle e^{ip\omega t} \quad (52a)$$

$${}^n\langle M_z \rangle = \sum_p {}^n\langle M_z \rangle e^{ip\omega t} \quad (52b)$$

3.3.2.1 COMPOSANTES DE L'AIMANTATION À L'ORDRE ZÉRO

Nous les avons déduites à l'aide des relations générales de l'expression de l'aimantation aussi bien à gauche qu'à droite de la résonance

$${}_0\langle M_z \rangle = \frac{N\gamma\hbar^2}{3} \frac{\hbar\omega_0}{KT} \quad (53a)$$

$$\text{D'où } {}_0\langle M_z \rangle = Xh_0 \quad (53b)$$

Ceci exprime le fait que le système de spin 1 est indépendant du champ oscillant, il est clair que la composante M_z prend la valeur la plus stable en présence du champ statique seul.

3.3.2.2 COMPOSANTES DE L'AIMANTATION ET SUSCEPTIBILITÉ MAGNÉTIQUE À L'ORDRE UN AMÉLIORÉ

Nous avons déduit la valeur moyenne de la composante de l'aimantation à l'ordre un amélioré, nous avons obtenu l'expression de l'aimantation transversale à cet ordre d'approximation sous la forme suivante :

$$\langle M_+ \rangle = \frac{2N\gamma\hbar}{(\omega^2 - \omega_0^2)} \left(\frac{\hbar\omega_0}{3KT} - \frac{\hbar^2}{3} \right) \{ \omega_0 \cos\omega t - i \omega \sin\omega t \} \quad (54)$$

D'après ce résultat nous remarquons que la composante de l'aimantation ne dépend que du premier ordre de l'intensité du champ oscillant.

Sachant que la susceptibilité magnétique peut s'écrire :

$$\chi(\omega) = \chi'(\omega) - i\chi''(\omega) \quad (55)$$

et que la composante de l'aimantation est liée aux termes de dispersion $\chi'(\omega)$ et d'absorption $\chi''(\omega)$ par

$$\langle M_+ \rangle = \chi'(\omega) \cos\omega t - i \chi''(\omega) \sin\omega t \quad (56)$$

nous pouvons déduire la valeur de la susceptibilité magnétique au premier ordre amélioré en fonction de la densité du champ oscillant, nous avons obtenu les résultats suivants.

Le terme de dispersion est donné par l'équation :

$$\chi'(\omega) = \frac{2N\gamma\hbar}{(\omega^2 - \omega_0^2)} \left(\frac{\hbar\omega_0}{3KT} - \frac{\hbar^2}{3} \right) \omega_0 \quad (57)$$

Le terme d'absorption s'écrit

$$\chi''(\omega) = \frac{2N\gamma\hbar}{(\omega^2 - \omega_0^2)} \left(\frac{\hbar\omega_0}{3KT} - \frac{\hbar^2}{3} \right) \omega \quad (58)$$

La susceptibilité à l'ordre un est exprimée par l'équation :

$${}^1\chi(\omega) = {}^1\chi'_1(\omega) - i {}^1\chi''_1(\omega) \quad (59)$$

D'où nous avons déduit l'équation suivante :

$${}^1\chi(\omega) = \frac{2N\gamma\hbar}{(\omega^2 - \omega_0^2)} \left(\frac{\hbar\omega_0}{3KT} - \frac{\hbar^2}{3} \right) \{ \omega_0 - i \omega \} \quad (60)$$

Nous remarquons que la susceptibilité magnétique à l'ordre un est linéaire, et prend sa valeur minimale si ω tend vers zéro.

3.3.2.3 COMPOSANTE DE L'AIMANTATION A L'ORDRE DEUX

A l'ordre deux, seule la composante $\langle M_z \rangle$ est non nulle nous allons l'étudier en nous plaçant très loin de la résonance, notant par ${}^0_0\langle M_z \rangle$ le terme statique en ω_1^2 , nous avons montré que la composante de l'aimantation à l'ordre deux peut s'exprimer sous la forme suivante :

$$\langle M_z \rangle = {}^0_0\langle M_z \rangle \left\{ 1 + \omega_1^2 \left[\frac{2\hbar^3}{3(\omega^2 - \omega_0^2)} + \frac{KT}{\omega_0} (2(4B - A) + 4B^2 - \frac{1}{3}(4B^2 - A^2)) \right] \right\} \quad (61)$$

L'existence du terme en ω_1^2 explique que la non linéarité de $\langle M_z \rangle$ ne peut être considérée comme la conséquence des transitions entre états stationnaires puisque nous sommes en dehors de la résonance $\omega_0 = 3\omega$.

3.3.2.4 AIMANTATIONS ET SUSCEPTIBILITE MAGNETIQUE A L'ORDRE TROIS

A l'ordre trois, seule la composante $\langle M_+ \rangle$ est non nulle, après un calcul analytique nous avons obtenu la composante de l'aimantation à cet ordre d'approximation sous la forme :

$$\langle M_+ \rangle = N\gamma\hbar \left\{ \omega_1 \left\{ \left[\frac{\hbar^3}{3KT} - \frac{\hbar^2}{3} \right] \left(\frac{\omega + \omega_0}{\omega^2 - \omega_0^2} e^{i\omega t} - \frac{\omega - \omega_0}{\omega^2 - \omega_0^2} e^{-i\omega t} \right) \right\} + \omega_1^3 \left\{ \left[\frac{-\hbar^3\omega_0}{3(\omega^2 - \omega_0^2)(\omega - \omega_0)} + \frac{\hbar^5\omega_0}{3KT} \left(\frac{e^{-2i\omega_0 t}}{2(\omega^2 - \omega_0^2)(\omega + \omega_0)} + \frac{e^{-i\omega_0 t}}{4(\omega^2 - \omega_0^2)(\omega - \omega_0)^2} \right) + \frac{\hbar^4\omega_0}{6(\omega^2 - \omega_0^2)(\omega + \omega_0)} \right] e^{i\omega t} \left[\frac{-\hbar^3\omega_0}{3(\omega^2 - \omega_0^2)(\omega + \omega_0)} + \left(\frac{e^{-2i\omega_0 t}}{2(\omega^2 - \omega_0^2)(\omega - \omega_0)} + \frac{e^{-i\omega_0 t}}{4(\omega^2 - \omega_0^2)(\omega - \omega_0)^2} \right) + \frac{\hbar^4\omega_0}{6\omega(\omega^2 - \omega_0^2)(\omega - \omega_0)} \right] e^{-i\omega t} + \left[\frac{\hbar^5\omega_0 e^{-i\omega_0 t}}{12KT(\omega + \omega_0)(\omega - \omega_0)^2} - \frac{\hbar^4\omega_0}{6\omega(\omega^2 - \omega_0^2)(\omega - \omega_0)} \right] e^{i3\omega t} + \left[\frac{\hbar^5\omega_0 e^{-i\omega_0 t}}{12KT(\omega - \omega_0)(\omega - \omega_0)^2} - \frac{\hbar^4\omega_0}{6\omega(\omega + \omega_0)} \right] e^{-i3\omega t} \right\} \right\} \quad (62)$$

La susceptibilité magnétique à cet ordre d'approximation est donnée par

$$\chi_3(\omega) = \chi_1(\omega) + \omega_1^2 {}^1\chi_3(\omega) \quad (63)$$

Nous avons obtenu le coefficient de dispersions à l'ordre trois, il est tel que

$$\chi'_3(\omega) = \chi'_1(\omega) + \omega_1^2 {}^1\chi'_3(\omega) \quad (64a)$$

avec

$${}^1\chi'_3(\omega) = \frac{\hbar^5\omega_0 e^{-i\omega_0 t}}{12KT(\omega + \omega_0)(\omega - \omega_0)^2} - \frac{\hbar^4\omega_0}{6\omega(\omega^2 - \omega_0^2)(\omega - \omega_0)} \quad (64b)$$

Nous avons déduit le coefficient d'absorption à cet ordre d'approximation comme étant

$$\chi''_3(\omega) = \chi''_1(\omega) + \omega_1^2 {}^1\chi''_3(\omega) \quad (64c)$$

avec

$${}^1\chi''_3(\omega) = \frac{\hbar^5\omega e^{-i\omega_0 t}}{12KT(\omega + \omega_0)(\omega - \omega_0)^2} - \frac{\hbar^4\omega}{6\omega(\omega^2 - \omega_0^2)(\omega - \omega_0)} \quad (65)$$

Ce résultat met en évidence la non linéarité qui est apparue dans la formule générale de la susceptibilité magnétique à cet ordre d'approximation, ceci traduit qu'on a une différence de population dans les transitions entre les états stationnaires.

En conclusion, l'effet linéaire est dû au niveau de transition du photon. En outre, l'augmentation du temps de relaxation, peut améliorer cet effet ; nous avons montré aussi que la non linéarité dépend de la température, et d'autres paramètres tels que la structure du matériau.

Nous avons abordé l'étude d'un exemple simple où il est possible, sans trop de complications, de pousser les calculs à des ordres supérieurs. Nous avons mis, ainsi, en évidence des effets « non linéaires » intéressants : effets de saturation et susceptibilité non linéaire.

4 CONCLUSION

Dans cette article, nous avons appliqué le théorème de Floquet et la méthode des moyennes résonantes au traitement de quelques effets qui se produisent lors de l'interaction entre un système de N particules de spin 1 et un champ oscillant périodique.

En conclusion, l'effet linéaire est dû au niveau de transition du photon. En outre, l'augmentation du temps de relaxation, peut améliorer cet effet ; nous avons montré aussi que la non linéarité dépend de la température, et d'autres paramètres tels que la structure du matériau [18].

Nous avons abordé l'étude d'un exemple simple où il est possible, sans trop de complications, de pousser les calculs à des ordres supérieurs. Nous avons mis ainsi en évidence des effets « non linéaires » intéressants : effets de saturation et susceptibilité non linéaire.

Certains des effets que nous avons décrits font actuellement l'objet de nombreux travaux, et de nouvelles branches de recherche sont ainsi apparues : électronique quantique, optique non linéaire et informatique quantique.

REFERENCES

- [1] T. R. Fied, Electromagnetic scattering from Random Media, Oxford University Press, Oxford, 2009.
- [2] T. R. Fied ; R. J.A. Tough ; J. Math ; Phys. 44; 5212-5223 (2003).
- [3] T. R. Fiel , R.J.H.Tough ; Proc. R. Soc. Lond. A2459,2169-2193(2003).
- [4] K. X. Guo, Solid state commun 103 (1997) 255.
- [5] S.V. Nour,T. Takagahara ; Phys. Rev. B555 (1997).
- [6] D. Schooss; A. News, A. Eychmuller; H. Weller ; Phys. Rev. B49, 5(1994) 17072.
- [7] Xiaobo Feng. GuiguangXiong, Xizhang; Haiyan Gao, Physica B 383(2006) 207-212.
- [8] C. P. Slichter; Principals of Magnetic Resonance (Springer, Berlin;1989).
- [9] P. T. Eles; C. A. Michal ; Two-photon two-color nuclear magnetic resonance, J. Chem. Phys.121 (2004) 10173.
- [10] G. Lochak; Ann. Fond. Louis de Broglie; p.56; 1976
- [11] M. Bogolioubov, J. Mmitropolsky ; les méthodes des asymptotiques dans la théorie des oscillation non linéaires-Gauthier- Villar ; Paris,1963.
- [12] G. Lochak. C.R.A.S. Série B, A/272. P.1281.1971.
- [13] A. Erbeia , Résonances magnétiques-Masson, Paris, 1969.
- [14] A. Alaoui , thèse de 3^{ième} cycle- Paris VI-1975.
- [15] P. Horowitz, W. Hill, The Art of Electronics, seconded, Cambridge University Press, 1989.
- [16] C. P. Slichter, Principles of Magnetic Resonance, third ed., Springer-Verlag, Berlin, 1990.
- [17] R. R. Ernst, Sensitivity enhancement in magnetic resonance, Adv. Magn. Reson.2 (1966) 1–135.
- [18] J. M. Böhlen, G. Bodenhausen, les méthodes des asymptotiques dans la théorie des oscillations non linéaires-Gauthier-Villar.1963.

