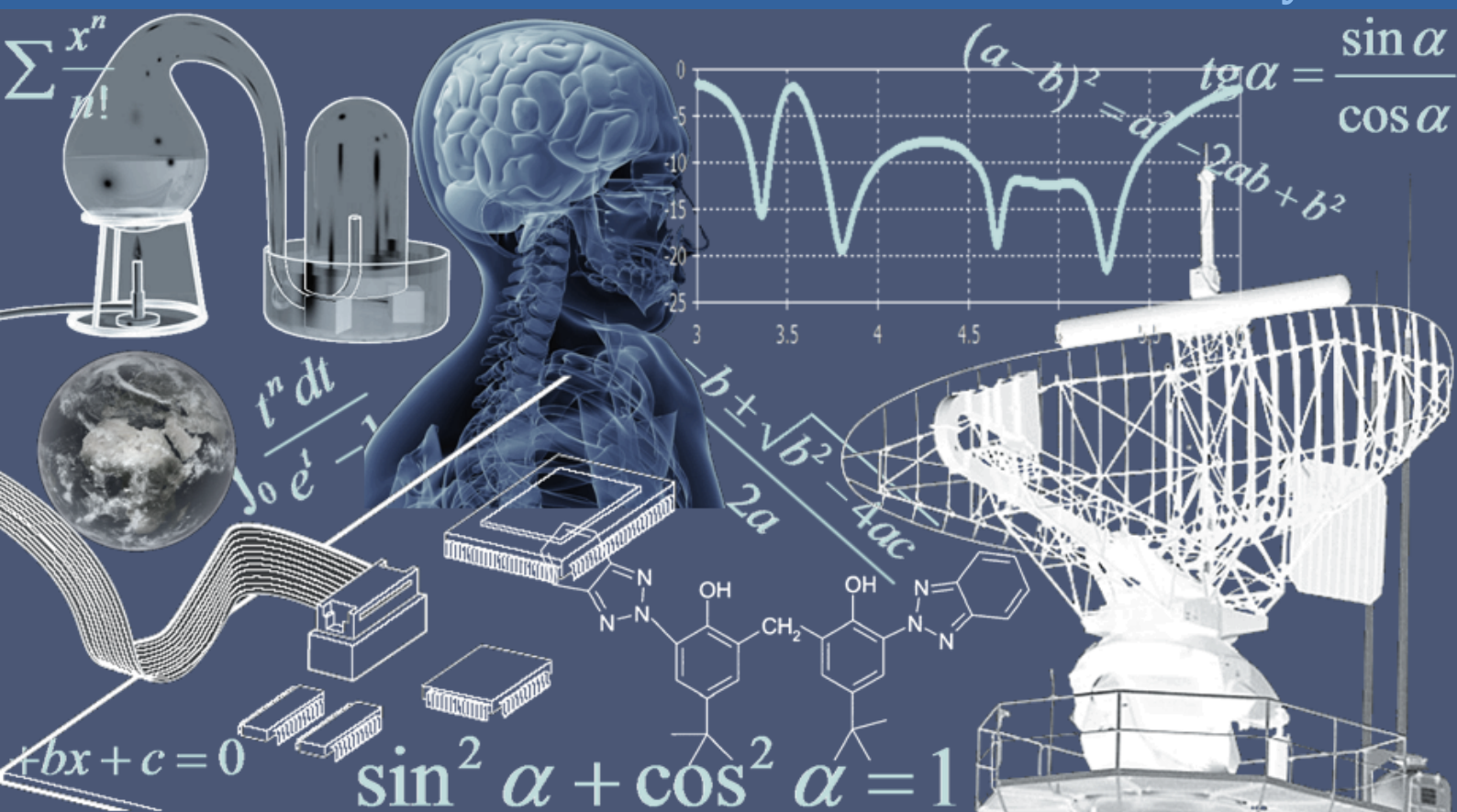


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 16 N. 1 May 2016



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Applied Studies

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

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

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

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

Editorial Advisory Board

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

Table of Contents

Sur l'approche mathématique du traitement de l'hépatite virale C par les différences finies non standards <i>Mulumba Bidwaya Raymond, Ramadhani Issa, Kalala Mutombo Franck, Mayuke Katshongo Jean Paul, Badibi Omak Abayino Christopher, and Bukasa Kabongo Serge</i>	1-11
La régression linéaire dans l'étude des paramètres d'un modèle économétrique <i>Mayuke Katshongo Jean Paul, Kapita Mwadi Ghislain, and Mbitse Munda</i>	12-18
Restoration of the glycoconjugates expression in the ventral prostate of androgen-deprived mice by dihydrotestosterone: A glycohistochemical study <i>Fouad AKIF and Franck Genten</i>	19-24
Les déterminants de la qualité perçue dans la relation de service: Application aux Services Publics à Caractère Commercial et Industriel (SPIC) <i>Charaf SAIDI and Bouchra EL ABBADI</i>	25-37
Self-medication practice among pregnant women attending antenatal care at health centers in Bukavu, Eastern DR Congo <i>Mulongo Mbarambara Philémon, Baraka Songa Plamedie, Mukupi Wansubi Lili, Muhumu Mututa Patrick, Bope Kwete Minga Barthélemie, and Kyambiwa Bisangamo Célestin</i>	38-45
Résurgence du cholera : Facteurs associés dans la côte occidentale du Lac Edouard, Rift Valley Albertin à l'Est de la RDC <i>Muhumu Mututa Patrick, Rungendabanga Kajangu Nestor, Mushagalusha Zahinda Charles, and Mulongo Mbarambara Philémon</i>	46-54
Initiation sexuelle précoce : Facteurs de risque chez les jeunes filles de 15 à 25 ans dans la ville de Bukavu <i>Muhumu Mututa Patrick, Rungendabanga Kajangu Nestor, Mushagalusha Zahinda Charles, and Mulongo Mbarambara Philémon</i>	55-62
Déterminants de l'utilisation des contraceptifs par les femmes à l'Hôpital Général de Référence de Bagira, en République Démocratique du Congo <i>Mulongo Mbarambara Philémon, Ziada Kigombe Charly, Muhumu Mututa Patrick, and Kyambiwa Bisangamo Célestin</i>	63-71
Modelado de los factores críticos de éxito en la implantación de sistemas CRM mediante mapas cognitivos difusos y computación con palabras <i>Dixie Marisol Lopezdomínguez Rivas, Sol David Lopezdomínguez Rivas, Katya Martha Faggioni Colombo, and Miriam Peña González</i>	72-77
Modelo de recomendación de productos basado en computación con palabras y operadores OWA <i>Janet Bonilla Freire, Mario Mata Villagomez, Mario Alfredo Sánchez Delgado, and Miriam Peña González</i>	78-83
Characterization of error on a digital elevation model (DEM) Based on morphological zones: Case of the Denguelé District (North-west of Côte d'Ivoire) <i>Pinatibi Hyann, COULIBALY Naga, Coulibaly Talnan Jean honoré, and Savané Issiaka</i>	84-93
Application of statistical methods of time-series for estimate and predict of the food gap in Yemen <i>Douaik Ahmed, Youssfi Elkettani, and Abdulhakee Kasem</i>	94-101
Performance de 46 provenances-génotypes asiatiques d'Acacia mangium dans les conditions édapho climatiques du Plateau de Batéké (RDC) <i>Max MUNGYEKO MAYOLA, Jean LEYOLY, Jules ALONI KOMANDA, Appolinaire BILOSO MOYENE, Emmanuel NGWAMASHI MIHAHA, Athos MPANDA MAKAMBUA, and Fils Milau Empwal</i>	102-110
Systèmes d'information, performance et maturité des processus: Élaboration d'un modèle théorique basé sur l'approche sociotechnique <i>Khalid CHAFIK and Omar BOUBKER</i>	111-126
RESPONSABILITE DES PERSONNES PRIVEES EN MATIERE ENVIRONNEMENTALE : CAS DE LA SOCIETE BRALIMA BUKAVU <i>John CIZA BYERUNGU</i>	127-133
VIOLENCE A L'EGARD DE LA FEMME, UNE REALITE FACE AUX TRADITIONS BASHI DANS LE GROUPEMENT DE BUGORHE <i>John CIZA BYERUNGU</i>	134-140
Design Considerations that Control Sunlight Access in Exterior and Interior Architecture: An applied study to avoid deficiency of vitamin D in healthy buildings	141-149

Abeer Alawad, Eman Badr, Reda Bahy-Eldin, Ayman Al-dharrah, and Najat Malibari

Diet analysis content of energy macronutrients, calcium, sodium and iron provided to patients in a mental hospital in Amman, Jordan 150-154

Jafar Muhammad El-Qudah

EVALUATION DE LA DIVERSITE GENETIQUE DU POURGHÈRE (*Jatropha curcas* L.) AU BURKINA FASO 155-165

Fidèle Kouka TIENDREBEOGO, Nerbéwendé SAWADOGO, Kiswendsida Romaric NANEMA, Ernest Renan TRAORE, Pauline BATIONO KANDO, Jean-Didier ZONGO, and Mahamadou SAWADOGO

Reserve Estimation of Saldanadi Gas Field 166-172

Prakash Dey, Pulok Kanti Deb, Shireen Akhter, and Debotosh Dey

The Role of Color in the Attainment of Customers' Intensive Buying Intention: An Exploratory Descriptive Case Study (S.O.R Model Application) 173-182

Saleh AYAD, Redouan AINOUS, and Samir Baha-Eddine MALIKI

LES PRATIQUES DU MARKETING TERRITORIAL DANS LE CONTEXTE MAROCAIN : ELEMENTS DE REFLEXION 183-196

AZIZ EL KHAZZAR and HICHAM ECHATTABI

Evolution diachronique de la ligne de rivage et de l'occupation des espaces de la zone côtière de Ksar Esghir entre 1966 et 2005 (Tanger - Maroc) 197-209

Hanaa BENALI and Brahim EL MOUTCHOU

Criblage de géotypes de manioc (*Manihot esculenta* CRANTZ) pour la résistance à la cochenille Africaine de racines et tubercules (*Stictococcus vayssierei* Richard) dans différentes zones agro-écologiques de Beni (Nord Kivu, RD Congo) 210-225

Nestor Eleko Ndengo, Albert Lema Ki – Munseki, Rachid Hanna, and Koto-te-Nyiwa Nqholua

Infections ostéoarticulaires chez l'enfant de plus de 3 ans : Profil épidémiologique 226-232

Houda OUBEJJA, H. Sadki, L. Lahlou, Mounir Erraji, R. Razine, F. Ettayebi, and A. Soulaymani

Sur l'approche mathématique du traitement de l'hépatite virale C par les différences finies non standards

[Mathematical approach of the viral hepatitis C treatment using non-standard finite differences]

Mulumba Bidwaya Raymond¹, Ramadhani Issa², Kalala Mutombo Franck¹, Mayuke Katshongo Jean Paul¹, Badibi Omak Abayino Christopher¹, and Bukasa kabongo Serge¹

¹Département de Mathématique, Faculté des Sciences, Université de Lubumbashi, BP 1825, Lubumbashi, RD Congo

²Département de Mathématique, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, BP 190, Kinshasa XI, RD Congo

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

ABSTRACT: A mathematical modeling of Hepatitis C Virus (HCV) dynamics has been presented in this paper. The proposed model, which involves four coupled ordinary differential equations, describes the interaction of target cells (hepatocytes), infected cells, infectious virions and non-infectious virions. The model takes into consideration the addition of ribavirin to interferon therapy and explains the dynamics regarding biphasic and triphasic decline of viral load in the model. A critical drug efficiency parameter has been defined and it is shown that for efficiencies above this critical value, HCV is eradicated whereas for efficiencies lower this critical value, a new steady state for infectious virions is reached, which is lower than the previous steady state.

KEYWORDS: Hepatitis C Virus (HCV), Target cells, Infected cells, Infectious Virions, Noninfectious Virions. Interferon, Ribavirin, non standard finites differences.

RESUME: Le modèle mathématique de traitement de la dynamique de l'hépatite virale C (VHC) est présenté dans ce travail. Le modèle proposé, regroupe quatre équations différentielles ordinaires ; il décrit l'interaction des cellules susceptibles appelées hépatocytes, les cellules infectées, les cellules infectées ayant résisté au traitement ainsi que les cellules infectées n'ayant pas résisté au traitement. Ce modèle tient compte de l'association de deux médicaments pour le traitement à savoir la ribavirine et l'interféron ; il explique la dynamique en ce qui concerne le déclin à deux phases et à trois phases de la charge virale. Un paramètre critique d'efficacité des médicaments est défini et nous montrons que pour l'efficacité ci-dessus de cette valeur critique, le Virus de l'Hépatite C est éradiqué.

MOTS-CLEFS: Virus de l'Hépatite C; cellules susceptibles; cellules infectées; cellules infectées ayant résisté au traitement; cellules infectées n'ayant pas résisté au traitement; ribavirine; interféron, différence finies non standards.

1 INTRODUCTION

L'hépatite C est une maladie infectieuse virale causée par le virus de l'hépatite C (VHC). Il a été identifié pour la première fois en 1989 quand l'expression de l'ADN obtenu à partir du plasma du sang d'un chimpanzé était induite avec une hépatite non A, non B et était masqué avec un sérum convalescent[1]. Les principaux modes de transmission du VHC sont connus. Il se transmet essentiellement par voie sanguine.

Les modèles mathématiques et informatiques sont devenus des outils indispensables pour analyser et prédire l'évolution et le contrôle des maladies infectieuses que ce soit au niveau de la population comme au niveau individuel. Ces modèles peuvent aussi être utilisés pour construire et tester des hypothèses, identifier des paramètres à partir des données de terrain, comparer et évaluer les contre-mesures possibles, évaluer les mesures effectives, identifier des expériences et sondages nécessaires, faire des prévisions etc. ; les équations différentielles ordinaires permettent de modéliser de nombreux phénomènes, en physique, en mécanique ou dans d'autres domaines ; depuis, bien d'autres phénomènes en chimie, biologie, écologie, épidémiologie ont été étudiés grâce à des systèmes dynamiques.

L'Hépatite virale C est parmi les causes du cancer de foie, ce dernier étant l'une des plus grandes causes de mortalité dans le monde ; il comprend plus de 200 maladies, qui partagent les mêmes caractéristiques [2]. Le cancer est actuellement défini comme une prolifération cellulaire excessive, ne répondant plus aux mécanismes de régulation normaux, aboutissant à une néoformation tissulaire, ressemblant plus ou moins à un tissu normal, mais ayant tendance à persister et s'accroître sans contrôle. Ce changement peut être le résultat d'une mutation ou d'un facteur environnemental tels que le tabac, l'alcool, l'exposition à des substances cancéreuses ou à des conditions telles que l'irradiation, etc. conduisant ainsi à une transformation de cellules normales en cellules cancéreuses.

Depuis l'identification du virus de l'hépatite C, des gros efforts ont été fournis pour le contre-attaquer avec une thérapie antivirale. C'est le cas de l'interféron- α (IFN- α) qui était un choix naturel pour le traitement [3]. Avec la thérapie à l'IFN- α , il y avait une chute rapide du niveau VHC-ADN dans le sérum, mais il ne pouvait s'achever qu'avec un succès modéré. La monothérapie à IFN- α seul n'achève pas le dégagement à moitié des individus infectés souffrant de l'hépatite chronique C. Une majeure rupture vient avec l'association de la ribavirine : un taux de réponse soutenue de 54-56% peut être élargi [4], [5], [6]. Cependant, la thérapie combinée est trop chère.

Comprendre la dynamique du traitement de l'hépatite C, spécialement, revient à déterminer l'efficacité de l'IFN- α comme monothérapie et aussi son association avec la ribavirine. Le modèle mathématique a été utilisé extensivement dans l'aperçu pathogène du VHC in vivo [7], [8], [9], [10], [11].

Neumann et alliés ont utilisé le modèle de base de la dynamique viral au VHC, qui suppose une vue simplifiée de l'infection du VHC en tenant compte de la monothérapie à l'IFN- α . Le modèle regroupe trois populations à savoir les non infectés (cellule ciblée), les infectés productifs et les infectés non productifs et décrit la réponse à la thérapie de l'interféron. Bien que le modèle de base de Neumann fournit un aperçu de la dynamique du VHC in vivo (à l'intérieur d'un organisme vivant) [11] mais, il a échoué pour prédire la réponse à long terme du taux de maladies observé pendant la thérapie combinée comme il ignore aussi l'influence de la ribavirine.

Dixit et alliés ont fait un progrès dans le modèle de base en prenant en compte le rôle de l'action de la ribavirine ainsi que de l'interféron. La dynamique du modèle proposé, montre que la ribavirine a un très petit rôle à jouer durant la première phase du déclin induit par l'interféron. Comme la ribavirine ne modifie pas la production virale, cependant, la ribavirine augmente dans la seconde phase la pente quand l'efficacité de l'interféron est petite, ce qui est en accord avec l'expérience. Un des inconvénients du modèle de Dixit et alliés est que la non réponse au traitement, le déclin triphasé ne sont pas étudiés et sont restreints à la réponse biphasé seulement.

Un modèle modifié qui enrichi la prolifération des cellules infectées conduit par le mécanisme homéostatique du foie était étudié par Dahari et alliés. Le modèle prédit le déclin triphasé et a réussi en expliquant l'origine de la non réponse. Dans une étude récente, Chakrabarty et Joshi ont présenté un modèle où ils ont utilisé la théorie du contrôle déterministe pour obtenir une stratégie de traitement optimal en utilisant l'interféron et la ribavirine. Le traitement optimal obtenu a réussi à réduire le niveau de la charge virale et à conserver au même moment le côté effet des médicaments à un minimum. Swati DebRoy et alliés ont discuté sur un autre fait menaçant la vie courante, à savoir, l'anémie hémolytique de l'infection de l'hépatite C. Ils ont utilisé une extension et modification du modèle de Neumann [6] pour étudier l'effet de la thérapie combinée à la lumière de l'anémie et ont réussi, en fournissant une qualification de la quantité des médicaments qu'un corps peut tolérer sans succomber à l'anémie hémolytique.

Dans le présent travail nous étudions le modèle de Sandip Banerjee, Ram Keval et S. Gakkhar décrit par un système d'équations différentielles non linéaires modélisant le traitement de la dynamique du virus de l'hépatite C par l'association de deux médicaments à savoir : l'interféron et la ribavirine. L'étude qualitative est faite à l'aide de la méthode des différences finies non standards.

2 MODELISATION

2.1 STRUCTURE DU MODÈLE

$$\begin{cases} \frac{dT}{dt} = s + rT \left(1 - \frac{T+I}{k}\right) - d_1T - (1 - c\eta_1)\alpha V_I T & (1) \\ \frac{dI}{dt} = (1 - c\eta_1)\alpha V_I T - d_2I & (2) \\ \frac{dV_I}{dt} = \left(1 - \frac{\eta_r + \eta_1}{2}\right)\beta I - d_3V_I & (3) \\ \frac{dV_{NI}}{dt} = \left(\frac{\eta_r + \eta_1}{2}\right)\beta I - d_3V_{NI} & (4) \end{cases} \quad (2.1)$$

Avec la donnée initiale $T_0 = T(0)$, $I_0 = I(0)$, $V_{I0} = V_I(0)$, $V_{NI0} = V_{NI}(0)$.

2.2 ANALYSE QUALITATIVE DU MODÈLE

2.2.1 BORNE ET POSITIVITÉ

Théorème

Les solutions du système (2.1) sont positives $\forall t > 0$.

Preuve

Soient $(T(t), I(t), V_I(t), V_{NI}(t))$ une solution du système (2.1). Considérons pour un certain temps $t_1 > 0$, $T(t_1) = 0$ et si t_1 est le temps initial, alors $\frac{dT(t_1)}{dt} \leq 0$. Mais partant de (1) $\frac{dT(t_1)}{dt} = s > 0$, ce qui est une contradiction. Donc, $T(t) > 0$, pour tout $t > 0$. Il est aussi observé que $I(t) > 0 \forall t > 0$ comme

$$\frac{dI}{dt} \geq -d_2I \Rightarrow I(t) = I(0)e^{-d_2t}.$$

De façon similaire, (3) et (4) donne :

$$V_I = \left(1 - \left(\frac{\eta_r + \eta_1}{2}\right)\right)\beta e^{-d_3t} \int_0^t I(s)e^{-d_3s} ds > 0 \quad V_{NI} = \left(\frac{\eta_r + \eta_1}{2}\right)\beta e^{-d_3t} \int_0^t I(s)e^{-d_3s} ds > 0$$

Donc $(T(t), I(t), V_I(t), V_{NI}(t)) > 0, \forall t \geq 0$.

Théorème

Les solutions du système (2.1) sont bornées

Preuve

Soient $(T(t), I(t), V_I(t), V_{NI}(t))$ une solution du système (2.1). Soit $N(t) = T(t) + I(t) + V_I(t) + V_{NI}(t)$ la population totale.

La dérivée de $\rho(t)$ le long des solutions positives du système est donnée par :

$$\begin{aligned} \frac{dN}{dt} &= s + rT - \frac{rT^2}{k} - \frac{rTI}{k} - d_1T - d_2I + \beta I - d_3V_I - d_3V_{NI} \\ &\leq s + rT - \frac{rT^2}{k} - d_1T - d_2I + \beta I - d_3V_I - d_3V_{NI} \\ &\leq s + rT - \frac{rT^2}{k} - A\rho(t) \\ &= -AN(t) + \left(s + \frac{rk}{4}\right) - \left(\frac{\sqrt{r}T}{\sqrt{k}} - \frac{\sqrt{rk}}{2}\right)^2 \end{aligned}$$

$$\leq -AN(t) + \left(s + \frac{rk}{4}\right) \quad (2.2)$$

Où $A = \min[d_1, (d_2 - \beta), d_3]$ et $d_2 > \beta$. Il s'ensuit à partir de (3.6) que : $\lim_{t \rightarrow +\infty} \text{supp}(t) \leq \left(s + \frac{rk}{4}\right) = M^*$

Donc, il existe des constantes positives $M > M^*$ et $T_1 > 0$ telles que si $t \geq T_1$, $N(t) < M$. Ceci complète la preuve.

2.2.2 POINTS D'ÉQUILIBRE

Les points d'équilibre du système dynamique discret sont obtenus en résolvant les équations aux différences :

$$T^n = \frac{\Delta t s + T^n e^{-d_1 \Delta t}}{1 + \Phi(t) r \left(\frac{T^n + I^n}{k} - 1 \right) + (1 - c\eta_1) \alpha \Phi(t) V_I^n} \quad (1)$$

$$I^n = I^n e^{-d_2 \Delta t} + \Phi(t) (1 - c\eta_1) \alpha V_I^n T^n \quad (2) \quad (2.3)$$

$$V_I^n = V_I^n e^{-d_3 \Delta t} + \Phi(t) \left(1 - \frac{\eta_r + \eta_1}{2}\right) \beta I^n \quad (3)$$

$$V_{NI}^n = V_{NI}^n e^{-d_3 \Delta t} + \Phi(t) \left(\frac{\eta_r + \eta_1}{2}\right) \beta I^n \quad (4)$$

2.2.2.1 POINT D'ÉQUILIBRE SANS MALADIE

Le point d'équilibre sans maladie s'obtient en résolvant simultanément $I = 0$ et $\frac{dT}{dt} = \frac{dI}{dt} = \frac{dV_I}{dt} = \frac{dV_{NI}}{dt} = 0$. Dans ce cas, on obtient le point d'équilibre E_0 tel que :

$$E_0 = (\hat{T}, 0, 0, 0) \text{ avec } \hat{T} = \frac{k}{2r} \left[(r - d_1) + \sqrt{(r - d_1)^2 + \frac{4rs}{k}} \right] \text{ où } r > d_1.$$

Nous supposons $s \leq kd_1$ et donc le modèle est physiologiquement réaliste. Ceci étant, $\hat{T} \leq k$.

2.2.2.2 POINT D'ÉQUILIBRE ENDÉMIQUE

Le point d'équilibre endémique noté E_* est : $E_*(T^*, I^*, V_I^*, V_{NI}^*)$, où

$$T^* = \frac{d_2 d_3}{(1 - c\eta_1) \left(1 - \frac{\eta_r + \eta_1}{2}\right) \alpha \beta},$$

$$I^* = \frac{sr\hat{R}^2 + (r - d_1)^2 k(\hat{R} - 1)}{r\hat{R}[d_2 \hat{R} + (r - d_1)]},$$

$$V_I^* = \frac{\left(1 - \frac{\eta_r + \eta_1}{2}\right) \beta I^*}{d_3},$$

$$V_{NI}^* = \frac{\left(\frac{\eta_r + \eta_1}{2}\right) \beta I^*}{d_3}$$

et $\hat{R} = \frac{R_0 k}{\hat{T}} \left(\frac{r - d_1}{r}\right)$ où $\hat{R}$ est le nombre de contrôle reproductif (NCR) [18].

On peut noter que E_* existe même quand $\hat{R} < 1$:

$sr\hat{R}^2 + (r - d_1)^2 k(\hat{R} - 1) > 0$. Cependant, il existe toujours pour $\hat{R} > 1$.

2.3 CALCUL DU TAUX DE REPRODUCTION DE BASE R_0

En utilisant la méthode de Van Den Driessche pour le système (2.1), le nombre de reproduction de base du modèle est calculé comme suit : $R_0 = \frac{\hat{T}}{T^*}$

2.4 ANALYSE DE LA STABILITE LOCALE

Linéarisation

Le système linéarisé de (2.1) au point E_0 est :

$$\begin{cases} \frac{dT}{dt} = \left((r - d_1) - \frac{2r\hat{T}}{k} \right) T - \frac{r\hat{T}}{k} I - (1 - c\eta_1)\alpha\hat{T}V_I \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} \frac{dI}{dt} = d_2 I + (1 - c\eta_1)\alpha\hat{T} V_I \end{cases} \quad (2) \quad (2.4)$$

$$\begin{cases} \frac{dV_I}{dt} = \left(1 - \frac{\eta_r + \eta_1}{2} \right) \beta I - d_3 V_I \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} \frac{dV_{NI}}{dt} = \left(\frac{\eta_r + \eta_1}{2} \right) \beta I - d_3 V_{NI} \end{cases} \quad (4)$$

Théorème

Le point d'équilibre sans maladie E_0 est localement asymptotiquement stable si $\mathcal{R}_0 < 1$ et instable si $\mathcal{R}_0 > 1$.

Preuve

Considérons la linéarisation du système (2,1) dans le voisinage de l'équilibre E_0 . L'équation caractéristique correspondante est :

$$\left(\lambda - \frac{1}{1 + d_1 \Phi_1(\Delta t)} \right) \left(\lambda - \frac{1}{1 + d_2 \Phi_2(\Delta t)} \right) \left(\lambda - \frac{1}{1 + d_3 \Phi_3(\Delta t)} \right) \left(\lambda - \frac{1 + d_3 \Phi_4(\Delta t)}{1 + d_3 \bar{I} \Phi_4(\Delta t)} \right) = 0.$$

Alors, le point d'équilibre E_0 est localement asymptotiquement stable si :

$$\frac{1 + d_3 \Phi_4(\Delta t)}{1 + d_3 \bar{I} \Phi_4(\Delta t)} < 1$$

c'est-à-dire $\mathcal{R}_0 < 1$ et instable dans l'autre cas.

Théorème

Le point d'équilibre endémique E_* est localement asymptotiquement stable si $1 < \mathcal{R}_0 < 3$. Le point d'équilibre sans maladie E_0 (DFE) est localement asymptotiquement stable si $\mathcal{R}_0 < 1$ et instable si $\mathcal{R}_0 > 1$.

Preuve

La matrice jacobienne du système (2.4) pour le point d'équilibre E_0 est :

$$V_0 = \begin{pmatrix} (r - d_1) - \frac{2r\hat{T}}{k} & -\frac{r\hat{T}}{k} & -(1 - c\eta_1)\alpha\hat{T} & 0 \\ 0 & -d_2 & (1 - c\eta_1)\alpha\hat{T} & 0 \\ 0 & \left(1 - \frac{\eta_r + \eta_1}{2} \right) \beta & -d_3 & 0 \\ 0 & \left(\frac{\eta_r + \eta_1}{2} \right) \beta & 0 & -d_3 \end{pmatrix}$$

L'équation caractéristique correspondante est donnée par :

$$\left(\lambda - (r - d_1) + \frac{2r\hat{T}}{k} \right) (\lambda + d_3) (\lambda^2 - C\lambda + D) = 0$$

$$\text{où } C = -(d_2 + d_3) \text{ et } D = \left[d_2 d_3 - \frac{1}{2} (1 - c\eta_1) (2 - \eta_r - \eta_1) \alpha \beta \hat{T} \right].$$

Pour la stabilité asymptotique locale, toutes les racines de l'équation caractéristique doivent être négatives ou avoir des parties réelles négatives. Puisque le facteur linéaire donne des valeurs propres négatives et $c < 0$, pour la stabilité, D doit être positif, ceci étant, $\frac{\hat{r}}{T^*} < 1$. Donc, l'étude de l'état non infecté E_0 est stable si $\mathcal{R}_0 < 1$ et instable si $\mathcal{R}_0 > 1$.

Théorème

Le point d'équilibre endémique E_* est localement asymptotiquement stable si $1 < \mathcal{R}_0 < 3$

Preuve

$$V_2 = \begin{pmatrix} -\frac{sr\hat{R}}{k(r-d_1)} - \frac{(r-d_1)}{\hat{R}} & -\frac{(r-d_1)}{\hat{R}} & -\frac{(1-c\eta_1)\alpha k(r-d_1)}{r\hat{R}} & 0 \\ d_2 \left[\frac{sr\hat{R}^2 + k(r-d_1)^2(R-1)}{(r-d_1)k(d_2\hat{R} + (r-d_1))} \right] & \left(1 - \frac{\eta_r - \eta_1}{2}\right)\beta & \frac{(1-c\eta_1)\alpha k(r-d_1)}{r\hat{R}} & 0 \\ 0 & \left(\frac{\eta_r - \eta_1}{2}\right)\beta & -d_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -d_3 \end{pmatrix}$$

Dont l'équation caractéristique est donnée par :

$$(\lambda_1 + d_3)(\lambda^3 + A_1\lambda^2 + A_2\lambda + A_3) = 0$$

où

$$A_1 = d_2 + d_3 + \frac{(r-d_1)}{\hat{R}} + \frac{r\hat{R}s}{(r-d_1)k}$$

$$A_2 = (d_2 + d_3) \left[\frac{(r-d_1)}{\hat{R}} + \frac{r\hat{R}s}{(r-d_1)k} \right] + \frac{d_2}{(r-d_1)+d_2\hat{R}} \left[(r-d_1)^2 \left(1 - \frac{1}{\hat{R}}\right) + \frac{r\hat{R}s}{k} \right]$$

$$A_3 = d_2d_3 \left[(r-d_1) + \frac{r\hat{R}s}{(r-d_1)k} \right]$$

$$\begin{aligned} A_1A_2 - A_3 = & \left(\frac{3}{\hat{R}} - 1\right) d_2d_3r + (d_2^2 + d_3^2) \left(\frac{(r-d_1)}{\hat{R}}\right) + (d_2 + d_3) \left[\frac{(r-d_1)^2}{\hat{R}^2} + \frac{2rs}{k} + \frac{r^2\hat{R}^2s^2}{(r-d_1)^2k^2} \right] \\ & + \frac{d_2(r-d_1)}{(r-d_1)d_2\hat{R}} \left[(r-d_1)d_2 + (r-d_1)d_3 + \frac{(r-d_1)^2}{\hat{R}} \right] \left(1 - \frac{1}{\hat{R}}\right) \\ & + d_2(d_2 + d_3) \frac{r\hat{R}s}{k} \left[\frac{1}{(r-d_1)} + \frac{1}{(r-d_1)+d_2\hat{R}} \right] + \frac{r\hat{R}s d_3^2}{(r-d_1)k} \\ & + \frac{d_2r\hat{R}s}{k((r-d_1)+d_2\hat{R})} \left[(r-d_1) + \frac{r\hat{R}s}{k(r-d_1)} \right] \end{aligned}$$

Selon le critère de Routh-Hurwitz, les conditions nécessaires et suffisantes pour que toutes les racines de l'équation ci-dessus puissent avoir les parties réelles négatives sont :

- (i) $A_1 > 0$,
- (ii) $A_2 > 0$,
- (iii) $A_3 > 0$ et
- (iv) $A_1A_2 - A_3 > 0$

De façon claire, $A_1 > 0$. Maintenant $A_2 > 0$ et $A_3 > 0$ si $\hat{R} > 0$ et $A_1A_2 - A_3 > 0$ fournit $1 < \hat{R} < 3$. Donc, le point d'équilibre endémique $E_*(T^*, I^*, V_I^*, V_{NI}^*)$ est localement asymptotiquement stable si le nombre de contrôle reproductif $\hat{R}$ satisfait la condition. Il serait noté que le point d'équilibre endémique sera instable chaque fois qu'il va exister $\hat{R} < 1$.

2.5 VALEUR CRITIQUE DE L'EFFICACITE DES MEDICAMENTS

Dans le système (2.1), l'inefficacité de l'interféron et la ribavirine est donnée par les termes $(1 - c\eta_1)$ et $\left(1 - \frac{\eta_r + \eta_1}{2}\right)$. Ici, ces termes sont combinés en un seul terme comme :

$$(1 - c\eta_1) \left(1 - \frac{\eta_r + \eta_1}{2}\right) = 1 - \eta$$

où η représente l'efficacité des médicaments. De façon clair,

$\eta_1 = \eta_r = 0$, ceci étant, l'efficacité des médicaments est nulle avant le traitement et $0 < \eta_1 < 1$, $0 < \eta_r < 1$ pendant la thérapie antivirale. Le critère de stabilité pour l'état d'étude non infecté ($D > 0$) est :

$$\begin{aligned} d_2 d_3 - \frac{1}{2}(1 - c\eta_1)(2 - \eta_r - \eta_1)\alpha\beta\hat{T} &\text{ où } \hat{T} = \frac{k}{2r} \left[(r - d_1) + \sqrt{(r - d_1)^2 + \frac{4rs}{k}} \right] \\ &\Rightarrow 1 - c\eta_1 \left(1 - \frac{\eta_r + \eta_1}{2} \right) < \frac{d_2 d_3}{\alpha\beta\hat{T}} \\ &\Rightarrow 1 - \eta < \frac{2rd_2 d_3}{\alpha\beta[(r - d_1)k + \sqrt{(r - d_1)^2 k^2 + 4rsk}]} \end{aligned}$$

Ceci indique clairement qu'il existe un point qui agit comme un point de séparation entre la région de stabilité pour l'état d'étude non infecté et la région de stabilité pour l'étude infecté. Ce point peut être conditionné comme un point de bifurcation transcritique et donné par :

$$1 - \eta = \frac{2rd_2 d_3}{\alpha\beta[(r - d_1)k + \sqrt{(r - d_1)^2 k^2 + 4rsk}]} \quad (2.5)$$

Par conséquent, la valeur critique de l'efficacité des médicaments est définie comme suit :

$$\eta_c = 1 - \frac{2rd_2 d_3}{\alpha\beta[(r - d_1)k + \sqrt{(r - d_1)^2 k^2 + 4rsk}]} = 1 - \frac{T_o^*}{\hat{T}} \quad (2.6)$$

où $T_o^* = \frac{d_2 d_3}{\alpha\beta}$ est le nombre d'hépatocytes non infectés dans une personne infectée avant le traitement (obtenu en posant $\eta_1 = \eta_r = 0$) et $\hat{T}$ est le nombre total des hépatocytes dans les individus non infectés. Pendant la thérapie antivirale, si $\eta > \eta_c$, la thérapie a réussi et la charge virale peut être éradiquée. D'autres parts, si $\eta < \eta_c$, la charge virale et les cellules infectées convergent vers un nouvel état d'étude avec les valeurs plus faibles.

2.6 PERMANENCE DU SYSTÈME

Définition

Le système (2.1) est dit permanent s'il existe des constantes positives δ et Δ avec $0 < \delta \leq \Delta$ tels que pour toute solution du système, on a:

- (i) $\min\{\lim_{t \rightarrow +\infty} \inf T(t), \lim_{t \rightarrow +\infty} \inf I(t), \lim_{t \rightarrow +\infty} \inf V_I(t), \lim_{t \rightarrow +\infty} \inf V_{NI}(t)\} \geq \delta$,
- (ii) $\max\{\lim_{t \rightarrow +\infty} \sup T(t), \lim_{t \rightarrow +\infty} \sup I(t), \lim_{t \rightarrow +\infty} \sup V_I(t), \lim_{t \rightarrow +\infty} \sup V_{NI}(t)\} \leq \Delta$

Théorème

Le système (2.1) est permanent si $(r - d_1) - (1 - c\eta_1)\alpha\bar{V}_I - \frac{rI}{k} > 0$.

2.7 STABILITE GLOBALE DU POINT D'EQUILIBRE ENDEMIQUE E_*

Pour étudier la stabilité globale du point d'équilibre endémique E_* , nous allons utiliser l'approche géométrique de Li et Muldowney [16], qui garantit la stabilité globale du point d'équilibre endémique en obtenant la simple condition suffisante sera utilisée.

Théorème

Soit $x \rightarrow f(x) \in \mathbb{R}^4$ une fonction de classe C^1 , pour x appartenant à un domaine simplement lié $D \subset \mathbb{R}^4$, où :

$$x = \begin{pmatrix} T \\ I \\ V_I \\ V_{NI} \end{pmatrix} \quad \text{et} \quad f(x) = \begin{pmatrix} s + rT \left(1 - \frac{T+I}{k} \right) - d_1 T - (1 - c\eta_1)\alpha V_I T \\ (1 - c\eta_1)\alpha V_I T - d_2 I \\ \left(1 - \frac{\eta_r + \eta_1}{2} \right) \beta I - d_3 V_I \\ \left(\frac{\eta_r + \eta_1}{2} \right) \beta I - d_3 V_{NI} \end{pmatrix}$$

Considérons le système d'équations différentielles $\dot{x} = f(x)$ lié aux conditions initiales $(T_0, I_0, V_{I0}, V_{NIO})^T = x_0$. Soit $x(t, x_0)$ une solution du système. Le système (2.1) a un et un seul point d'équilibre endémique E_* dans D et il existe un ensemble absorbant compact $K \subset D$. On suppose en plus que le système (2.1) satisfait au critère de Bendixson [16], qui est robuste sous les perturbations locales de classe C^1 de f à tout point de non équilibre égaré du système. Soit $x \rightarrow M(x)$ une matrice 6×6 des fonctions évaluées qui est de classe C^1 pour $x \in D$. On suppose aussi que $M^{-1}(x)$ existe et est continu pour $x \in K$. Alors l'unique point d'équilibre E_* est globalement stable dans D si :

$$\bar{q}_2 = \lim_{t \rightarrow \infty} \sup_{x_0 \in K} \sup_t \frac{1}{t} \int_0^t \mu(B(x(s, x_0))) ds < 0 \quad (2.7)$$

où $B = M_f M^{-1} + M \frac{\partial f^{[2]}}{\partial x} M^{-1}$, la valeur M_f est obtenu en remplaçant chaque entrée m_{ij} dans M par sa dérivée directionnelle dans la direction de f , $\nabla m_{ij}^* f$ et $\mu(B)$ est la mesure de Lozinskij de B en ce qui concerne la norme vectorielle $|\bullet|$ dans $\mathbb{R}^4$, définie par [9]

$$\mu(B) = \lim_{h \rightarrow 0^+} \frac{|I + hB| - 1}{h} \quad (2.8)$$

Preuve

Puisque la permanence en ce qui concerne un ensemble des variables implique la persistance en ce qui concerne le même ensemble des variables, on peut conclure que le système (2.1) est persistant. Clairement, le système (2.1) a un unique point d'équilibre endémique E_* dans D et la persistance du système, ensemble avec la borne des solutions implique l'existence d'un ensemble absorbant compact $K \subset D$ [6]

3 CO-INFECTION VHC-VIH

Environ 20 % des patients infectés par le VIH sont également infectés par le VHC. L'insuffisance hépatique terminale liée au VHC est devenue la principale cause de décès chez ces patients, représentant 50 % de tous les décès selon une étude [17]. Les antirétroviraux ralentissent la progression de la fibrose et diminuent la mortalité associée aux maladies hépatiques dans les cas de co-infection VHC-VIH [26]. Les indications concernant le traitement des cas de co-infection sont analogues à celles prévues pour les cas de mono-infection. La décision d'administrer simultanément ou successivement les traitements anti-VHC et anti-VIH doit être prise sur une base individuelle, selon le stade de l'infection par le VIH (déterminé par la numération des CD4). Le traitement à l'interféron pégylé et à la ribavirine donne des taux de RVS acceptables, et la toxicité se compare à celle observée chez les patients mono-infectés par le VHC. Des taux de RVS de 43 à 62 % ont été enregistrés après 48 semaines de traitement chez des patients infectés par les génotypes 2 et 3. Des études évaluant le traitement d'infections dues aux génotypes 2 et 3 du VHC par l'interféron pégylé et la ribavirine chez des patients Co-infectés par le VIH ont fait état de taux de rechute de 32 à 35 % pour un traitement d'une durée de 24 semaines et une dose de ribavirine de 800 mg par jour [4][5], bien qu'une étude utilisant des doses de ribavirine basées sur le poids en association avec le PEG-IFN ait fait état d'un taux de rechute de 9 % pour un traitement.

4 ESTIMATION DE PARAMETRES [10]

Paramètres	Description	Valeurs
s	taux constant de reproduction des hépatocytes non infectées	1,0
r	taux de reproduction	1,99
k	capacité de transfert	$3,6 \cdot 10^{-7}$
d₁	taux de mortalité naturelle des hépatocytes	0,01
α	taux d'infection ou de non infection des hépatocytes	$2,25 \cdot 10^{-7}$
d₂	taux de mortalité naturelle des hépatocytes infectées	1,0
β	taux de réplique des cellules ayant développées l'hépatite	2,9
d₃	taux de mortalité naturelle des cellules ayant et n'ayant pas développé l'hépatite	6,0

4.1 SIMULATION NUMERIQUE

4.1.1 SCHEMAS AUX DIFFERENCES FINIES NON STANDARD

Définition

Un **schéma numérique à un pas** du système (2.1) au temps $t_k = t_0 + k\Delta t$ est de la forme :

$$\Delta_{\Delta t}(u_k) = F_{\Delta t}(f, u_k), \quad (4.1)$$

Où

$\Delta_{\Delta t}(u_k) \approx \frac{du}{dt}\bigg|_{t=t_k}$ est un opérateur des différences et $F_{\Delta t}(f, u_k)$ approche le second membre du système (2.1)

Définition

La méthode à un pas (4.1) est dite **méthode aux différences finies non standard** si l'une des conditions suivantes est satisfaite :

- (i) $F_{\Delta t}(f, u_k) = G(u_{k+1}; u_k; \Delta t)$ où $G(u_{k+1}; u_k; \Delta t)$ est une approximation de la fonction $f(u_k)$.
- (ii) La dérivée traditionnelle est remplacée par :

$$\Delta_{\Delta t}(u_k) = \frac{u_{k+1} - u_k}{\Phi(\Delta t)},$$

Où $\Phi(\Delta t)$ est une fonction à valeurs réelles positive dans $\mathbb{R}$ appelée fonction dénominateur, qui satisfait les propriétés :

- (a) $\Phi(\Delta t) = \Delta t + \mathcal{O}(\Delta t^2)$,
- (b) $0 \leq \Phi(\Delta t) < 1$ pour tout $\Delta t \rightarrow 0$.

Le théorème suivant donne les propriétés des schémas aux différences finies non standard construit sur la base de la méthode aux différences finies standard.

Théorème

Si la méthode numérique (4.1) représente un schéma aux différences finies standard (SDFS) consistant et zéro-stable, alors tout schéma aux différences finies non standard (SDFNS) correspondant est nécessairement consistant. De plus, si le SDFNS est construit selon le deuxième volet de la définition d'Anguelov et Lubuma, alors ce schéma est zéro-stable et l'opérateur $F_{\Delta t}$ satisfait, pour un $M > 0$ indépendant de Δt et pour toutes suites bornées $\{u_k\}$ et $\{u_k^*\}$ dans $\mathbb{R}^n$, la condition de Lipschitz :

$$\sup_k \|F_{\Delta t}(u_k) - F_{\Delta t}(u_k^*)\| \leq M \sup_k \|u_k - u_k^*\|.$$

Dans ce cas, on conclut que le schéma numérique définit un système dynamique discret. On observe aussi que lorsque $F_{\Delta t}$ est de classe C^r ($r \geq 1$), alors le Schéma aux différences finies non standards est un système dynamique discret [12].

Définition (Consistance dynamique topologique)

Le schéma aux différences finies (4.1) est dit **topologiquement dynamiquement consistant** par rapport au système continu (2.1) s'il préserve les propriétés qualitatives [1][2][3] de ce modèle quel que soit $\Delta t > 0$.

Pour générer de schémas topologiquement dynamiquement consistants, nous utilisons la méthode de discrétisation non standard.

4.1.2 MODÈLES NON STANDARD

Le schéma aux différences finies non standard est donné par :

$$\left\{ \begin{array}{l} T^{n+1} = \frac{\Delta t s + T^n e^{-d_1 \Delta t}}{1 + \Phi(t) r \left(\frac{T^n + I^n}{k} - 1 \right) + (1 - c\eta_1) \alpha \Phi(t) V_I^n} \\ I^{n+1} = I^n e^{-d_2 \Delta t} + \Phi(t) (1 - c\eta_1) \alpha V_I^n T^n \\ V_I^{n+1} = V_I^n e^{-d_3 \Delta t} + \Phi(t) \left(1 - \frac{\eta_r + \eta_1}{2} \right) \beta I^n \\ V_{NI}^{n+1} = V_{NI}^n e^{-d_3 \Delta t} + \Phi(t) \left(\frac{\eta_r + \eta_1}{2} \right) \beta I^n \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \Phi(t) = \frac{1 - e^{-d_1 \Delta t}}{d_1} \\ \Phi(t) = \frac{1 - e^{-d_2 \Delta t}}{d_2} \\ \Phi(t) = \frac{1 - e^{-d_3 \Delta t}}{d_3} \end{array}$$

5 CONCLUSION

Des millions de personnes à travers le monde sont infectés par le virus de l'hépatite C avec un taux élevé de mortalité[25]. Le modèle qui illustre la dynamique du VHC fourni l'aperçu clé dans la pathologie in vivo et l'action du mécanisme de l'interféron et la ribavirine[21]. Pour étudier la dynamique du virus de l'hépatite C, un modèle mathématique comprenant quatre équations différentielles ordinaires a été proposé pour comprendre le rôle de la thérapie de l'interféron et la ribavirine.

Les nouveaux traitements contre l'hépatite C (bocéprévir et télaprévir) : Ces nouvelles molécules présentent plusieurs intérêts. Ces deux molécules permettront de guérir davantage de patients atteints d'hépatite C que ne le font l'interféron et la ribavirine. Elles permettront de traiter et d'éradiquer un nombre plus important de génotype 1 du virus de l'hépatite C. Elles augmenteront le taux de guérison de l'hépatite C car elles ont montré une amélioration de la réponse virologique soutenue (RVS) de 20 % à 30 % chez les patients rechuteurs ou non répondeurs à un premier traitement standard à l'interféron et la ribavirine. Chez les malades atteints d'une infection virale C de génotype 1 qui n'ont jamais été traités antérieurement, le taux de guérison est de 70 à 80 % comparés aux 50 % qu'on a avec l'interféron et la ribavirine. Malheureusement, Ces traitements ne concerneront que les malades atteints du génotype 1 du virus de l'hépatite C parce que l'essai clinique qui a montré leur efficacité ne s'est déroulé pour le moment que sur ce génotype-là. Il faut donc s'attendre à ce que l'autorisation de mise sur le marché de ce médicament-là soit dirigée uniquement vers le génotype 1 du VHC.

Dans l'essai thérapeutique qui a conduit aux résultats satisfaisants autorisant la mise sur le marché du médicament au début 2012, il s'agissait d'une combinaison avec les deux molécules existantes. Nous sommes alors en présence d'une trithérapie qui associe soit le bocéprévir à l'interféron et la ribavirine soit le télaprévir à l'interféron et la ribavirine. Un des avantages de ces nouvelles molécules est que La durée du traitement sera raccourcie de moitié, c'est-à-dire au lieu de 12 mois, elle passerait à 6 mois. Ainsi on peut prévoir un modèle mathématique de traitement de l'hépatite C avec une trithérapie.

REFERENCES

- [1] Coppel WA (1965) Stability and asymptotic behavior of differential equation. Boston: Health.
- [2] Fried MW (2002) PEGinterferon alpha-2a plus ribavirin for chronic hepatitis C virus infection. New Engl. J. Med. 347: 975-982.
- [3] Manns MP (2001) PEGinterferon alpha-2b plus ribavirin compared with interferon alfa-2b plus ribavirin for initial treatment of chronic hepatitis C: a randomised trial. Lancet 358:958-965.
- [4] Hadziyannis SJ (2004) PEGinterferon-alpha-2a and ribavirin combination therapy in chronic hepatitis C: a randomized study of treatment duration and ribavirin dose. Ann. Intern. Med. 140: 346-355.
- [5] J. M. Hyman, and J. Li, An intuitive formulation for reproduction number for the spread of diseases on heterogeneous populations, Math. Biosci., 167(2000).
- [6] Neumann AU, Lam NP, Dahari H, Gretch DR, Wiley TE (1998) Hepatitis C viral dynamics in vivo and the antiviral efficacy of interferon-alpha therapy. Science 282: 103-107.
- [7] Choo QL, Kuo G, Weiner AJ, Overby LR, Bradley DW, Houghton M (1989) Isolation of a cDNA clone derived from a blood borne non-A, non-B viral hepatitis genome. Science 244:359-362.
- [8] Dahari H, Ribeiro RM, Perelson AS (2007) Triphasic decline of hepatitis C virus RNA during antiviral therapy. Hepatology 46: 16-21.
- [9] DIMITROV D.T. et KOYOUHAROV H.V., Stability Preserving Finite-Difference methods for general multi- dimensional autonomous dynamical systems, International Journal of Numerical Analysis and Modeling, vol 4, pp. 280-290, 2007.

- [10] FEYISSA S. et BANERJEE S., Role of antibodies: A Novel Paradigm in Mathematical Modeling for cancer treatment, Mathematical Biosciences (to be published). Preprint www.arxiv.org
- [11] Perelson AS, Herrmann E, Micol F, Zeuzem S (2005) New kinetic models for the hepatitis C virus. *Hepatology* 42: 749-754.
- [12] Swati DebRoy, Christopher Kribs-Zaleta, Anuj Mubayi, Gloriell M, Cardona-Melendez, Liana Medina-Rios, MinJun Kang, Edgar Diaz (June 2010) Evaluating treatment of hepatitis C for hemolytic anemia management. *Mathematical Biosciences* 225 (2):141-155.
- [13] ANGUELOV R. et al., Stability Analysis and Dynamics Preserving non-standard finite difference schemes for Malaria Model, 2010.
- [14] ANGUELOV R. et al., Dynamical consistent nonstandard finite difference schemes for continuous dynamical systems, *Discrete and Continuous dynamical Systems*, pp. 34-43, 2009.
- [15] ANGUELOV R. et al., Topological Dynamic consistency of nonstandard finite difference schemes for dynamical systems, *Journal of Difference Equations and Applications*, pp. 1-23, 2010.
- [16] Bica I, McGovern B, Dhar R, Stone D, McGowan K, Scheib R, Snyderman DR. Increasing mortality due to end-stage liver disease in patients with human immunodeficiency virus infection. *Clin Infect Dis*. 2001 Feb 1;32(3):492-7
- [17] Benhamou Y, Di Martino V, Bochet M, Colombet G, Thibault V, Liou A, Katlama C, Poynard T; MultivirC Group. Factors affecting liver fibrosis in human immunodeficiency virus-and hepatitis C virus-coinfected patients: impact of protease inhibitor therapy. *Hepatology*. 2001 Aug;34(2):283-7
- [18] Chakrabarty SP, Joshi HR (2009) Optimally controlled treatment strategy using interferon and ribavirin for Hepatitis C. *Journal of Biological Systems* 17 (1): 97-110.
- [19] Choo QL, Kuo G, Weiner AJ, Overby LR, Bradley DW, Houghton M (1989) Isolation of a cDNA clone derived from a blood borne non-A, non-B viral hepatitis genome. *Science* 244:359-362.
- [20] Dahari H, Lo A, Ribeiro RM, Perelson AS (2007) Modeling hepatitis C virus dynamics: Liver regeneration and critical drug efficacy. *J Theor Biol* 247: 371-381.
- [21] Dixit NM, Layden-Almer JE, Layden TJ, Perelson AS (2004) Modelling how ribavirin improves interferon response rates in hepatitis C virus infection. *Nature* 432: 922-924.
- [22] Jordan J feld, Hoofnagle H Jay (2005) Mechanism of action of interferon and ribavirin in treatment of hepatitis C. *Nature* 436: 9-18.
- [23] Sandip Banerjee · Ram Keval · S. Gakkhar Modeling the dynamics of Hepatitis C Virus with combined antiviral drug therapy: Interferon and Ribavirin (to be published). Preprint www.arxiv.org.
- [24] Stefan Zeuzem, Eva Herrmann (2002) Dynamics of hepatitis C virus infection. *Annals of hepatology* 1(2): 56-63.
- [25] NIH (2002) National Institutes of Health Consensus Development Conference: management of hepatitis C. *Hepatology* 36(5 Suppl 1): S3-20.
- [26] Hépatite C Dépistage, clinique, prise en charge et conseils aux patients. Document à l'usage des médecins. (brochure) Réf : 312-07332-B (2007).

La régression linéaire dans l'étude des paramètres d'un modèle économétrique

[Linear regression in the parameters study of an econometric model]

Mayuke Katshongo Jean Paul¹, Kapita Mwadi Ghislain², and Mbitse Munda³

¹Département des Mathématiques, Faculté des Sciences,
Université de Lubumbashi, BP 1825, Lubumbashi, RD Congo

²Département d'Informatique de Gestion,
Institut Supérieur Pédagogique de Lubumbashi, BP 1796, Lubumbashi, RD Congo

³Département des Mathématiques, Faculté des Sciences,
Université de Lubumbashi, BP 1825, Lubumbashi, 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: We show in this study, an economist and a manager must be able to explain and predict economic trends and also understand the relationships that influence (production, consumption and distribution) that the business may suffer and could revive in the future. Linear regression was for us, a way that could give us a simple model to measure the impact of characteristics of a dependent variable on one or more well-defined variables; So an economic variable that explains the behavior of observed economic variables that influence the observed economic situation. If the economic situation does not allow admitting a linear regression model, we can transform the whole time in a linear model by appropriate methods and techniques. Hence it is easy to study the model as if it were a linear model in order to estimate the parameters to explain, understand and predict the future of the measured economic phenomenon. In this study, we use the experimental method which we analyze in four steps:

- Definition of econometrics and some general notions of econometrics.
- Definition of the model and to estimate the parameters.
- Statement of assumptions and properties of the method used to estimate the parameters.
- Make the judgment tests on the quality of the regression.

And the technique is the method of ordinary least square to estimate model parameters.

KEYWORDS: Econometrics, Setting, forecast economic conditions, Model, method of ordinary least square.

RESUME: Nous montrons, dans cette étude, qu'un économiste ou un gestionnaire doit être capable d'expliquer et de prédire les tendances économiques, et aussi comprendre les relations qui les influencent (la production, la consommation et la distribution) que l'entreprise peut subir et qu'elle pourrait revivre dans l'avenir. La régression linéaire a été pour nous, un moyen qui pourrait nous donner un modèle simple pour mesurer l'impact des caractères d'une variable expliquée sur une ou plusieurs variables bien déterminées; donc une variable économique qui explique les comportements des grandeurs économiques observées qui influencent la situation économique observée. Si une situation économique ne permet pas d'admettre un modèle de régression linéaire, on peut toutefois le transformer à un modèle linéaire par des méthodes et techniques appropriées. D'où on peut faire aisément l'étude du modèle comme si c'était un modèle linéaire afin de pouvoir estimer les paramètres pour bien expliquer, comprendre et prédire l'avenir du phénomène économique observé. Dans cette étude, nous utilisons la méthode expérimentale que nous analysons en quatre étapes:

- Définition de l'économétrie ainsi que quelques notions générales de l'économétrie.

- Définition du modèle et faire l'estimation des paramètres.
- Énoncé des hypothèses et les propriétés de la méthode utilisée pour l'estimation des paramètres.
- Faire les tests de jugement sur la qualité de la régression.

Et la technique utilisée est la méthode de moindres carrés ordinaires pour estimer les paramètres du modèle.

MOTS-CLEFS: Économétrie, Paramètre, prédire les tendances économiques, Modèle, Méthode de moindres carrés.

1 INTRODUCTION

Actuellement, et vu les différentes réalisations technologiques et scientifiques, l'économie devient un élément essentiel et incontournable de la vie moderne. Puisqu'il faut toujours échanger des biens, alors il est aussi important d'étudier les mécanismes qui influencent les comportements économiques. Comme les entreprises actuellement ont accru leurs capacités, alors, elles sont devenues maintenant des groupes ou des associations de plusieurs personnes ou de plusieurs autres entreprises, dont la gestion et l'administration deviennent plus complexes. Alors les modèles économétriques sont des techniques qui peuvent être utilisés par les entreprises afin de bien gérer les affaires[1].

Nul n'ignore que l'économie joue un rôle essentiel dans la vie. Tout le monde cherche à comprendre comment les comportements économiques influencent notre vie quotidienne, et surtout les entreprises qui cherchent comment gérer les ressources qu'ils produisent ou qu'ils possèdent. Nous aimerions connaître les mécanismes qui influencent les comportements économiques vécus ou l'apport de l'analyse économique théorique en science économique.

Cela se réalise si un modèle économique théorique parvient à rendre la validité d'une relation. Si ce n'est pas le cas, on peut le considérer comme moins intéressant et son utilisation n'apporte pas une meilleure compréhension du modèle économique. Dans l'affirmatif du modèle, il y a la possibilité d'effectuer des prévisions, d'adopter une conduite de la politique économique optimale.

2 ECONOMETRIE

L'économétrie est l'intersection de quatre disciplines à savoir : l'Économie, les Mathématiques, la Statistique et l'informatique[2]. Elle est donc une science interdisciplinaire. Elle désigne tout simplement l'ensemble des techniques mathématiques et statistiques destinées à mesurer des grandeurs économiques pour juger leurs relations causales dont son objectif est de confronter un modèle économique théorique à un modèle pratique afin de vérifier la validité du modèle théorique.

L'économétrie se distingue de l'économie mathématique et des statistiques économiques par le fait que l'économie mathématique étudie des relations sans préciser les valeurs numériques des paramètres et les statistiques économiques étudient des mesures des variables économiques sans chercher des relations entre-elles[3].

3 MODELE ECONOMETRIQUE

Comme un modèle économétrique est une relation entre les variables économiques, perturbées par un ensemble d'éléments inobservables et déterminées par des paramètres observables sur lesquels sont imposés un certain nombre d'hypothèses nécessaires pour l'estimation, alors un modèle économétrique est une équation dont le rôle est d'expliquer un phénomène grâce à des variables que l'on juge déterminantes[4]. Donc l'objectif est de capturer le fait le plus marquant de la réalité qu'il cherche à représenter.

4 METHODE ECONOMETRIQUE

L'économétrie est une analyse économique basée sur les modèles définis par le fonctionnement réel de l'économie et formalisés sous forme d'une équation algébrique à l'aide des techniques mathématiques dont les paramètres sont estimés à l'aide de la statistique.

En économétrie, plusieurs modèles sont utilisés, et à chaque modèle est liée une méthode d'estimation des paramètres ; pour notre cas, la méthode de moindres carrés ordinaires est la meilleure technique d'estimation des paramètres.

L'économétrie se base plus sur les données. Ces dernières constituent le cœur de l'économétrie. Elles sont principalement de trois grands types:

- Données en séries temporelles ou longitudinales : Elles sont indicées par le temps t .
- Données en coupe : Soient (y_i, x_i) dont leur indice correspond à l'identifiant d'un individu ou d'une entreprise.
- Données à double indice: On les notes (y_{it}, x_{it}) , et on dispose d'informations sur des individus i pour $i \in [1, n]$, que l'on suit sur plusieurs périodes t qui varie de 1 à T [5].

L'économétrie comme une technique d'analyse des données n'a que deux usages :

- La prédiction : Qui est le premier usage opérationnel de l'économétrie. Pour l'anticipation et la prise de décision.
- La simulation et la définition des politiques économiques : Qui est le second usage opérationnel de l'économétrie, pour permettre de définir les bonnes politiques économiques et d'en mesurer à l'avance les conséquences [6].

Donc l'économétrie a pour objectif d'estimer et de tester les modèles économiques, à partir de données issues de l'observation du fonctionnement réel de l'économie ou provenant d'expériences contrôlées.

5 DEFINITION DU MODELE ET L'ESTIMATION DES PARAMETRES

En économie, il est possible de supposer l'existence d'une liaison entre des variables.

Par l'exemple ci-dessous, on peut voir le lien entre variables économétriques.

Le revenu disponible et la consommation au cours d'une période sont directement liés.

On peut en effet penser que la consommation C est influencée par le Revenu disponible R . Lorsque le revenu augmente, la consommation s'accroît aussi [7].

On peut alors supposer que la relation qui lie la consommation et le revenu est linéaire et peut s'écrire :

$$C_i = a_1 R_i + a_0$$

Les C_i sont les consommations au temps i et a_1 et a_0 sont les paramètres qui permettent d'une part de mesurer l'impact sur la variable expliquée C_i et d'autre part, prévoir l'existence de la variable endogènes R_i .

D'une manière générale l'équation s'écrit comme suit :

$$y_i = a_1 x_i + a_0$$

C'est le modèle de régression linéaire simple

Comme le modèle est posé, alors nous cherchons à estimer les coefficients a_1 et a_0 de cette droite dans le but de reproduire le phénomène économique observé.

Puisqu'une modélisation ne peut jamais être parfaite, on introduit la variable ε_i , qui est une variable aléatoire représentant l'erreur dû à la modélisation.

$$y_i = a_1 x_i + a_0 + \varepsilon_i$$

Cette équation peut s'écrire, juste après avoir estimé les paramètres :

$$\hat{y}_i = \hat{a}_1 x_i + \hat{a}_0$$

Où bien

En considérant $e_i = y_i - \hat{y}_i$, l'équation $\hat{y}_i = \hat{a}_1 x_i + \hat{a}_0$ s'écrit:

$$y_i = \hat{a}_1 x_i + \hat{a}_0 + e_i$$

Avec e_i les erreurs estimées

Pour estimer les paramètres a_0 et a_1 nous utilisons la méthode de moindres carrés ordinaires.

Déterminons ces paramètres afin de mieux reproduire le phénomène économique observé [8].

En effet, estimons a_0 et a_1 de sorte que la distance au carré entre chaque point observé et y_i soit minimum et que chaque point $\hat{y}_i$ détermine la droite de l'équation $\hat{y}_i = \hat{a}_1 x_i + \hat{a}_0$ dont son écart est déterminée par $e_i = y_i - \hat{y}_i$. C'est-à-dire e_i est l'écart entre deux mesures y_i et $\hat{y}_i$.

Alors la méthode de moindres carrés ordinaires cherche les valeurs de a_0 et a_1 en minimisant l'écart e_i tel que :

$$\begin{aligned}
\sum_{i=1}^n e_i^2 &= \text{Min} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \\
&= \text{Min} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{a}_1 x_i - \hat{a}_0)^2 \\
&= \text{Min } S \\
\text{avec } S &= \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{a}_1 x_i - \hat{a}_0)^2.
\end{aligned}$$

Où n est le nombre d'observation pour les variables y_i et x_i .

Avec les conditions du premier ordre pour obtenir un optimum pour S :

$$\begin{aligned}
\frac{\partial S}{\partial \hat{a}_0} &= 0 \quad \Leftrightarrow \sum_{i=1}^n -2(y_i - \hat{a}_1 x_i - \hat{a}_0) = 0 \\
&\Leftrightarrow \sum_{i=1}^n y_i - \sum_{i=1}^n \hat{a}_1 x_i - \sum_{i=1}^n \hat{a}_0 = 0
\end{aligned}$$

En multipliant cette équation dans les deux membres par $1/n$, on obtient :

$$\begin{aligned}
\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \hat{a}_1 x_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \hat{a}_0 &= 0 \\
\bar{y}_i - \bar{x}_i \hat{a}_1 - \hat{a}_0 &= 0
\end{aligned}$$

D'où finalement on a :

$$\hat{a}_0 = \bar{y}_i - \hat{a}_1 \bar{x}_i \quad (*)$$

$$\frac{\partial S}{\partial \hat{a}_1} = 0 \Leftrightarrow \sum_{i=1}^n -2x_i(y_i - \hat{a}_1 x_i - \hat{a}_0) = 0$$

$$\Leftrightarrow (\sum_{i=1}^n x_i y_i - \hat{a}_1 \sum_{i=1}^n x_i^2 - \hat{a}_0 \sum_{i=1}^n x_i) = 0 \quad (**)$$

En substituant (*) dans (**) et en tirant a_1 , on trouve:

$$\hat{a}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Sachant la condition suffisante du second ordre pour que S soit un minimum:

$$\frac{\partial^2 S}{\partial^2 \hat{a}_0} > 0, \quad \frac{\partial^2 S}{\partial^2 \hat{a}_1} > 0 \quad \text{et} \quad J = \begin{vmatrix} \frac{\partial^2 S}{\partial^2 \hat{a}_1} & \frac{\partial^2 S}{\partial \hat{a}_1 \partial \hat{a}_0} \\ \frac{\partial^2 S}{\partial \hat{a}_0 \partial \hat{a}_1} & \frac{\partial^2 S}{\partial^2 \hat{a}_0} \end{vmatrix} > 0$$

J est le jacobien de S

En effet :

$$\frac{\partial^2 S}{\partial^2 \hat{a}_0} > 0 \equiv 2n > 0, \quad \frac{\partial^2 S}{\partial^2 \hat{a}_1} > 0 \equiv \sum_{i=1}^n 2x_i^2 > 0$$

Ce qui implique que :

$$J = \begin{vmatrix} \sum_{i=1}^n 2x_i^2 & \sum_{i=1}^n 2x_i \\ \sum_{i=1}^n 2x_i & 2n \end{vmatrix} > 0$$

S est convexe alors les valeurs de a_0 et a_1 sont les valeurs minimales de S .

6 LES HYPOTHESES DE LA METHODE MCO

1) x_i sont des variables certaines, c'est-à-dire x_i sont des variables non aléatoires [7].

En effet.

$$\text{cov}(x_i, \varepsilon_i) = 0 \quad \forall i = 1 \dots n$$

Ce qui signifie que la variable explicative et l'erreur sont indépendantes.

- 2) La moyenne arithmétique des erreurs est nulle.

$$E(\varepsilon_i) = 0$$

Le modèle est bien spécifié en moyenne

- 3) $Var(\varepsilon_i) = \sigma_{\varepsilon_i}^2$

$$4) \underset{cov}{(i, \varepsilon_{i'})} = 0$$

- 5) Les erreurs sont linéairement indépendantes des variables exogènes c'est-à-dire

$$\underset{cov}{(i, \varepsilon_{i'})} = 0 \quad \forall i \neq i'$$

7 PROPRIETES DE LA METHODE MCO

- Si ces hypothèses sont vérifiées, les estimateurs obtenus par la méthode de Moindre Carré Ordinaire ont les bonnes propriétés, c'est-à-dire l'estimateur est sans biais [7].

En effet;

$$E(\hat{a}_1) = a_1 \text{ et } E(\hat{a}_0) = a_0$$

- Les estimateurs sont convergents.

En effet ;

$$\lim_{n \rightarrow \infty} Var(a_0) = 0$$

et

$$\lim_{n \rightarrow \infty} Var(a_1) = 0$$

- Les estimateurs des MCO ont la plus petite variance parmi les estimateurs linéaires sans biais.

C'est donc bien des estimateurs BLUE (Best Linear Unbiased Estimator).

7.1 CRITERE DE JUGEMENT DE LA QUALITE DE REGRESSION

Soit l'égalité $\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{\hat{y}})^2 + \sum_{i=1}^n e_i^2$

En posant :

$$SCT = \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2$$

$$SCE = \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{\hat{Y}})^2$$

$$SCR = \sum_{i=1}^n e_i^2$$

$$SCT = SCR + SCE$$

Où

SCT est la somme des carrés totaux, traduit la variabilité totale de l'endogène,

SCE est la somme des carrés expliqués, traduit la variabilité expliquée par le modèle ;

SCR est la somme des carrés résiduels correspond à la variabilité non-expliquée par le modèle.

Construisons le critère R^2 appelé coefficient de détermination, pour juger la qualité de l'ajustement ou évaluation globale de la régression.

R^2 est donné par: $R^2 = \frac{SCE}{SCT}$,

ou

$$R^2 = 1 - \frac{SCR}{SCT}.$$

$R = \sqrt{R^2}$ est le **coefficient de corrélation multiple**. $0 \leq R \leq 1$

Plus R est proche de 1, plus l'estimation des paramètres est bonne ; donc la somme des carrés expliqués est proche de la somme des carrés totaux [7].

7.2 PREVISION

Lorsque les coefficients du modèle sont estimés, il est possible de faire la prévision à un horizon quelconque. Alors si la valeur de x_{n+1} est connue, la prévision de y_{n+1} est déterminée par:

$$\hat{y}_{n+1} = \hat{a}_1 x_{n+1} + \hat{a}_0$$

et son erreur est $e_{n+1} = y_{n+1} - \hat{y}_{n+1}$

Dans quel cas l'écart sera acceptable ? Ou l'erreur sera minimum ?

Ici nous devons construire l'intervalle de confiance afin de pouvoir observer si la prédiction est bonne ou non.

Or, par définition, l'intervalle de confiance est donnée par la relation:

$$-t_{n-2}^{\frac{\alpha}{2}} \hat{\sigma}_\varepsilon \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(x_i - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} + 1 \leq y_{n+1} - \hat{y}_{n+1} \leq +t_{n-2}^{\frac{\alpha}{2}} \hat{\sigma}_\varepsilon \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(x_i - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} + 1$$

Où $t_{n-2}^{\frac{\alpha}{2}}$ est la valeur critique de loi de Student pour un risque α et $n-2$ degré de liberté.

D'où on a :

$$y_{n+1} - t_{n-2}^{\frac{\alpha}{2}} \hat{\sigma}_\varepsilon \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(x_i - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} + 1 \leq \hat{y}_{n+1} \leq y_{n+1} + t_{n-2}^{\frac{\alpha}{2}} \hat{\sigma}_\varepsilon \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(x_i - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} + 1$$

Donc la valeur de y_{n+1} est contenue dans cette intervalle.

8 CONCLUSION

L'information quantitative est un support très important pour la prise de décision en économie. Les modèles utilisés en économétrie résument les informations des données que l'on suppose pertinentes. Des tels modèles aident à comprendre la relation entre les variables économiques et les effets possibles sur les décisions.

L'économétrie est un outil indispensable dans la gestion d'une entreprise pour trois raisons majeurs:

- La théorie économique ne donne pas souvent l'information quantitative dont on a besoin dans la prise des décisions pratiques.
- Les données quantitatives pertinentes sont disponibles presque dans toutes les disciplines économiques.
- Les modèles économiques sont étudiés ou analysés facilement par les techniques de l'économétrie comme support d'aides à la décision.

De nos jours l'économétrie forme un outil indispensable pour les modèles empiriques dans presque toutes les sciences économiques et de gestion. Dans les domaines tels que la finance et marketing, les données quantitatives sont rassemblées sur une base régulière, hebdomadaire, quotidienne, ou même chaque seconde.

L'économétrie est un champ interdisciplinaire, car elle utilise l'intelligence de l'économie de la gestion, de l'analyse des données, ... pour sélectionner les variables pertinentes afin d'être un support indispensable pour aider les gestionnaires à prendre des bonnes décisions.

Avec les exigences actuelles qu'impose la méthodologie économique, tout économiste ou gestionnaire a l'obligation d'être quantitativiste. Ce n'est qu'à ce prix qu'il sera capable de comprendre les faits et phénomènes sociaux qui influencent les conjonctures économiques.

REFERENCES

- [1] O., TORRES. *Introduction à l'économetrie "le modele de regression lineaire*. LILLE (France) : Univerté Charle-de-gaule LILLE III, Version du 30/11/2011.
- [2] Christiaan Heij, Paul de Boer, Philip Hans Franses, Teun Kloek, Herman K. van Dijk. *Econometric Methods with Applications in Business and Economics*. USA et UK : Oxford, 2004. ISBN 0-19-926801-0 3579108642.
- [3] BOUDJEMA, A. ZAKANE ET RACHID. *Revu d'économie et statistique appliquée. Numero 06 Mai 2006*. Editée par I.N.P.S, 2006, Vol. 145 page, 06.
- [4] Karamé, F. *Econométrie M1 Assurance et analyse financière*. Maine : Université du Maine, 2012.
- [5] JACQUEMET, BRUNO CREPON et NICOLAS. *Econometrie linéaire appliquée*. PARIS : s.n., 2006.
- [6] Bourbonnais, R. *Econométrie, Manuel et exercices corrigés*, Dunod, 2^{ème} édition, 1998
- [7] Hamisultane, Hélène. *Econometrie de serie temporelle*. PARIS : Univesité de paris II, 2010.
- [8] Rakotomalala, Ricco. *Regression linéire simple*.
- [9] VEYSSEYRE, RENNE. *Aide memoire de STATISTIQUES ET PROBABILITE APPLIQUEES pour l'ingenieur*. PARIS : Deuxième Edition DUNOD, 2001 et 2006. ISBN 2 10 049994 7.
- [10] Dodge, Y. Rousson. *Analyse de régression appliquée*, Dunod, 2^{ème} édition, 2004
- [11] Labrousse, C. *Introduction à l'économétrie, Maitrise d'économétrie*, Dunod, 1983
- [12] Christophe Hurlin, *master économétrie et statistique appliquée (ESA)*, Université d'Orléans, Econométrie et statistique non Paramétrique (Partie II), Année universitaire 2007-2008
- [13] Estelle Ouellet, *Guide d'économétrie appliquée pour Stata*, Université de Montréal, 2005
- [14] Shuyan LIU, *Notes de cours Econométrie*, Paris 2013-2014
- [15] Jean Marc Azais et Jean Bardet, *Le modèle linéaire par l'exemple : Régression, Analyse de la variance et Plans d'expérience illustrés avec R, SAS et S plus*, Dunod, 2006
- [16] Virginie Delsart, Arnaud Rys et Nicolas Vaneecloo, *Econométrie Théorie et application sous SAS*, Septentrion, 2009

Restoration of the glycoconjugates expression in the ventral prostate of androgen-deprived mice by dihydrotestosterone: A glycohistochemical study

F. AKIF¹ and F. GENTEN²

¹Centre Régional des Métiers d'Education et de Formation (CRMEF) Souss Massa Darea, B.P. 106 Avenue Moulay Abdellah Inezgane, Morocco

²Laboratoire de Biopathologie Vétérinaire, Faculté de Médecine, Université Libre de Bruxelles, 808 Route de Lennik, 1070 Bruxelles, 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: We investigated histochemically the expression of glycans in the mouse ventral prostate of the normal, castrated, castrated mice injected with testosterone (T) and castrated mice injected with dihydrotestosterone (DHT). The avidin-biotin-peroxidase complex technique was used with eight biotinylated lectins, on paraffin sections. Remarkably, contrarily to T, the DHT found to restore all the glycans in epithelial cells of ventral prostate. The histophysiological significance of the activation synthesis of glycoconjugates in mouse ventral prostate by DHT is discussed in the light of the other studies obtained mainly in humans.

KEYWORDS: Ventral prostate, lectins, Testosterone, Dihydrotestosterone, Glycohistochemistry.

1 INTRODUCTION

Glycoproteins play a crucial role in many biological processes namely pinocytosis, cell differentiation, cell recognition, adhesion, and in hormonal communication, they are also involved in pathological phenomena as tumorigenesis [1].

Multicellular organisms are characterized by an astonishing complexity of glycan chains. The only biochemical analysis is insufficient to grasp this complexity because it involves a tissue destruction masking the structural heterogeneity which extends down to the molecular level. Histochemistry, which is aimed at sections of organs, has the advantage of maintaining and revealing morphological relationships [2].

The use of lectins opens a new chapter in histochemistry named the glycohistochemistry. A lectin is “a protein or glycoprotein of non-immune origin, not an enzyme that binds to carbohydrates and agglutinates cells”. Lectins are carbohydrate-binding proteins, which are highly variable in their amino acid sequences, widely distributed in microorganisms, viruses, animals and higher plants [3], and with different functions, structures, tissue localizations and carbohydrate-binding specificities. Lectins can be used to detect carbohydrate structures on, or in, cells and tissues in much the same way that purified antibodies can be employed to detect cell- or tissue-bound antigens using immunocytochemistry [4].

Prostate cancer develops most frequently in men over fifty years. It is the second most common type of cancer in men after lung cancer; this justifies the tireless efforts of research to improve our knowledge on this subject.

Physiology, pathology and responsiveness of the prostate against an array of hormones have been well studied [5], [6]. According to Carson and Rittmaster [7], DHT plays a beneficial role in prostate development, but it can be detrimental in adults because it causes the pathological growth of the prostate.

The study of prostate glycoproteins is very important in order to elucidate the various aspects of this gland functioning. There are few studies which have investigated the effects of steroid hormones on the expression of glycoproteins at the prostatic epithelium cells [8]; and more, to our knowledge, no glycohistochemical study has focused on the expression of prostate glycoproteins in mouse after hormonal deprivation and injection of testosterone (T) or dihydrotestosterone (DHT). To this end we used a panel of biotinylated lectins on Bouin-fixed paraffin-embedded tissue sections [9], [10], [11], [12].

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 ANIMALS AND TISSUE PREPARATION

Sexually mature NMRI mice (8 weeks old) were castrated under sodium pentobarbital anaesthesia, and used for experiments eight weeks later. Ten castrated males are subject to hormonal administration for five days, each mice received 0.1 ml of hormone solution subcutaneously. Five males were treated with testosterone (T: 4-androsten-17 β -ol-3-one) in an amount of 5 μ g/g, five males received 1 μ g/g of dihydrotestosterone (DHT: 5 α -androstan-17 β -ol-3-one). T and DHT are prepared by dissolving them in ether adding the appropriate volume of corn oil. Before injection, the ether-oil-hormone solution is under the hood to evaporate the ether. The controls were: both castrated and normal males injected with oil only. Mice were sacrificed 24 hours after the last injection. Control mice (sham operated) were used at the same age. Mice were maintained on a regular photoperiod of 12 hour light-12 hour dark at 23°C. Animals were anaesthetized with ether. The accessory sex glands were exposed and bathed with the fixative during dissection. The prostates were removed, fixed in Bouin's solution, embedded in paraffin and sectioned at the thickness of 5 μ m. After dewaxing, Lectin histochemical staining was performed using the avidin-biotin method, following optimized procedures [9], [10], [11], [2], [12].

2.2 LECTIN HISTOCHEMISTRY

Eight types of biotinylated lectins were used. Their full names, abbreviation, natural sources, saccharide specificities and binding inhibitors are listed in table 1. After deparaffination, tissue sections were incubated in methanol/0.3% H₂O₂ for 30 min at room temperature to block endogenous peroxidase activity. Sections were then washed in PBS (phosphate-buffered saline, 0.15M NaCl containing 0.01M phosphate buffer, pH 7.3 $\pm$ 0.1) and incubated with biotinylated lectins (5 μ g/ml) for 10 min at room temperature. Then the sections were rinsed in PBS and incubated for 30 min with an avidin-biotin-peroxidase complex (ABC kit, Vector). After being washed with PBS, the sections were developed in 3,3'-diaminobenzidine 4HCl (DAB, Sigma)-H₂O₂ medium under microscopic control at room temperature to visualize the activity of peroxidase. The sections were rinsed with tap water, counterstained with haematoxylin, dehydrated, cleared and mounted with DPX. Controls for lectin binding included: 1- omission of the respective lectin; 2- omission of the ABC kit reagents; 3- incubation of the sections with lectin solutions to which 0.2-0.3M of the specific sugar (Table 1). In order to block nonspecific binding of biotin-avidin system reagents, sections were incubated with a blocking kit (vector lab) just prior to the addition of lectin conjugates.

The localization of lectin-specific carbohydrates in the tissues by the probes was examined with a light microscope. To estimate the intensity of the labelling in each cell site we use the following equation:

$$I = n^{-1} \sum_{i=1}^n S_n$$

I: Average intensity of labelling in each cell site.

n: Number of sites.

S_n: The labelling intensity in each site.

The intensity of binding was evaluated from absent (0) to very strong (3) (see table 2). To ensure the redundancy of our results, each experiment was repeated three times.

Table 1: Lectins used for histochemical characterization of glycans

Latin name	Lectin Symbol	Sugar residues or sequences recognized by lectins	Sugars found to inhibit histochemical binding
<i>Galanthus nivalis</i>	GNA	Man α (1-3)Man	Man
<i>Ulex europaeus</i>	UEA-I	Fuca(1-2)Gal	L-Fuc
<i>Sambucus nigra</i>	SNA	Neu5Ac α (2-6)Gal	Neu5Ac
<i>Maackia amurensis</i>	MAA	Neu5Ac α (2,3)Gal=Neu5Ac α (2,3)GalNac	Neu5Ac
<i>Arachis hypogaea</i>	PNA	Gal β (1-3)GalNac	Lactose
<i>Ricinus communis</i>	RCA-I	Gal β (1-4)GalNac	Gal
<i>Glycine max</i>	SBA	Terminal (α , β)GalNac	GalNac
<i>Succinylated Triticum vulgare</i>	s-WGA	GlcNac[β (1-4)GlcNac] ₁₋₂	GlcNAC

Abbreviations for the carbohydrates are as follows: GlcNac: N-acetylglucosamine, GalNac: N-acetylgalactosamine, Gal: galactose, Man: mannose, Glc: glucose, L-Fuc: fucose, Neu5Ac: neuraminic acid.

3 RESULTS

The results regarding the influence of castration on the expression of glycoconjugates in the prostatic epithelial cells are included in our paper [2]. To allow easy comparison of the different experimental cases, we present our results in Table 2.

Overview of binding sites of each biotinylated lectin at the level of prostatic epithelial cells of castrated mice treated with testosterone or dihydrotestosterone.

Effects of Testosterone injection to castrated mice:

Staining with the eight used lectins remains stable at the basement membrane after injection of 5 μ g/g of testosterone to castrated mice (Table 2).

At the apical region, we observe an increase of an α , β GalNac and Man α (1-3)Man expression as revealed by SBA and GNA, respectively.

The cytoplasmic staining is identical to that observed in normal males for all lectins except the staining with the RCA-I, which is more important during injection of testosterone.

The reactivity of epithelial cells with RCA-I (Fig. 1), UEA-I, SNA and MAA remains constant.

Effects of dihydrotestosterone injection to castrated mice:

If we consider the entire prostate epithelial cells after injection of DHT, we see the same expression as that observed in normal males of all glycoconjugates recognized by the used lectins. Furthermore the rate of prostatic epithelial cells expressing the synthesis of glycan chains is the same as that seen in normal males. There was a slight decrease in the synthesis of α , β GalNac recognized by the SBA in the cytoplasm.

Table 2: Semiquantitatively-determined intensity of lectin binding to the mouse ventral prostate epithelium.

Type of lectin	Normal males				Castrated males				Castrated males +5 μ g/g testosterone				Castrated males + 1 μ g/g dihydrotestosterone			
	AR	C	BM	%	AR	C	BM	%	AR	C	BM	%	AR	C	BM	%
GNA	1	2*	2/3	100	3	3-3*	2/3	100	3	2-2*	2/3	100	1	2*	2/3	100
UEA-I	2	1	1	100	2	1	1	100	2	1	1	100	2	1	1	100
SNA	0	0	2	0	2	0	2	30	0	0	2	0	0	0	2	0
MAA	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
PNA	1/2	0	1	10	3	0	1	100	1	0	1	10	1/2	0	1	10
RCA-I	2	1-1*	1	100	2	2-(2)	2	100	2	2-2*	1	100	2	1-1*	1	100
SBA	2	2	1	100	2	2	1	100	3	2*	1	100	2	1	1	100
s-WGA	1	0	1	100	1	0	1	100	1	2	1	100	1	0	1	100

AR: apical region (including microvilli); C: cytoplasm; BM: basement membrane; %: percentage of labeled cell; *: perinuclear labelling; n/n: variable reactivity in the same structure. Numbers indicate intensity on an estimated scale from 0 (unreactive) to 3 (strongly reative).

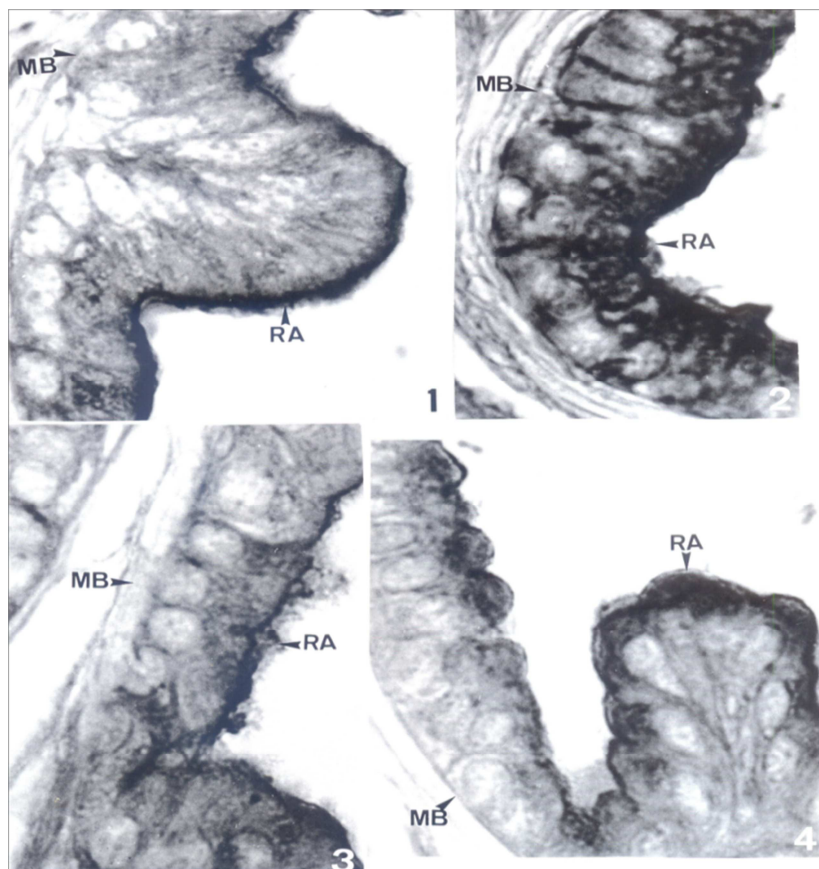


Fig 1: Binding sites of RCA-I in the ventral prostate of normal (1), castrated (2), castrated male injected with 5µg/g of testosterone (3) and castrated male injected with 1µg/g of dihydrotestosterone (4). No counterstaining X512.

4 DISCUSSION

The analysis of prostatic epithelial cells after castration shows that the nuclear and cytoplasmic volumes decrease. These cells do not change uniformly in a single glandular cell. The non-uniform regression of alveolar prostate cells after castration indicates that these cells do not exhibit the same sensitivity to androgens. Also we can imagine an unequal distribution of androgen receptors between cells. Analyzing the immunohistochemical work of Wernet et al., [13], it is easy to observe the non-uniformity of the distribution of these receptors in prostate cells. The inhibition of the activity of these receptors, may delay the progression of prostate cancer [14]. It is well known that the depletion of androgens induces apoptosis in normal prostate and early in prostate cancer, and causes a rapid regression of the gland or tumor [15], [16]. However, after some time, the prostate cancer becomes in an androgen-independent form [17].

Histologically, prostatic epithelium is composed of two distinct cell types. The luminal cells of the epitheliums which are highly differentiated because of being specialized in the secretory functions. These cells are very sensitive to variations of androgen. In contrast to epithelial cells, the basal cells are less differentiated and insensitive to androgens [18].

In all experimental cases, the expression of glycoconjugates at the basement membrane remains constant. Furthermore no negative reaction was observed in these structures (Table 2). From this result, we can conclude that the addition of the glycan chains in these structures is androgen-independent. Observations made by English et al., [19], are close to ours. In fact, only the epithelial cells of the ventral prostate are androgen-dependent.

The importance of basement membranes is considerable, as evidenced by the variety of infections that reach them. They contain a particular type IV collagen which is rich in glycoproteins with high levels of mannose, galactose and sialic acid [20]. In addition, the degradation of the basement membrane is an important event that characterizes prostate cancer [21].

The staining, moderate to strong, of the basement membrane by different lectins indicates its wealth into N- and O-linked oligosaccharides. GNA, SNA and RCA-I have a strong affinity against these structures, indicating the presence of significant concentrations of Man α (1-3)Man, Neu5Ac α (2-6)Gal and Gal β (1-4)GalNAc respectively.

In normal males, the staining obtained with different lectins in microvilli and apical epithelial cells shows that the N- and O-linked oligosaccharides are produced in these compartments. In addition, the absence of labelling with the SNA and MAA indicates that the apical region is devoid of sialic acid; this is in agreement with the study of Saldova, et al., [22] who argue that the level of α (2-3)-linked sialic acids were significantly increased in prostate cancer patients compared with patients with benign prostate hyperplasia. Castration induces the synthesis of the glycan chains carrying the Neu5Ac α (2-6)Gal residue recognized by SNA; thus injection of the T or DHT to castrated mice abolishes this synthesis at the apical epithelial cells. From these results it can be concluded that androgens have an inhibitory effect on the expression of Neu5Ac α (2-6)Gal. Our results are in agreement with those of Chan and Yong [23], obtained by analyzing the glycocalyx of the epithelial cells of the ventral prostate guinea pig. Once again there is a remarkable specificity of the two lectins (*Sambucus nigra*: SNA and *Maackia amurensis*: MAA); Indeed, the absence of labelling with the MAA and moderate labelling with SNA in apical epithelial cells of the ventral prostate in castrated mice, indicate the absence of Neu5Ac α (2-3)Gal disaccharide and the presence of a high rate of Neu5Ac α (2-6)Gal.

In control males, the apical region of the prostate cells is rich in Fuca α (1-2)Gal, Gal β (1-3)GalNAc, Gal β (1-4)GalNAc and (α , β)GalNAc as shown by the staining with UEA-I, PNA, RCA-I and SBA respectively; the injecting of one μ g/g of DHT to castrated mice restores the synthesis of these glycan chains.

In this study, the labelling with RCA-I (Fig. 1) and the GNA is mainly localized in the region perinuclear epithelial cells of the ventral prostate. It has been shown that this region corresponds to the Golgi apparatus. Our observation is in agreement with the ultrastructural results of Chang and Youg [23], which have localized the labelling with Con-A and RCA-I at the Golgi cisternae. In the cytoplasm, they are the only oligosaccharides (specific GNA and RCA-I) which are activated after castration; furthermore, the expression of other glycan chains remains constant even after the hormonal changes. This is probably due to activation after castration of mannosyltransferases and galactosyltransferases. These enzymes are responsible for the transfer of galactose and mannose residues on the terminal oligosaccharide chains. The treatment of mice castrated by DHT restores the expression of these two enzymes.

5 CONCLUSION

Based on our findings of the revelation of prostate glycoprotein by the eight lectins, two major observations can be discerned. First, a neosynthesis of glycoproteins after castration, second, the DHT compared to T seems to be the most effective hormone to restore the expression of several glycoconjugates in mouse prostatic epithelial cells after hormonal deprivation.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by grants from the "Fonds National de la Recherche Scientifique" (F.N.R.S.), Belgique.

REFERENCES

- [1]. C. Couldrey, J.E. Green, "Metastases: the glycan connection", *Breast Cancer Res.* **2**, pp. 321-323, 2000.
- [2]. A. Danguy, F. Akif, B. Pajak, H.J. Gabius, "Contribution of carbohydrate histochemistry to glycobiology". *Histol. Histopath.* **9**, pp. 155-171, 1994.
- [3]. I.J., Goldstein, R.C. Hughes, M. Monsigny, T. Osawa, N. Sharon, "What should be called a lectin?" *Nature*, **285**, pp. 66, 1980.
- [4]. M.D. Harry, S. Cooper, "Lectins as probes in histochemistry and immunohistochemistry: The peanut (*Arachis hypogaea*) lectin". *Human Pathology*, vol. **15**, no. **10** pp. 904-906, 1984.
- [5]. K.L. Cooper, J.M. McKiernan, S.A. Kaplan, "Alpha-adrenoreceptor antagonists in the treatment of benign prostatic hyperplasia". *Drugs*, **57**, pp. 9-17, 1999.
- [6]. S.W. Hayward, G.R. Cunha, "The prostate: development and physiology". *Radiol. Clin. North Am.* Vol. **38**, no **1**, pp. 1-14, 2000.
- [7]. C. Carson, R. Rittmaster, "The role of dihydrotestosterone in benign prostatic hyperplasia". *Urology*, vol **61**, no. **4**, pp. 2-7, 2003.

- [8]. G.R. Cunha, W. Rickea, et al., "Hormonal, cellular, and molecular regulation of normal and neoplastic prostatic development". *The J. of Ster. Biochem. Molec. Biol.* vol. 92 no. 4, pp. 221-236, 2004.
- [9]. F. Akif, H.J. Gabius, A. Danguy, "Estrous cycle-related alterations in the expression of glycoconjugates and lectins in the mouse endometrium shown histochemically". *Tissue and Cell*, 27, pp. 197-206, 1995.
- [10]. F. Akif, H.J. Gabius, A. Danguy, "Androgen status and expression of glycoconjugates and lectins in the epithelial cells of the mouse ventral prostate". A glycohistochemical approach. *Histol. Histopath.* 9, pp. 705-713, 1994.
- [11]. F. Akif, H.J. Gabius, A. Danguy, "Effects of castration and thyroidectomy on expression of lectin-binding sugar moieties and endolectins in mouse submandibular glands. A glycohistochemical study". *In vivo* 7, pp. 37-44, 1993.
- [12]. F. Genten, A. Danguy, "Comparative lectin histochemical characterization of fish and anuran skin extracellular matrices"; *European archives of biology*, vol. 101, no. 2, pp. 133-152, 1990.
- [13]. N. Wernert, J. Gerdes, V. Loy, G. Seitz, O. Scherr, G. Dhom, "Investigations of the estrogen (ER-ICA-test) and the progesterone receptor in the prostate and prostatic carcinoma on immunohistochemical basis". *Virchows Archiv. A.* vol. 412 no. 4, pp. 387-391, 1988.
- [14]. C.A. Heinlein, C. Chang, "Androgen receptor in prostate cancer". *Endocr. Rev.* vol. 25, no. 2, pp. 276-308, 2004.
- [15]. J.D. Debes, D.J. Tindall, "The role of androgens and the androgen receptor in prostate cancer". *Cancer Lett.* 187, pp. 1-7, 2002.
- [16]. H. Miyamoto, E.M. Messing, C. Chang, "Androgen deprivation therapy for prostate cancer: current status and future prospects". *The Prostate* 61, pp. 332-353, 2004.
- [17]. J.T. Arnold, J.T. Isaacs, "Mechanisms involved in the progression of androgen-independent prostate cancers: it is not only the cancer cell's fault". *Endocr. Relat. Cancer* 9, pp. 61-73, 2002.
- [18]. H. English, R.J. Santen, J. Drago, "Cellular response to androgen depletion and repletion in the rat ventral prostate: Autoradiography and morphometric analysis". *The Prostate*, vol. 7, no. 1, pp. 41-51, 1985.
- [19]. H.F. English, N. Kyprianou, J.T. Isaacs, "Relationship between DNA fragmentation and apoptosis in the programmed Cell Death in the Rat Prostate Following Castration". *The Prostate* 15, pp. 233-250, 1989.
- [20]. N. Kefalides "Chemical properties of basement membranes". *Int. Rev. Exp. Path.* 10, pp. 1-39, 1971.
- [21]. M.A. Kosir, M.D. Wenlian, et al., "Degradation of Basement Membrane by Prostate Tumor Heparanase". *J. Surgical Research*, vol. 81, no. 1, pp. 42-47, 1999.
- [22]. R. Saldiva, Y. Fan, J.M. Fitzpatrick, R.W. Watson, P.M. Rudd, "Core fucosylation and α 2-3 sialylation in serum N-glycome is significantly increased in prostate cancer comparing to benign prostate hyperplasia". *Glycobiology* 21, pp. 195-105, 2010.
- [23]. L. Chan, Y.C. Wong, "Localization of prostatic glycoconjugates by the lectin-gold method". *Acta. Anat.* 143, pp. 27-40, 1992.

Les déterminants de la qualité perçue dans la relation de service: Application aux Services Publics à Caractère Commercial et Industriel (SPIC)

[Determinants of perceived quality in the service Relationship: Application to the commercial and industrial utilities]

Charaf SAIDI¹ and Bouchra El ABBADI²

¹National School of Commerce and Management,
Abdelmalek Essaâdi University,
Tangier, Morocco

²National 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, on the border of the public management and marketing, discusses the customer relationship in a particular field which is the industrial and commercial utilities. It is the subject of theoretical and empirical research on the utilities management, centered on the consideration of users/customer expectations and its consequences on the feeling of satisfaction / dissatisfaction. Based on the methodological paradigm of Churchill and the Larcker and Fornell procedure, our goal through this work, is to understand the factors that explain this feeling and build a model of the perceived quality in context of utilities. Those factors may help utilities managers, operators or organizers, to define the appropriate quality approaches.

KEYWORDS: service relationship - Management of utilities - Perceived Quality – Satisfaction.

RESUME: Cet article, à la frontière du management des services publics et du marketing, traite la relation client dans un champ particulier qui est le champ des services publics à caractère industriel et commercial (SPIC). Il fait l'objet de recherches théoriques et empiriques sur le management des SPIC, centrées sur la prise en compte des attentes des usagers/clients et ses conséquences sur le sentiment de satisfaction/insatisfaction. S'appuyant sur le paradigme méthodologique de Churchill couplé à la procédure de Larcker et Fornell, notre objectif à travers ce travail est d'appréhender les facteurs explicatifs de ce sentiment et de construire une batterie de déterminants de la qualité perçue par les usagers/clients dans une relation de SPIC. Lesdits déterminants pourront servir aux managers des services publics, opérateurs ou organisateurs, dans la définition des démarches qualité à bon escient.

MOTS-CLEFS: Relation de service - Management des Services Publics - Qualité Perçue – Satisfaction.

1 INTRODUCTION

La qualité de service est devenue un domaine majeur qui accapare l'attention des praticiens, gestionnaires et chercheurs en raison de son fort impact sur la performance des entreprises, la réduction des coûts, la satisfaction des clients et la

rentabilité [1]. Plusieurs recherches se sont succédées portant sur la définition du concept de la qualité perçue, la modélisation de ses déterminants, sa mesure, les procédures de collecte et d'analyse des données, etc. Lesdites recherches, compte tenu de leurs apports en matière de mise à jour des connaissances, constituent une base solide pour la communauté des chercheurs [2].

2 CONTEXTE ET OBJECTIF

L'évolution des modes de gestion des SPIC, notamment avec l'externalisation de la gestion, a contribué d'une part au changement du statut de l'utilisateur/citoyen qui est devenu « client » et d'autre part, au développement d'un sentiment d'insatisfaction, notamment lorsqu'il s'agit de transférer des missions de l'État au secteur marchand. L'intervention des managers et responsables, directement ou indirectement, des services publics ne se justifie plus uniquement par l'intérêt général, mais aussi par l'obligation de satisfaire les attentes des usagers qui passe par le canal de la qualité des services. Cette dernière requiert de la part des managers des services publics, opérateurs et organisateurs, une compréhension de la manière dont le client perçoit-il la qualité perçue, et des facteurs qui peuvent influencer cette perception.

Ainsi, considérant les SPIC dans leur dimension marchande, nous allons essayer dans cet article de construire un modèle des déterminants de la qualité perçue dans une relation de service dans le contexte des SPIC. La qualité du service est multidimensionnelle ; c'est pourquoi nous nous focalisons sur l'étude des travaux relatifs à la dimensionnalité de la qualité perçue et les outils de mesure associés. À partir d'une revue de littérature issue des travaux de marketing des services et nous référant à la dimension marchande des SPIC, nous tentons alors de répondre à la question de notre recherche suivante :

Considérant la dimension marchande d'un SPIC, quels sont les déterminants de la qualité perçue prédictifs de la satisfaction?

À terme de cet article, notre contribution sera double. D'une part, le modèle proposé représente un enrichissement et un prolongement des travaux sur la qualité perçue et son effet sur la satisfaction des clients. D'autre part, cet article porte des renseignements aux managers des SPIC, organisateurs et opérateurs, sur les déterminants permettant une bonne gestion de la relation de service, une meilleure compréhension de la qualité perçue et une amélioration de l'organisation et de son offre. Partant de ces objectifs, l'hypothèse générale de cette recherche est la suivante :

H_g : Les déterminants de la qualité perçue dans une relation de service d'un SPIC influencent positivement la satisfaction des clients.

3 LE CADRE CONCEPTUEL

3.1 LES CONDITIONS DE LA RELATION DE SERVICE : LE MODÈLE DE LA SERVUCTION

En règle générale, beaucoup de recherches ont convenu que la qualité du service est en fait la qualité perçue par les clients [3]. Cette dernière apparaît d'emblée, comme un enjeu interne à l'organisation. La conduite du changement s'appuie de plus en plus sur les observations des clients. Ainsi, l'objectif de satisfaction de ses derniers se focalise de plus en plus sur l'amélioration des conditions de la relation de service ou « la servuction ». Cette dernière est définie par Eiglier et Langeard [4] comme une organisation systémique et cohérente de tous les éléments physiques et humains de l'interface client-entreprise, nécessaires à la réalisation d'une prestation de service.

3.2 LES MODÈLES DE BASE DE LA QUALITÉ PERÇUE D'UN SERVICE

Les premiers instruments de mesure de la qualité de service ont été développés par Grönroos [5] et Parasuraman et al [6]. Leurs travaux ([5], [7], [8], [6] [9]) constituent des apports majeurs dans le champ de l'évaluation des services. Ces auteurs tentaient en particulier d'expliquer l'évaluation du client par la décomposition de l'expérience de service en grandes dimensions.

Ainsi, Grönroos (1984) a proposé un modèle tridimensionnel de la qualité perçue tandis que Parasuraman et al. (1988) ont proposé le modèle de SERVQUAL en cinq dimensions. D'autres auteurs ont développé des modèles en se basant sur les modèles d'origine tout en critiquant ces derniers. Ils ont contribué ainsi à la fécondation des recherches dans le champ du marketing. Toutefois, le modèle SERVQUAL reste le plus populaire dans la littérature, et ce en dépit des critiques qu'il a subies en matière de son applicabilité dans les différentes industries [10].

Les travaux de Grönroose [5] ont permis d'identifier trois composantes de la qualité de service:

1. La qualité technique (la performance technique) : c'est la qualité de ce que le client reçoit effectivement lors de sa transaction avec l'entreprise de services et qui revêt une importance capitale pour lui dans l'évaluation de la qualité de service ;
2. La qualité fonctionnelle (la perception du client sur la réalisation du service): elle renvoie à la façon dont le client obtient le résultat technique. Ceci est important pour lui et pour sa perception du service reçu ;
3. La qualité de l'image de l'entreprise: elle est construite à la fois par la qualité technique et fonctionnelle de service y compris les autres facteurs externes (la tradition, l'idéologie, le bouche-à-oreille, les tarifs, relations publiques...).

Ces trois composantes sont schématisées dans la figure suivante représentant le modèle de la qualité perçue adapté de Grönroose [5].

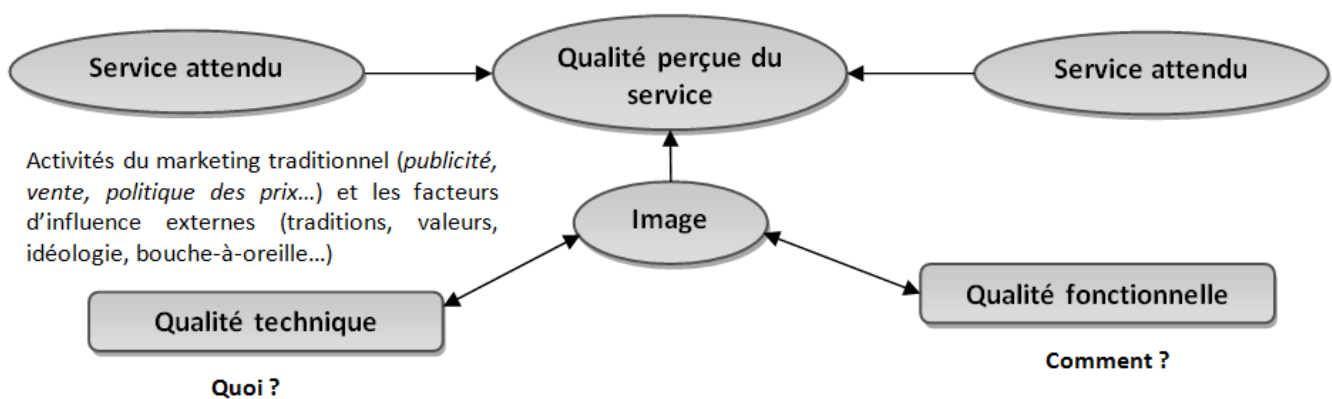


Fig. 1. Le modèle de la qualité de service de Grönroose [5]

Source : adapté de Grönroose [5]

Quant à l'échelle **SERVQUAL** à 5 dimensions de Parasuraman et al [6], elle a été développée pour mesurer la qualité perçue d'un service, et a regroupé les dimensions de la qualité perçue d'un service en 5 dimensions suivantes:

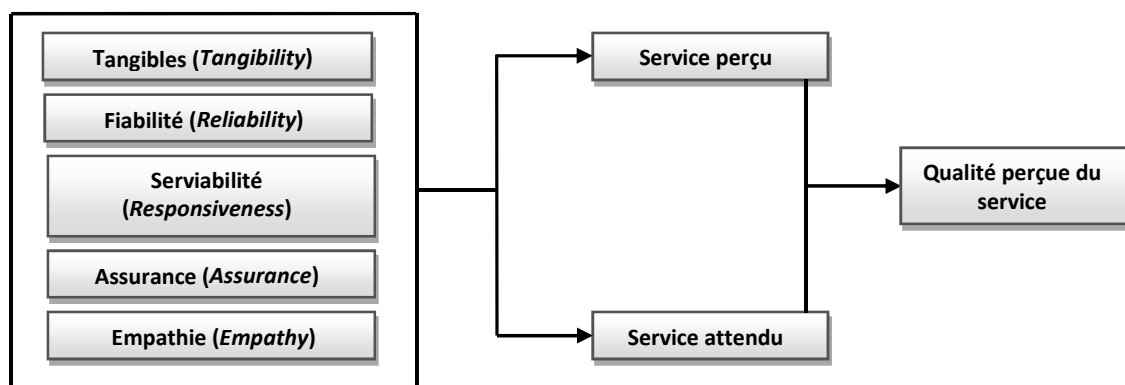


Fig. 2. le modèle SERVQUAL de Parasuraman et al. [6]

À la fin de cette revue de littérature, il convient de rappeler que l'échelle SERVQUAL, bien qu'elle soit critiquée par plusieurs auteurs, constitue jusqu'à présent la base de développement des échelles utilisée par la majorité des chercheurs.

En effet, un consensus semble établi autour de la nécessité d'adapter les mesures de la qualité perçue aux services étudiés. C'est l'approche adaptée dans cet article.

4 CHOIX MÉTHODOLOGIQUES ET DÉMARCHES D'INVESTIGATION

4.1 JUSTIFICATION DU CHOIX DE LA CATÉGORIE DES SPIC ET DU TERRAIN D'ÉTUDE

Nous avons choisi d'opérationnaliser le cadre conceptuel de cette recherche dans le secteur des SPIC d'eau potable et d'assainissement. Ce choix est justifié par plusieurs considérations:

D'une part, ces services 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.

D'autre part, 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.

4.2 APPROCHES MÉTHODOLOGIQUES DE CONSTRUCTION ET DE VALIDATION DES DÉTERMINANTS DE LA QUALITÉ PERÇUE DANS UNE RELATION DE SERVICE D'UN SPIC

Pour atteindre les objectifs de cette recherche, nous avons opté pour la procédure proposée par Churchill [11], [12] comme démarche méthodologique de développement des outils de mesures nécessaires à la construction de notre modèle. Dans ce qui suit, une description des principales approches méthodologiques poursuivies pour le développement des mesures de la qualité perçue d'un SPIC dans une relation de service.

4.2.1 MÉTHODOLOGIE DE GÉNÉRATION DES ITEMS ET DE RECUEIL DES DONNÉES PRIMAIRES

4.2.1.1 MÉTHODOLOGIE DE GÉNÉRATION DES ITEMS

Les items servant à l'opérationnalisation du principal construit de cette recherche (la qualité perçue) ont été développés à partir de la revue de la littérature et une étude qualitative préalable à une étude quantitative:

En ce qui concerne la revue de littérature, l'échelle SERVQUAL développée par Parasuraman et al. [6] est utilisée par la quasi-totalité des chercheurs dans le domaine de la qualité perçue. Nous nous sommes servis de cette échelle pour le développement de notre outil de mesure. L'objectif est de respecter le principe de précaution en testant cette échelle, développée dans une sphère purement marchande, dans le champ des services publics à caractère industriel et commercial.

Ensuite, et pour compléter notre cadre théorique, une étude qualitative a été réalisée à deux niveaux. Le premier a porté sur une analyse documentaire concernant la documentation interne de quelques entreprises chargées de la gestion des SPIC. Le deuxième a concerné des entretiens semi-directifs réalisés auprès de 11 responsables d'associations œuvrant dans les domaines des services publics et de développement durable. Après analyse de contenu des textes obtenus, et codification complémentaire à celle de la revue de littérature, nous avons pu compléter, rectifier ou encore enrichir les variables et les items issus de la revue de littérature.

4.2.1.2 MÉTHODOLOGIE DE RECUEIL DES DONNÉES PAR ENQUÊTE

Pour l'enquête quantitative et le recueil des informations primaires du terrain, nous nous sommes servis d'un questionnaire structuré et fermé comme support de collecte des données. Il est composé de trois parties. La première partie (9 questions) concerne des questions adaptées de l'échelle SERVQUAL. La deuxième a trait à des questions spécifiques aux services étudiés. Ces questions, qui sont au nombre de 6, se rapportent au volet technique des services d'eau potable et

d'assainissement. Ensuite, deux questions concernant l'évaluation globale de la satisfaction ont été insérées. Enfin des données personnelles relatives aux profils des répondants et à la catégorie socioprofessionnelle ont été demandées.

En outre, le questionnaire servant de base de collecte des données du terrain a été administré de trois manières : soit avec la méthode de face à face à l'entrée des agences commerciales des prestataires de services concernés, soit par une distribution à domicile avec un deuxième passage pour la récupération du questionnaire rempli (et éventuellement porter plus d'éclaircissements sur les questions ambiguës), soit à l'aide de la messagerie électronique. Nous avons pu avoir dans la première collecte 290 questionnaires exploitables parmi les 850 distribués, soit un taux de retour de 34 %. Quant à la deuxième collecte, 322 questionnaires exploitables ont pu être collectés parmi les 980 distribués soit un taux de retour de 33 %.

Il est évident que cet échantillon n'est pas représentatif, mais n'est pas rédhitoire quant à la validité de cette recherche dans la mesure où notre finalité n'est pas d'établir une norme, mais bien de comprendre les déterminants de la qualité perçue prédictifs de la satisfaction. En fait, notre recherche est orientée vers la solidité théorique des résultats et non leur généralisation à toute la population.

4.2.2 MÉTHODOLOGIES DE PURIFICATION ET DE VALIDATION DES STRUCTURES FACTORIELLES EXPLORÉES

Les travaux de purification visent à éliminer les items ayant une faible restitution afin de réduire l'erreur aléatoire [13]. Pour ce faire, nous avons effectué des analyses en composantes principales (ACP) sur les données collectées lors de la première collecte, et ce pour en dégager la structure factorielle. Les tests préalables de KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) et de sphéricité de Bartlett permettent de vérifier, préalablement à l'ACP, la faisabilité d'une telle analyse.

Quant à l'étude de fiabilité de l'échelle, nous nous sommes servis du coefficient Alpha de Cronbach que propose SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*). Ce coefficient permet de vérifier si les énoncés partagent des notions communes et si chaque item présente une cohérence avec l'ensemble des autres énoncés de l'échelle. Alpha est jugé acceptable au seuil de 0,5 et 0,6 [14]. Toutefois, les niveaux recommandés pour juger de la satisfaction d'Alpha sont de 0,6 pour une recherche exploratoire et 0,8 pour une recherche appliquée [15], [16].

4.2.3 MÉTHODOLOGIE DE CONFIRMATION ET VALIDATION DES DÉTERMINANTS DE LA QUALITÉ PERÇUE D'UN SPIC

La confirmation des déterminants explorés lors de la première phase du paradigme de Churchill, a été établie par :

- Une étude de stabilité de la structure factorielle, et ce à travers une nouvelle collecte de données et les ACP sous-jacentes ;
- La réalisation d'une analyse factorielle confirmatoire à l'aide de SPSS-AMOS.20 et les évaluations de l'ajustement du modèle aux données à travers les indices les plus répandus en la matière, à savoir les indices absolus, les indices de parcimonie et les indices d'incrémentation ;
- L'estimation de la fiabilité de l'instrument à travers le Rho (ρ) Jöreskog qui est jugé plus fiable que α de Cronbach, car n'il n'est pas sensible au nombre d'items ;
- Et l'Estimation de la validité de l'instrument en poursuivant la procédure de Larcker et Fornell, et ce à travers l'étude de la validité convergente (ρ_{VC}) et la validité discriminante (R_{ij}^2).

4.2.4 MÉTHODOLOGIE D'ÉTUDE DE L'INFLUENCE DES DÉTERMINANTS DE LA QUALITÉ PERÇUE SUR LA SATISFACTION DANS UNE RELATION DE SERVICE D'UN SPIC

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 [17]. La modélisation par les équations structurelles (MES) permet de tester les relations entre les variables latentes du modèle structurel qui a été élaboré. Il s'agit dans notre recherche de tester la relation entre les variables exogènes latentes représentant les déterminants de la qualité perçue d'un SPIC et la variable endogène « la satisfaction ».

La modélisation par équations structurelles sous AMOS, permet de calculer le coefficient CR (*Critical Ratio*) comme suit:

$$CR = \frac{\text{Estimate}}{\text{Standard Error (SE)}}$$

L'erreur standard (S.E en anglais *Standard Error*) est une estimation de l'écart type lié à l'erreur de la mesure du coefficient de régression. Elle doit être la plus faible possible par rapport au coefficient estimé (Estimate). Le CR qui est

identique au test de Student permet d'évaluer l'écart entre le coefficient estimé et son erreur. Plus ce rapport est élevé et plus ce coefficient est significatif. **Il doit être au moins supérieur à 1.96 pour qu'on ait une relation significative**). La significativité de ce coefficient 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.

5 PRÉSENTATION ET DISCUSSION DES RÉSULTATS DE LA RECHERCHE

5.1 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS DE PURIFICATION APRÈS LA PREMIÈRE COLLECTE

L'étude factorielle et la procédure de purification poursuivie visent à diminuer le nombre de facteurs d'évaluation de la qualité des SPIC tout en améliorant la qualité psychométrique de l'instrument de mesure. Lors de la première étape de l'épuration, l'étude de fiabilité qui met en exergue un alpha de Cronbach de 0,843 montre que 4 items ne sont pas compatibles avec l'ensemble des variables. De ce fait, le coefficient alpha de Crocbach pourra être meilleur et conséquemment l'échelle sera plus valide si ces items sont supprimés. Il s'agit des items suivants:

1. L'item n° 5 « Fiabilité des traitements » dont la suppression augmentera l'alpha de Crocbach à 0,847 ;
2. L'item n° 13 « Informations sur qualité de l'eau » dont la suppression augmentera l'alpha de Crocbach à 0,844 ;
3. L'item n° 14 « Rapidité d'intervention Eau potable » dont la suppression augmentera l'alpha de Crocbach à 0,849 ;
4. Et l'item n° 15 « Rapidité d'intervention Assainissement » dont la suppression augmentera l'alpha de Cronbach à 0,850 ;

Ensuite, après suppression des 4 items ci-dessus mentionnés, une seconde étude a été réalisée sur les 11 items restants mesurant la qualité perçue par les usagers des SPIC dans le contexte des SPEA d'eau et d'assainissement. Suivant la même procédure, cette étude a permis de faire émerger 3 facteurs (valeur propre supérieure à 1), restituant environ 71,91 % de l'information.

De la même manière que l'étape précédente, l'étude de fiabilité met en exergue un alpha de Crocbach de **0,870**. Ce coefficient pourra être amélioré si trois autres items ont été éliminés. Il s'agit des items suivants:

1. L'item n° 4 « Respect des délais » dont la suppression augmentera l'alpha de Cronbach à 0.874 ;
2. L'item n° 11 « Remise en état des lieux » dont la suppression augmentera l'alpha de Crocbach à 0.875 ;
3. Et l'item n° 12 « Qualité de l'eau » dont la suppression augmentera l'alpha de Crocbach à 0,871 ;

Enfin, après le processus d'épuration, cette étude exploratoire a abouti à l'identification de deux facteurs (dimensions) de la qualité perçue dans la relation de service des SPIC dans le contexte des services publics d'eau et d'assainissement. Le tableau 1 ci-après reprend d'une manière synthétique la structure factorielle des deux dimensions explorées à partir de première collecte.

Tableau 1 : Les déterminants fonctionnels de la qualité perçue d'un SPIC dans le contexte des SPEA

Composantes et variables	Coefficients	Variance en %	
		Réelle*	Interne
COMPOSANTE 1 : Les conditions d'accueil		56,27	72,63
1. Qualité des équipements	0,930		
2. propreté/Distinction du personnel	0,929		
3. Gestion de l'affluence	0,928		
4. Intérêt accordé à la serviabilité	0,500		
COMPOSANTE 2 : Le personnel de contact		21,20	27,37
1. Courtoisie du personnel	0,928		
2. Compétence du personnel	0,891		
3. Confiance au personnel	0,887		
4. Vigilance du personnel aux chantiers	0,546		
Total		77,47	100

(*) Variance exprimée avant la rotation des composantes.

5.2 PRESENTATION DES RESULTATS CONFIRMATOIRES APRES LA DEUXIEME COLLECTE

5.2.1 ÉTUDE DE LA STABILITÉ DE LA STRUCTURE FACTORIELLE DES DÉTERMINANTS DE LA QUALITÉ PERÇUE D'UN SPIC

L'étude réalisée sur les 8 variables composant l'échelle de la qualité perçue par les clients des SPIC dans le contexte des SPEA a permis de faire émerger 2 facteurs (valeur propre supérieure à 1), restituant **84,66 %** de l'information. Le tableau 2 ci-après, synthétise la structure factorielle du modèle des déterminants de la qualité perçue par les usagers d'un SPIC d'eau et d'assainissement, et ce après la deuxième collecte.

Tableau 2 : Les déterminants du modèle fonctionnel de la qualité perçue d'un SPIC dans le contexte des SPEA (deuxième étude)

Composantes et variables	Coefficients	Variance en %	
		Réelle*	Interne
COMPOSANTE 1 : Les conditions d'accueil		59,90	70,75
1. propreté/Distinction du personnel	0,939		
2. Gestion de l'affluence	0,920		
3. Qualité des équipements	0,902		
4. Intérêt accordé à la serviabilité	0,876		
COMPOSANTE 2 : Le personnel de contact		24,76	29,25
1. Courtoisie du personnel	0,916		
2. Vigilance du personnel aux chantiers	0,894		
3. Confiance au personnel	0,883		
4. Compétence du personnel	0,860		
Total		84,66	100

(*) Variance exprimée avant la rotation des composantes.

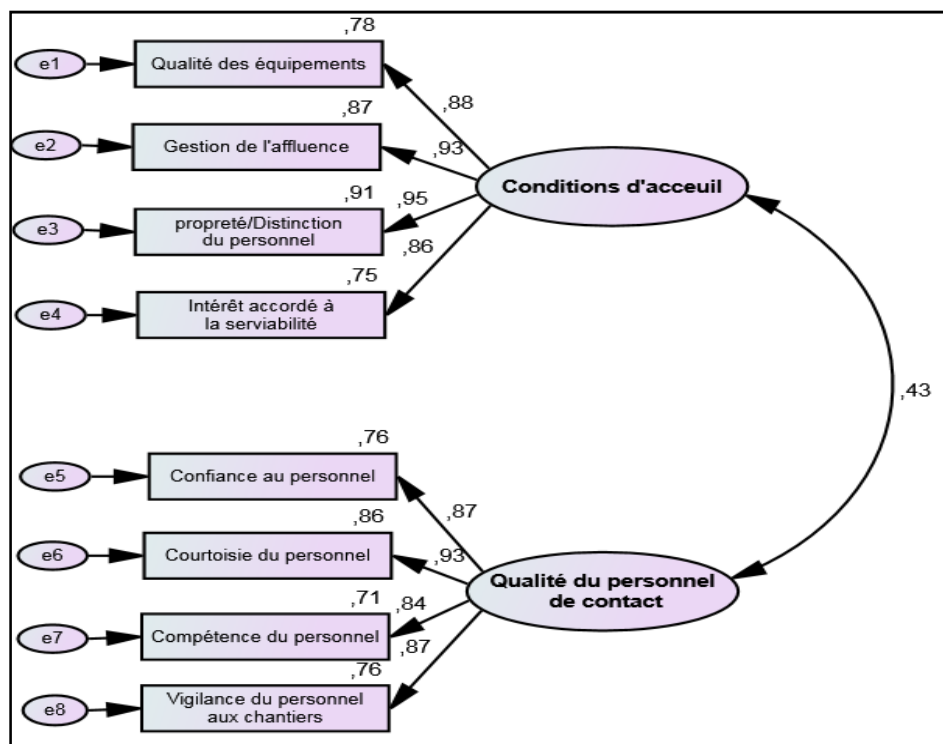
Quant à l'étude de la cohérence interne des déterminants du modèle sociétal de la qualité perçue d'un SPIC, et s'agissant d'une ACP, on se limite dans cette étape au test « Alpha » de Cronbach que propose SPSS comme méthode d'analyse de la validité de l'échelle des déterminants de la qualité sociétale.

Le modèle des déterminants de la qualité des SPIC présente 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 deux déterminants séparément présentent un alpha de **0,948** pour les variables mesurant « **les conditions d'accueil** », et **0,929** pour les variables mesurant la « **qualité du personnel de contact** ». Ces coefficients nous ont permis de 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.

5.2.2 RESULTATS DE L'ANALYSE FACTORIELLE CONFIRMATOIRE

L'analyse factorielle confirmatoire a été réalisée à partir d'un modèle de deux facteurs engendrés de l'étude factorielle. Ces deux facteurs expliquent 8 variables observées suite à la procédure de purification. Les résultats de l'AFC sont décrits dans la figure 5 suivante:



Source: SPSS.AMOS.20

Fig. 3. Résultats de l'AFC des déterminants de la qualité perçue d'un SPIC

L'évaluation de la qualité de l'ajustement du modèle aux données se présente comme suit :

5.2.2.1 ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE L'AJUSTEMENT DU MODÈLE GLOBAL

Les indices d'ajustement du modèle aux données sont satisfaisants (CFI = 0.982; GFI = 0.956, AGFI = 0.916, RMR = 0.031, RMSEA = 0.071, AIC modèle indépendant = 96,984 > AIC du modèle = 2497,904). Le tableau 3 ci-après décrit les indices retenus pour l'évaluation de la qualité de l'ajustement du modèle global.

Tableau 3 : Évaluation de la qualité d'ajustement du modèle global de la qualité perçue dans un SPIC

Type d'indice	Indices	Valeurs souhaitées	Valeur du modèle
Indices absolus	χ^2	+ petite possible (voir p associé)	62,984 Probability level = 0,000
	GFI,	> 0.90	0,956
	AGFI,	> 0.90	0,916
	RMR standardisé	< 0.05	0,031
	RMSEA	< 0.08 ou mieux < 0.05	0,071
Indices incrémentaux	NFI	> 0.90	0,975
	CFI	> 0.90	0,982
Indices de parcimonie	χ^2 normé (Raport Chi2/dl)	+ petite possible, entre 1, 2-3, voire 5	3,315
	AIC	+ petite possible (comparaison)	2497,904 ; 96,984

En outre le tableau 4 montre que la structure factorielle de l'échelle est confirmée: tous les loadings (λ_i) sont satisfaisants ($\lambda_i > 0,7$) et les SMC $> 0,5$.

Tableau 4 : Résultats de l'analyse factorielle confirmatoire de l'échelle du modèle fonctionnel de qualité à 2 dimensions

Items	Maximum de vraisemblance		Bootstrap avec maximum de vraisemblance	
	λ_i	SMC	λ_i	SMC
CONDITIONS D'ACCUEIL				
Intérêt accordé à la serviabilité	0,863	0,746	0,863	0,745
propreté/Distinction du personnel	0,952	0,906	0,952	0,907
Gestion de l'affluence	0,931	0,867	0,931	0,867
Qualité des équipements	0,883	0,779	0,882	0,779
QUALITÉ DU PERSONNEL DE CONTACT				
Vigilance du personnel au chantier	0,870	0,756	0,869	0,756
Compétence du personnel	0,841	0,708	0,841	0,709
Courtoisie du personnel	0,926	0,857	0,926	0,857
Confiance au personnel	0,870	0,757	0,870	0,757

5.2.2.2 ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE L'AJUSTEMENT DU MODÈLE DE MESURE

En sus de l'ajustement aux données, le modèle de mesure a fait objet des évaluations psychométriques usuelles: fiabilité et fidélité.

A : ÉTUDE DE LA FIABILITE DES CONSTRUIITS

Les coefficients ρ de Joreskog sont de **0,949** pour la dimension « conditions d'accueil » et **0,930** pour la dimension « qualité du personnel de contact ». On considère que la fiabilité du construit est bonne si $\rho > 0,7$ ou $0,8$ (suivant les auteurs) [16]. Donc la cohérence interne de l'outil de mesure est établie.

B : ÉTUDE DE LA VALIDITE DES CONSTRUIITS

Quant à la validité discriminante, elle est établie si la variance extraite pour chaque dimension est supérieure au carré des corrélations entre les dimensions. Autrement dit, il faut que le Rhô de validité convergente (**ρ_{VC}**) de chaque facteur soit supérieur aux carrés des corrélations qu'il partage avec les autres facteurs (**R_{ij}^2**).

Tableau 5 : Validité de construit des dimensions du modèle fonctionnel de la qualité perçue d'un SPIC

	Condition d'accueil	Qualité du personnel de contact
ρ_{VC} de Joreskog	0,824	0,770
R^2_{ij} - Qualité d'accueil	1	
R^2_{ij} - Qualité du personnel de contact	0,432	1

Les validités convergente et discriminante des facteurs du modèle de la qualité perçue par les clients des SPIC sont vérifiées. En effet, chaque construit partage plus de 50 % de variance avec ses mesures, et il partage plus de variance 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 du domaine des SPIC étudiés, nous permet de considérer la validité de contenu des facettes du modèle fonctionnel de la qualité perçue d'un SPIC.

5.2.2.3 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 du modèle fonctionnel de la qualité perçue d'un SPIC influencent positivement la satisfaction.

H_1 : « **Les conditions d'accueil** » influencent positivement la satisfaction ;

H_2 : « **La qualité du personnel de contact** », influence positivement la satisfaction ;

Le test du modèle causal a été effectué à l'aide de la modélisation par équations structurelles. La figure 6 ci-dessous explique la variable latente endogène « la satisfaction » en fonction des variables latentes exogènes « Conditions d'accueil » et « Qualité du personnel de contact ». Ces relations sont bien non nulles.

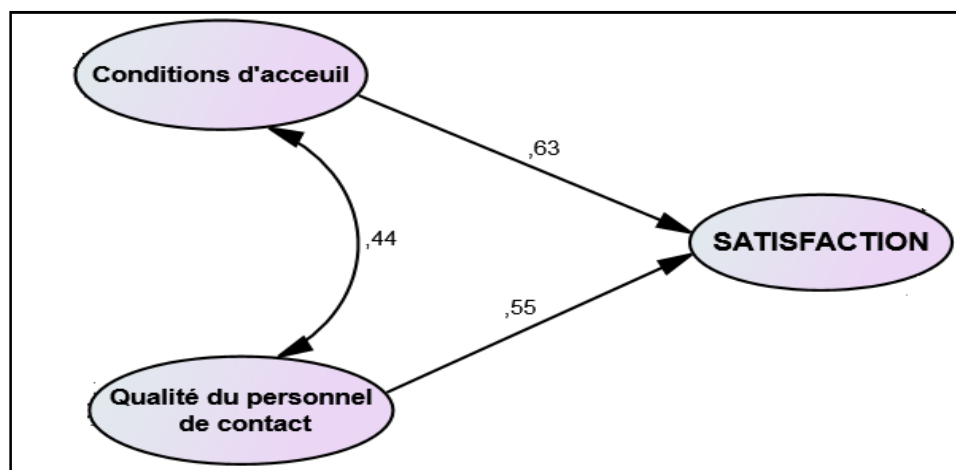


Fig. 4. Liens de causalité -Déterminants fonctionnels de la qualité perçue d'un SPIC ► satisfaction

6 CONCLUSIONS ET DISCUSSIONS

En conclusion de cette étude réalisée sur la base d'une deuxième collecte de données, la structure factorielle issue de l'étude 1 est confirmée. La qualité perçue dans une relation de service d'un SPIC est constituée de deux dimensions : « les conditions d'accueil » et « la qualité du personnel de contact » :

DIMENSION 1 : LES CONDITIONS D'ACCUEIL

Cette dimension renvoie à l'accueil en général et ses composantes: l'équipement, la signalisation, la gestion de l'affluence, la distinction du personnel d'accueil, la serviabilité au moment de l'accueil... Les conditions d'accueil, en tant que déterminant de la qualité perçue, reposent sur « la propreté/distinction du personnel », « la gestion de l'affluence », « la qualité des équipements » et « l'intérêt accordé à la serviabilité ». Ces variables expliquent **70 %** du modèle de la qualité perçue des SPIC d'eau et d'assainissement. Ce sont donc des variables d'une grande importance. Le tableau 6 ci-après synthétise les mesures de cette dimension et les coefficients de saturation sous-jacents.

Tableau 6 : Mesures de la dimension « Conditions d'accueil »

Dimension : LES CONDITIONS D'ACCUEIL			Coefficient de cohérence interne (α)
Variables	Énoncé de mesure	Coefficient	
propreté/Distinction du personnel	Le personnel de contact de votre PSPEA est propre et distingué (tenue, badge, identité...)	0,939	0,948
Gestion de l'affluence	Votre PSPEA vous offre de bonnes conditions d'accueil et de gestion de la file d'attente de manière à éviter l'affluence.	0,920	
Qualité des équipements	Votre PSPEA possède des équipements et des installations modernes, récents et adaptés au service.	0,902	
Intérêt à la serviabilité	Quand vous rencontrez des problèmes, votre PSPEA montre un intérêt réel pour leur résolution.	0,876	

DIMENSION 2: LA QUALITE DU PERSONNEL DE CONTACT

Le point commun de l'ensemble des items mesurant ce facteur consiste en la nature qualificative du personnel de contact : courtoisie, serviabilité, compétence, vigilance... la structure factorielle de cette dimension est résumée dans le tableau 7 ci-dessous :

Tableau 7 : La dimension « Qualité du personnel de contact »

Dimension : LA QUALITÉ DU PERSONNEL DE CONTACT			Coefficients de cohérence interne (α)
Variables	Énoncé de mesure	Coefficient	
Courtoisie du personnel	Les employés de votre PSPEA sont polis et aimables.	0,916	0,929
Vigilance du personnel aux chantiers	En cas de chantier vous remarquez que les conditions de sécurité (balisage, signalisation par exemple) sont remplies par votre PSPEA.	0,894	
Confiance au personnel	Les employés de votre PSPEA vous donnent des informations exactes. Ils sont honnêtes et dignes de confiance.	0,883	
Compétence du personnel	Les employés de votre PSPEA ont un niveau de connaissance et de compétence acceptable. Ils sont capables à répondre à vos questions.	0,860	

En outre, lors du processus d'épuration, 7 items ont été supprimés. Il s'agit des items suivants: 1/« Respect des délais », 2/« Fiabilité des traitements », 3/« Remise en état des lieux », 4/« Qualité de l'eau », 5/« Informations sur qualité de l'eau », 6 /« Rapidité d'intervention Eau potable », 7/Et « Rapidité d'intervention Assainissement ».

À part les deux premiers items (Respect des délais et Fiabilité des traitements) qui ont trait au processus global de production d'un service, le point commun des 5 autres items consiste en leur caractère technique.

En effet, pour les deux premiers items, l'explication peut être trouvée dans le fait que la demande d'une prestation d'eau et d'assainissement n'est pas un acte récurrent pour les répondants pour qu'ils puissent formuler une opinion. Aussi, pour la « fiabilité des traitements », l'explication possible est que les répondants n'ont pas assez d'informations sur la nature des traitements informatiques et les contrôles effectués avant l'édition des factures ou la lecture des index des compteurs.

En ce qui concerne les items d'ordre technique, la majorité d'entre eux ont été générés à partir des Chartes d'Engagements de Services (CES). Ces engagements, pris volontairement par les prestataires, peuvent ne pas répondre forcément à la qualité perçue par les usagers/clients des services d'eau et d'assainissement. Aussi, pour « la Remise en état des lieux », les répondants peuvent ne pas faire la distinction entre les différents chantiers et leurs maîtres d'œuvre (Prestataires des services d'eau et assainissement, municipalité, télécommunication, électricité...). Quant aux items se rapportant à la qualité de l'eau et la diffusion de l'information, il se peut que cette information ne présente pas un caractère aussi déterminant de la qualité perçue des SPIC d'eau et d'assainissement du point de vue des clients.

Enfin, le tableau 8 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).

D'où la confirmation de notre hypothèse de recherche: Les déterminants de la qualité perçue dans une relation de service influencent positivement la satisfaction.

H_g : les déterminants du modèle fonctionnel de la qualité perçue d'un SPIC influencent positivement la satisfaction.	Validée
H₁₁ : « Les conditions d'accueil » influencent positivement la satisfaction ;	Validée
H₁₂ : « La qualité du personnel de contact », influence positivement la satisfaction ;	Validée

Tableau 8 : Test de significativité de la relation causale entre les déterminants fonctionnels de la qualité perçue d'un SPIC et la satisfaction

RELATIONS TESTÉES			Estimate Coefficients de régression	S.E ⁽¹⁾	C.R ⁽²⁾	P ⁽³⁾	Label
SATISFACTION	←	Conditions d'accueil	0,249	0,020	12,173	***	par_8
SATISFACTION	←	Qualité du personnel de contact	0,287	0,025	11,373	***	par_9

NB : ***=très significatif

7 APPORTS, LIMITES ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Cette recherche constitue un enrichissement des travaux sur la qualité perçue et son influence sur la satisfaction des clients. D'un point de vue managérial, cet article renseigne les managers des SPIC, opérateurs ou organisateur, sur les dimensions à observer dans la relation de service et l'organisation du front-office.

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 effet, 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 l'ensemble des 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] 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.
- [2] Nitin S., Deshmukh SG. et Vrat P. (2005). "Service quality Models: A review". *International Journal of Quality and Reliability Management*, vol 22, no. 9, pp. 913-949, 2005.
- [3] (Parasuraman, 2000) Parasuraman A. et Grewal D., "The impact of technology on the quality-value-loyalty chain: a research agenda", *Journal of the Academy of Marketing Science*, vol 28 no.1, pp. 168-74, 2000.
- [4] Eiglier P. et Langeard E., *Servuction: Le Marketing des services*. Mc Graw Hill, 1987.
- [5] Grönroos C., "Service Quality model and its marketing implications", *European Journal of Marketing*, 18, vol no. 4, pp.36-44, 1984.
- [6] 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.
- [7] Grönroos C., "Toward a Third Phase in Service Quality Research: Challenges and Future Directions", *Advances in Services Marketing and Management*, vol. 2, pp.49-64, 1993.
- [8] Parasuraman A., Zeithaml V.A. et Berry L.L., "A conceptual model of service quality and its implications for future research", *Journal of Marketing*, vol.49, no.4, pp. 41-50, 1985.
- [9] Parasuraman A., Zeithaml V.A. et Berry L.L., "Reassessment of expectations as a comparison standard in measuring service quality : Implications for future research". *Journal of Marketing*, 58(Jan.): 111-124., 1994.

- [10] Alexandris K., Zahariadis P., Tsorbatzoudis C. et Grouios G., "An empirical investigation into the role of the outcome dimension in measuring perceived service quality in a health club context", *International Journal of Sport Management*, vol.5, pp. 281-294, 2004
- [11] Churchill G.A., "A paradigm for developing better measures of marketing constructs", *Journal of Marketing Research*, vol.16, pp. 64-73, 1979.
- [12] Roussel P., *Méthodes de développement d'échelles pour questionnaire d'enquête*, In Roussel P. et Wacheux F. (Eds), *Management des ressources humaines. Méthodes de recherche en sciences humaines et sociales*, Bruxelles: De Boeck et Larcier, pp. 245-277, 2005.
- [13] Igalens J. et Roussel P., *Méthodes de recherche en Gestion des Ressources Humaines*, Paris, Economica, 1998.
- [14] Jolibert A. et Jourdan P., *Marketing Research, Méthodes de recherche et d'études en marketing*, Paris, Dunod. 2006
- [15] Peterson R. A., "A meta-analysis of Cronbach's coefficient alpha", *Journal of Consumer Research*, 21, pp. 381-391, 1994.
- [16] Iacobucci D. et Duhachek A., "Advancing Alpha : Measuring Reliability With Confidence". *Journal of consumer psychology*, vol. 13, no. 4, pp. 478-487, 2003.
- [17] Roussel P., Durieu, F., Campoy, E., et El Akremi A., *Méthodes d'équations structurelles : recherche et application en gestion*, Paris, Economica, 2002.

Self-medication practice among pregnant women attending antenatal care at health centers in Bukavu, Eastern DR Congo

P. Mulongo Mbarambara¹, P. Baraka Songa¹, L. Mukupi Wansubi², P. Muhumu Mututa³, B. Bope Kwete Minga², and C. Kyambikwa Bisangamo⁴

¹Department of Midewives, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Bukavu, South-Kivu, DR Congo

²Department of Nursing Sciences, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Bukavu, South-Kivu, DR Congo

³Department of Health Management, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Kanyamulande, South-Kivu, DR Congo

⁴Department of Laboratory, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Bukavu, South-Kivu, DR 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: There is growing concern about self-medication during pregnancy in many low resource countries. Despite its adverse impact on pregnancy, at the eastern of DR Congo, no study was conducted on this question until now. The aim of this study was to determine the prevalence and factors associated with self-medication among pregnant women attending antenatal care in Bukavu town. A cross-sectional analytical study was conducted in 14 health centers of Bukavu from March to April 2015. Multi stage sampling method was used to select 920 pregnant mothers. We chose fourteen health centers from all health centers in Bukavu by a simple random method. Binary logistic regression analysis was used to reveal association with self-medication practice. Results revealed a prevalence of self-medication (61.3%) among pregnant women interviewed. Reasons for practicing self-medication were disease not serious, prior experience about the drug, economical cost and easy access to the drug without prescription. The main drugs used were paracetamol (40.8%), amoxicillin (17.1%), and papaverin (13.4%). The factors associated with the self-medication in Bukavu town were previous self-medication practice, drugs advised by pharmacist/druggist, lack of sensibilisation on the drug's danger and use of herbal remedies. This study shows that, in Bukavu, self-medication among pregnant women is common concern. It is time to address to pregnant women a special program to prevent the harmfulness of self-medication on pregnancy.

KEYWORDS: antenatal care, self-medication, pregnant women, DR Congo.

1 INTRODUCTION

During pregnancy, drugs can be used for some medical reasons like chronic pathologies (hypertension...) or new medical troubles (vomiting ...), but they have to be utilized rationally [1]. Pregnancy is a physiological condition, where drug treatment requires special attention to take care of the health of mother and unborn child [2]. Self-medication can be defined as the use of medication by a patient on his own initiative or on the advice of pharmacists or lay person instead of consulting a medical practitioner. In other words, Self-medication is the use of drugs to treat self-diagnosed disorders or symptoms, or the intermittent or continued use of a prescribed drug for chronic or recurrent disease or symptoms [3].

In developed countries, self-medication is become one of the most important aspects of the health care system because of their health system is efficient and people accesses easily to appropriate health information from allowed sources [4]. Studies have shown that drug exposure during pregnancy can cause low birth weight, longer birth hospitalization, premature birth, feeding problems, and respiratory problems in fetuses and newborns [5].

In many low resource countries such as Democratic Republic of Congo (DRC) where the health system is not efficient and associated with easy availability of drugs on public place, there is an increased risk that pregnant women be exposed on self-medication.

Michael J, et al. have shown that women tend to use self-medication frequently and repeatedly to treat problems such as dysmenorrhea, menopausal symptoms remedy, menstrual disorders, mood disorders, osteoporosis prevention, pregnancy and breast feeding problems [6]. Self-medication is widely practiced in the whole word especially in developing countries for many reasons such as dearth of safety health information on drugs in pregnancy, easy availability to drugs.

No studies were found ascertaining self-medication practice during pregnancy in South-Kivu province on PubMed search (keywords: drug utilization in pregnant women in South-Kivu, medications during pregnancy in South-Kivu). However, in South-Kivu province, especially in Bukavu town, due to easy availability of medications on public place coupled with the inadequate health services, many people, including pregnant women, can obtain most of the medications desired without prescriptions. Therefore, this study aimed at determining prevalence and factors associated with self-medication among pregnant women.

2 MATERIAL AND METHODS

A cross-sectional study was conducted between March and April 2015 in fourteen health centers in Bukavu town for a period of two months. Bukavu is the town of South Kivu province, located at the Eastern of DR Congo. Study population was constituted by all pregnant women who came for antenatal care to the selected health centers during the study period. Inclusion criteria: pregnant woman living in Bukavu, attending antenatal care during the study period and consent to participate in research. Data were collected in face-to-face interviews by fourteen midwives, who were trained in doing interviews.

The sample size necessary to achieve significance was calculated with the following formula: $n = \frac{Z^2 p(1-p)}{d^2}$ and taking proportion of drug use during pregnancy 63.8% from a study in Ibadan, Nigeria [7]: $n = \text{sample size}$ $Z = 1.96$ at 95% confidence level $P = \text{Expected prevalence}$ (0,64) $d = \text{Precision}$ (0,05) and design effect of 2.6. $((1.96)^2 \times 0.64 \times (1-0.64)) / (0.05)^2 = 354 \times 2.6 = 920$. The final sample size was 920.

Multi stage sampling method was used to select the required pregnant mothers. After listing the health centers in Bukavu whose total number is 34, fourteen were sampled using simple random sampling method. Proportional numbers of pregnant women were assigned to each health center based on the flow of pregnant women per day calculated taking one previous month antenatal care record. Systematic random sampling method was used to select the pregnant women in each health center.

DATA ANALYSIS

Descriptive statistics were utilised as appropriate. Binary logistic regression was used to determine the associations between self-medication as the dependent variable and a set of exposure variables, which were the Sociodemographic and clinical data. The strength of the associations between each exposure variable with the dependent variable was measured by odds ratios (OR) with 95% confidence intervals (95% CI). Univariate and multivariate regression models were used to estimate crude and adjusted OR measures, respectively. The SAS 9.2 software was used for all statistic procedures and the significance level was set to 0.05.

ETHICAL CONSIDERATIONS

Official letter of research from "Institut Supérieur des Techniques Médicales de Bukavu" was written to selected health centers of Bukavu and verbal consent was obtained from individual participants. All the participants were told that their participation would be on voluntary basis and their information will be kept confidential and anonymous. Moreover, the purpose, procedures of the study, advantages and disadvantages were told to the participants.

3 RESULTS

3.1 SOCIODEMOGRAPHIC CHARACTERISTICS OF RESPONDENTS

The majority of the respondents were in the age group of 15 and 24 years. Regarding their education status, 61.8% of them had completed secondary school. 92.6% of respondents were married. Most of the pregnant women participating in the study (85%) were unemployed, where 57.4% of the participants are housewives (**Table 1**).

3.2 OBSTETRIC AND MEDICAL HISTORIES OF RESPONDENTS

Some pregnant women had a history of previous adverse pregnancy outcome, particularly abortion, premature childbirth and fetal death. Clay and use of addiction were reported in this study (**Table 2**).

3.3 SELF-MEDICATION PRACTICE OF RESPONDENTS

Table 3 showed that 59.9% of the pregnant women practice self-medication. Ailments in which respondents self-medicate were tract urinary infection and common cold and cough. Paracetamol and amoxicillin were the main medications used in self mediation. The two most usual sources of drugs used in self-medication were pharmacists/ druggist (71.9%), the free sale at the market. Self-medicated respondents provided reasons that 28.3% of them believed the disease was not serious; 25.4% of them have had prior experience to the drug; 18.1% of them were of the opinion that it was easy to access to the drugs without prescription in their area.

3.4 FACTORS INFLUENCING SELF-MEDICATION PRACTICE OF RESPONDENTS

Self-medication practice among pregnant women were significantly associated with precious self-medication, advised by pharmacist/druggist, lack of sensitizing on drug's danger and use of herbal remedies ($p<0.05$) (**Table 4**).

4 DISCUSSION

In this study, the prevalence of self-medication among 920 pregnant women in Health centers of Bukavu town, DRC was investigated and its factors associated with. Our results showed 59.9% prevalence rate of self-medication during pregnancy, which is very higher than the results in Southern of Iran (30.6%) [1], Addis Abeba (12.4%) [2]. However, the prevalence observed in this study is lower than the results of the study done in Nigeria (72.4%) [3], in Egypt (86.0%) [4]. In general, self-medication becomes a subject to be taken into consideration in improving of maternal health. It was observed in this survey; both modern drugs and traditional medicines are commonly used for self- medication. The high prevalence of drug use during pregnancy identified in this study may reflect prenatal care weaknesses in primary care, which include impairment of the continuous assessment of the mother during pregnancy.

Paracetamol and amoxicillin were the most drugs mainly used in this study. This finding is in agreement with the study done in Peru [5], but also is in line with others studies done on the same subject [6]. Plausible explanation of these findings might be due to the ailments for which respondents self-medicate (i.e. tract urinary infection, common cold and cough). This confirms that analgesics are the commonly used over-the-counter medications for self-medication. Note that antibiotic self-medication have a global risk of spread of antibiotic resistance as reported in the literature [7].

Non-seriousness of the disease, prior experience about the drug and easy access to the drugs without prescription were the major reasons for self-medication in this study. This finding is in consonance with what has been generally observed in the self-medication among pregnant women literature [6], [8], [9]. Healthcare providers, thus, should provide personalized counseling to pregnant women about possible negative side effects of over-the-counter-medication on their unborn child

The identification of factors associated with self-medication practice among pregnant women is important as it provide helpful information to establish strategies to prevent indiscriminate use of medications. The strongest predictors of self-medication practice were the precious self-medication, the advice/information from pharmacist/druggist, the lack of sensitizing on drug's danger and use of herbal remedies.

In fact, we found a significant relationship between age and use of self-medication practice, where subjects aged between 25 and above years reported the highest self-medication. But, in logistic regression, that relationship disappeared. Similar to our finding, the study conducted in Ethiopia [6] showed a significant association between self-medication and prior self-medication experience, maternal education, age of the respondents, number of children and place of residence.

Similarly, the study conducted in Maringa, [10] revealed that marital conditions, trimester of pregnancy, chronic disease, mental illness and orientation of professionals at the Basic Health Units were statistically significant with the use of medicines. It is remarkable that, the health professionals, particularly nurses providing antenatal care, should emphasize the danger of the drugs during pregnancy.

In addition, an important aspect of a qualitative improvement of the practice may be the information, education and counseling of the pregnant women of which the health professional plays a major role.

5 CONCLUSION

Self-medication is prevalent in Bukavu town 59.9% of pregnant women using some form of self-medication during the current pregnancy. Paracetamol and Amoxicillin were the drugs most commonly used for self-medication. Herbal remedies and clay were also used for self-medication. The main reasons reported by pregnant women to self-medication practice were dot disease serious, prior experience with drug and easy accessibility to drug without prescription. Precious self-medication, advised by pharmacist/druggist, lack of sensitization on drug's danger were identified as the factors influencing self-medication during pregnancy. These findings will help health care professionals especially pharmacists to address strategies (people education on the benefits and risks of self-medication) of improving antenatal care and a formal policy of prescription among pregnant women.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are grateful to all the pregnant women who participated, nurses who cooperated in this study.

REFERENCES

- [1] Deborah E, McCarter M, Spaulding MS. Medications in pregnancy and lactation. *Am. J. Matern. Child Nurs.* 2005;30, 10-17.
- [2] Rohra DK, Das N, Azam SI, Solangi NA, Memon Z, Shaikh AM, et al. Drug-prescribing patterns during pregnancy in the tertiary care hospitals of Pakistan: a cross sectional study. *BMC Pregnancy and Childbirth.* 2008; 8:24.
- [3] World Health Organization. Guidelines for the regulatory assessment of Medicinal Products for use in self-medication. 2000. WHO/EDM/QSM/00.1.
- [4] Menard G., Allain H., Le Roho S., Morel G., Beneton C. A single day survey in pharmacies on the consumption of analgesics and antipyretics. *Therapie.* 1993; 48(3): 263-267.
- [5] Creanga AA, Sabel JC, Ko JY, Wasserman CR, Shapiro-Mendoza CK, Taylor P, et al. Maternal drug use and its effect on neonates: a population-based study in Washington State. *Obstet Gynecol.* 2012; 119(5):924e33.
- [6] Michael J, Kell y M, Destinee M. Over-the-Counter Medication and Herbal or Dietary Supplement Use in College: Dose Frequency and Relationship to Self-Reported Distress. *Journal of American College Health.* 2008; 56(5):537-547.
- [7] Yusuff, KB, Omarusehe LD. Determinants of self-medication practices among pregnant women in Ibadan, Nigeria. *International journal of clinical pharmacy.* 2011; 33(5), 868-875.
- [8] World Health Organization: Role of pharmacists in self-care and self-medication. Available: <http://apps.who.int/medicinedocs/pdf/whozip32e/whozip32e.pdf>. Accessed 26 January 2013.
- [9] Afshary P, Mohammadi S, Najari S, Pajohideh Z and Tabesh H. Prevalence and Causes of Self-Medication in Pregnant Women Referring to Health Centers in Southern of Iran. *Int J Pharm Sci Res* 2015; 6(2): 612-19. doi: 10.13040/IJPSR.0975-8232.6 (2).612-19.
- [10] Kebede B, Teferi Gedif T, Getachew A. Assessment of drug use among pregnant women in Addis Ababa, Ethiopia. *Pharmacoepidemiology and Drug Safety.* 2009;18: 462-8.
- [11] Abasiubong F, Abasi EB, Akpan JU et al. Self-Medication: potential risks and hazards among pregnant women in Uyo, Nigeria. *Pan African Medical Journal.* 2012; 13:15
- [12] Rizk MA, Abdel-Aziz F, Ashmawy AA, Mahmoud AA, Abuzeid TM. Knowledge and practices of pregnant women in relation to the intake of drugs during pregnancy. *J Egypt Public Health Assoc.* 1993;68(5-6):567-91.
- [13] Elsy Mini. Self-medication in pregnant women attending the Maternal Perinatal Institute, Peru 201. *Peru Rev Exp Med Public Health.* 2012;29(2):212-7.
- [14] Befekadu A, Hussien N D, Adem M. Self-medication and Contributing Factors among Pregnant Women Attending Antenatal Care in Ethiopia: The Case of Jimma University Specialized Hospital. *Medicine Science.* 2014;3(1):969-81.

- [15] Patil AD. Self-medication: a potentially avoidable cause of antibiotic misuse and resistance. *Int J Basic Clin Pharmacol*. 2013;2: 498–499.
- [16] Emmanuel A, Achema G, Afoi BB and Maroof KR. Self-medication practice among pregnant women attending antenatal clinic in selected hospitals in Jos, Nigeria. *Standard Research Journal of Nursing and Midwifery*. 2014 ; 1 (3): 046 -051.
- [17] Worku S, Mariam A (2003) Practice of Self-medication in Jimma Town. *Ethiop J Health Dev* 17(2): 111–116.
- [18] Kassada A, Miasso A, Pagliarini WM, Silva S. Prevalence and factors associated with drug use in pregnant women assisted in Primary care. *Texto Contexto Enferm*, 2015. 1-9.

ANNEXE

Table 1: Socio-demographic characteristics of pregnant women attending ANC care in Bukavu town, 2015.

Variable	Frequency	Percentage
Age (years)		
15-19	258	28.0
20-24	355	38.6
25-29	178	19.3
30-35	101	11.0
> 35	20	3.0
Education status		
Illiterate	70	7.6
Primary school	220	23.9
Secondary school	569	61.8
University	61	6.6
Employment status		
House-wife	528	57.4
Employed	18	19.5
Student	19	20.5
Merchant	309	33.6
Self employed	46	5.0
Marital status		
Married	852	92.6
Single/separated	68	7.4
Distance between center and respondent's residence		
0 -5 kilometer	704	76.5
More than 5	216	23.5
Pregnancy stage		
First trimester	58	6.3
Second trimester	293	31.8
Third trimester	569	61.9

OBSTETRIC AND MEDICAL HISTORIES OF RESPONDENTS

Table 2: Obstetric and medical histories of the pregnant women attending ANC care in Bukavu town, 2015.

Variable	Frequency	Percentage
Consumption of clay		
Yes	532	57.8
No	388	42.2
Use of herbal remedies		
Yes	414	45.0
No	506	55.0
Previous fetal death		
Yes	78	8.5
No	841	91.5
Previous premature childbirth		
Yes	36	3.9
No	884	96.1
Previous of abortion		
Yes	258	28.0
No	662	72.0
Use of addiction (tobacco, alcohol)		
Yes	400	43.5
No	520	56.5

SELF MEDICATION PRACTICE OF RESPONDENTS

Table 3: Self medication practice during pregnancy among pregnant women attending ANC care in Bukavu town, 2015.

Variable	Frequency	Percentage
Current self medication practice		
Yes	551	59.9
No	369	41.1
Previous self medication practice		
Yes	416	45.2
No	504	54.8
Ailments for which self medication is used (n=551)		
Malaria	128	23.2
Typhoid fever	98	17.7
Tract urinary infection	242	43.9
Common cold and cough	168	30.5
Gastrointestinal disorders	50	7.1
Other diseases (anemia, asthma, headache, ...)	154	27.9
Medication used in self medication (n=551)		
Paracetamol	225	40.8
Aspirin	42	7.6
Amoxicillin	94	17.1
Cough syrup	44	8.0
Vitamins	29	5.3
Papaverin	74	13.4
Irons	14	2.5
Vermox	7	1.3
Other drugs (antibiotics...)	10	1.8
Antacids	12	2.2
Source of drugs used in self medication		
Pharmacist/druggist	672	73.0
Yourself	84	9.2
Free sale at the market	120	13.0
Neighbors/friends	44	4.8
Reasons for practicing self-medication (n=551)		
Disease not serious	156	28.3
Prior experience about the drug	140	25.4
Economical cost	78	14.1
Time saving	43	7.8
Easy access to the drugs without prescription	100	18.1
Others	34	6.2
sensitized on the drug's danger		
Yes	178	19.3
No	742	80.7

FACTORS INFLUENCING SELF MEDICATION PRACTICE OF RESPONDENTS

Table 4: Bivariate and multiple logistic regression analysis for factors associated with self medication practice among pregnant women in Bukavu town, 2015.

Parameters	N=920	self medication (%)	Crude OR (CI)	Adjusted OR (CI)
Age				
≥ 25 years	307	64.5	1.4 (1.00-1.77)*	0.8 (0.59-1.21)
< 25 years	613	57.6	1.0	
Education status				
Secondary/university school	630	60.5	1.0 (0.81-1.43)	-
Illiterate/primary school	290	58.6	1.0	
Marital status				
Without partner	68	59.9	1.0 (0.61-1.68)	-
With partner	852	60.3	1.0	
Use of herbal remedies				
Yes	414	68.4	1.9 (1.46-2.51)*	1.7 (1.26-2.42)*
No	506	53.0	1.0	1.0
sensitized on the drug's danger				
No	742	75.8	2.5 (1.69-3.57)*	2.5 (1.84-3.61)*
Yes	178	56.1	1.0	1.0
Previous self-medication practice				
Yes	416	83.4	7.3 (5.40-10.12)*	6.1 (4.36-8.64)*
No	504	40.5	1.0	1.0
Advised by pharmacist/druggist				
Yes	672	70.5	5.3 (3.87-7.29)*	4.7 (3.34-6.87)*
No	248	31.0	1.0	1.0
Use of addiction				
Yes	400	64.0	1.3 (1.03-1.77)*	1.3 (0.93-1.83)
No	520	56.7	1.0	

*statistically significant at 95% confidence interval.

Résurgence du cholera : Facteurs associés dans la côte occidentale du Lac Edouard, Rift Valley Albertin à l'Est de la RDC

[Resurgence of cholera: Factors associated in the Western coast with the Lake Eduard, Rift Valley Albertin in the East of the RDC]

P. Muhumu Mututa¹, N. Rungendabanga Kajangu², C. Mushagalusha Zahinda², and P. Mulongo Mbarambara³

¹Département de Santé Publique à l'Institut Supérieur des Techniques Médicales de Kanyamulande, Walungu, Sud-Kivu, RD Congo

²Département de Sciences Infirmières à l'Institut Supérieur des Techniques Médicales de Kanyamulande, Walungu, Sud-Kivu, RD Congo

³Département de Sages-femmes à l'Institut Supérieur des Techniques Médicales de Bukavu, Bukavu, Sud-Kivu, RD Congo

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

ABSTRACT: *Objective:* To identify the factors associated with resurgence of cholera in the Western coast of the lake Eduard. *Methods:* We led a cross-sectional study to analytical aiming relating to the factors associated with resurgence of cholera in the Western coast of the lake Eduard. The data were collected near 770 heads of households of eight villages which form the side Western of the lake Edouard. A logistic regression enabled us to identify the factors associated with resurgence of cholera in the Western coast of the lake Edouard.

Results: The main factors associated with resurgence of cholera were the educational level, the size of the household, the nature of the ground, the environmental characteristics of the medium and the presence in the medium of moved the interns ($p < 0.05$).

Conclusion: The factors associated with resurgence of cholera in the Western coast of the lake Edouard are related to economic, geographical, ecological factors and policies of this zone. A strategy taking account of these factors is essential for an effective prevention of the cholera.

KEYWORDS: cholera, Factors, Lake Edouard, Rift Valley Albertin, RDC.

RESUME: *Objectif:* Identifier les facteurs associés à la résurgence du choléra dans la côte occidentale du lac Edouard.

Méthodes: Nous avons mené une étude transversale à visée analytique portant sur les facteurs associés à la résurgence du cholera dans la côte occidentale du lac Edouard. Les données ont été collectées auprès de 770 chefs de ménages de huit villages qui forment la côté occidentale du lac Edouard. Une régression logistique nous a permis d'identifier les facteurs associés à la résurgence du cholera dans la côte occidentale du lac Edouard.

Résultats : Les principaux facteurs associés à la résurgence du cholera étaient le niveau d'instruction, la taille du ménage, la nature du sol, les caractéristiques environnementales du milieu et la présence dans le milieu des déplacés internes ($p < 0,05$).

Conclusion: Les facteurs associés à la résurgence du cholera dans la côte occidentale du lac Edouard sont liés à des facteurs économiques, géographiques, écologiques et politiques de cette zone. Une stratégie tenant compte de ces facteurs s'impose pour une prévention efficace du choléra.

MOTS-CLEFS: cholera, Facteurs, Lac Edouard, Rift Valley Albertin, RDC.

1 INTRODUCTION

Le choléra est une toxi-infection intestinale grave, hautement contagieuse, causée par une enterotoxine de *Vibrio cholerae*, qui colonise l'intestin grêle. Il se manifeste principalement par des vomissements spontanés, une diarrhée brutale abondante et aqueuse entraînant une déshydratation extrême, une perte d'électrolytes et une augmentation de l'acidité sanguine. Les selles sont liquides, afécales, incolores et inodores. Elles ont l'aspect « d'eau de riz » [1], [2], [3]. Le choléra, maladie des pauvres, des guerres, des famines et des catastrophes naturelles qui paraissait appartenir à l'histoire, est malheureusement toujours d'actualité dans le monde. Après plusieurs années d'augmentation régulière, le nombre de cas de choléra notifiés à l'OMS en 2012 fait état d'un total cumulé de 245.393 cas dont 3 034 décès, soit un taux de létalité (TL) de 1,2% [4], [5], [6]. En 2011, 58 pays avaient notifiés 589 854 cas de choléra avec 7 816 décès (TL: 1,3%). En 2010, il avait été notifié 317 534 cas avec 7 543 décès, TL : 2,35%). Comme les années précédentes, ces chiffres ne prennent pas en compte les 500 à 700 000 cas de diarrhée aqueuse aiguë qui surviennent dans de vastes régions d'Asie centrale, de l'Asie du sud-est et de certains pays africains [4], [5], [6].

Après avoir été relativement épargnée par les six premières pandémies du choléra, le continent Africain a été frappé par la 7^{ème} pandémie en 1970. Depuis cette date, selon l'OMS, plus de 90 % des cas de choléra sont rapportés par l'Afrique subsaharienne. C'est ainsi qu'en 2012, 27 pays Africains ont notifié 117 570 cas, avec 2 042 décès (TL : 1,7%). En 2011; le nombre de cas a été de 188 678 cas, TL : 2,22%. (TL : 0,4%) [6]. Les données de surveillance épidémiologique rapportées par l'OMS placent actuellement l'Afrique au rang du continent le plus touché par la maladie. A elle seule, l'Afrique concentre plus de 95% des cas et plus de 98% des décès dus au choléra rapportés dans le monde par l'OMS [7], [8]. Ainsi, malgré « ses origines » Asiatiques, depuis 1970, avec l'arrivée de la septième pandémie, le choléra est devenu actuellement une maladie africaine. La République Démocratique du Congo (RDC) fait partie des pays les plus touchés dans le monde. De 2000 à 2008, 208 875 cas et 7 335 décès (létalité de 3,51%) dus au choléra ont été notifiés à l'OMS, soit 15 % des cas et 20 % des décès rapportés dans le monde pour la même période [9]. Cette épidémie évolue schématiquement sur un mode endémo-épidémique dans la partie Est du pays et sur un mode épidémique le long du fleuve Congo. En 2012, 32.759 cas et 7072 décès de choléra (létalité de 2%) ont été notifiés en RDC, dont 7.175 cas et 229 décès (3%) dans les provinces de l'Ouest, et 23.572 cas et 480 décès (létalité de 2%) ont été enregistrés dans les provinces de l'Est. Pour les 23.572 cas enregistrés à l'est de la RD Congo, seule la province du Nord Kivu a connu 8080 cas de choléra dont la plus grande partie signalée dans les zones côtières Ouest du lac Edouard [10].

Ainsi donc, en Afrique en général et principalement en RDC dans sa partie Est où des épidémies se succèdent quasiment chaque année depuis les années 1994, très peu d'éléments de connaissance sur l'épidémiologie du choléra permettent actuellement d'orienter les programmes de lutte. Depuis 1994, plusieurs programmes nationaux et internationaux se sont mis en place pour renforcer la lutte contre le choléra en RDC. Les résultats mitigés obtenus sur le terrain ont permis de conforter l'idée selon laquelle l'épidémiologie du choléra en République Démocratique du Congo reste très peu connue et n'est pas superposable à l'épidémiologie du choléra étudiée en Asie du Sud-Est et dans le reste du continent Africain [11], [12]. Dans la littérature, nous retrouvons certaines traces d'écrits sur le choléra qui se focalisent sur la recherche des facteurs de risque de contamination des personnes touchées [13], [14], [15]. Ainsi, très peu d'études se sont focalisées sur les facteurs associés à la résurgence du choléra dans les zones continentales et côtières du fleuve Congo, de lacs Kivu et Tanganyika au Sud Kivu et aucune étude spécifiquement sur les facteurs associés à la résurgence du choléra dans les zones côtières du Lac Edouard en province du Nord Kivu.

L'analyse des données statistiques de l'épidémie du choléra en RD Congo pour l'année 2012, montre que le Katanga est la province la plus affectée par le choléra (44% des cas) suivi par les Kivu qui représentent l'essentielle de l'autre moitié (20% des cas au Nord Kivu et 26% au Sud Kivu). Cette tendance provinciale confirme notre inquiétude par rapport à la tendance nationale [16]. L'aspect épidémiologique du choléra est sans doute documenté en RD Congo. Cependant, malgré cette documentation, cette maladie, qualifiée par l'OMS d' « extrêmement virulente » et représentant « à l'échelle mondiale une menace pour la santé publique », est très souvent mal comprise dans ce pays. Si l'extrême gravité de cette maladie est reconnue, les mesures de lutte conduites sur le terrain par les différents acteurs en RDC se limitent pour la plupart du temps aux conséquences et n'adressent pas les causes de la maladie. On assiste ainsi à une répétition d'actions sur plusieurs années sans que la maladie ne soit véritablement vaincue. La stratégie jusque-là adoptée est basée sur une lutte épidémique de la maladie alors qu'elle devrait s'adapter au caractère endémo-épidémique de la maladie par une nouvelle approche.

Cibler le choléra à la source dans un pays comme la RDC qui représente aujourd'hui un grand foyer endémo-épidémique au monde permettrait inéluctablement d'avoir un impact durable et à long terme. Nous voulons insister sur le fait qu'il faut une nouvelle approche de lutte contre le choléra. Cette lutte devrait d'adapter sur le caractère endémo épidémique de cette maladie. C'est ainsi que la présente étude avait comme objectif de déterminer le pourquoi de la résurgence du choléra dans les zones côtières Ouest du lac Edouard en province du Nord Kivu.

2 MÉTHODES

Type et cadre de l'étude : Nous avons mené une étude transversale à visée analytique portant sur les facteurs associés à la résurgence du choléra dans la côte occidentale du lac Edouard en Décembre 2014. Cette étude a été menée dans une zone de la côte occidentale du Lac Édouard dans le Rift Valley Albertin, dont une partie de cette zone appartient au territoire de Beni et l'autre partie au territoire de Lubero. Seuls les deux territoires sont situés dans la frange occidentale du lac Édouard. Sa côte occidentale concernée par cette étude est formée par huit villages (Kasindi-port, Kyavinyonge, Kisaka, Lunyasenge, Rumandi, Talihya, Kiserera et Kamandi-lac) appartenant aux quatre zones de santé rurale dont Mutwanga, Kyondo, Lubero et Kayna. Les territoires de Beni et Lubero font partie de six territoires que compte la province du Nord Kivu à l'Est de la RDC.

Population d'étude : La population de notre étude a été constituée des chefs de ménages de huit villages de la côte occidentale du lac Edouard dans le Rift Valley Albertin. Nous avons utilisé un échantillonnage en grappe à deux degrés. Nous avons considéré huit villages sur les dix-neuf que compte la côte occidentale du lac Edouard ainsi que nonante six (96) ménages par villages. C'est dans ces ménages que nous avons trouvé les chefs de ménages à interroger. Nous avons utilisé un pas de sondage de 8. Un total de 770 personnes a été interrogé. La taille de notre échantillon a été réalisée par la formule : $Z^2 \cdot p \cdot q / D^2$ avec effet de grappe de 2 (Z : coefficient de confiance à 95% ; p : prévalence du choléra dans la zone (50%) puis que celle-ci n'est pas connue avec précision ; q : Prévalence complémentaire ou 1-p ; D : degré de précision (0,05). Les chefs de ménages qui habitent un de huit villages de la côte occidentale du lac Edouard, qui étaient présents au moment de l'enquête et qui ont accepté de participer à l'enquête ont fait partie de cet échantillon. Ont été exclus de cette étude, les chefs de ménages qui n'habitent pas aucun de huit villages concernés, qui ont pas accepté de participer à l'étude et ceux qui présentaient une anomalie communicationnelle.

Paramètres étudiés : La variable dépendante était la résurgence du choléra et les variables indépendantes étaient les facteurs économiques (fonction, niveau d'instruction, niveau de revenu, qualité de l'habitat, nombre de pièces, taille du ménage, lieu de résidence, niveau de vie du ménage, statut matrimonial) ; les facteurs socio démographiques (nombre de personnes par pièce, mouvement de population, paupérisation du ménage, urbanisation sauvage de l'avenue, grands rassemblements de population, nombre de ménages dans une parcelle) ; les facteurs géo écologiques (climat, pluviométrie, température de l'eau et de l'air, topographie, nature du sol, environnement) ; les facteurs sanitaires et anthropologiques (ressources sanitaires, état de santé précaire de certaines populations, approvisionnement, transport, conservation et traitement de l'eau de boisson, existence, état et utilisation de latrines, existence, état et utilisation de poubelles, habitudes culinaires et de conservation des aliments, catégories et état des aliments consommés dans le ménage, bonnes pratiques hygiéniques et d'assainissement) ; les facteurs biologiques (sensibilité génétique, facteurs biologiques favorisants (PH gastrique et quantité de dose ingérée) ; les facteurs politiques (instabilité politique et sécuritaire, déplacement de populations internes et/ou réfugiés, appauvrissement par le contexte sécuritaire ou une catastrophe naturelle ou épidémiologique, absence de l'autorité de l'état et/ou de régulation).

Collecte des données : après l'obtention de l'autorisation de mener cette étude par le médecin chef de district sanitaire de Beni et le visa de deux administrateurs de territoires de Beni et Lubero, nous avons procédé à la collecte des données auprès des chefs de ménages dans les huit villages concernés par l'étude. Toutes les données ont été collectées à partir d'un questionnaire. Ce questionnaire était administré aux chefs de ménages concernées pour recueillir leurs opinions, perceptions, pratiques et connaissances en rapport avec la résurgence du cholera. La technique d'interview était utilisée et pour cela, les chefs de ménages ont été interrogés à leurs domiciles. L'anonymat et la confidentialité des réponses fournies par les enquêtés étaient garantis. Toutes les personnes interrogées ont été informées de l'objectif de l'étude à travers un message écrit qui était lu avant l'administration du questionnaire. De ce fait, chaque personne donnait son consentement avant de répondre aux questions. La participation à l'étude était donc volontaire.

Analyse des données : Les données ont été saisies et analysées à l'aide du logiciel IBM® SPSS® Statistics version 20. Nous avons utilisé les statistiques descriptives comme le calcul de fréquences et de proportions, le calcul des effectifs et des moyennes avec leurs déviations standards selon la nature de variables. Les variables ayant une distribution normale étaient comparées avec un test t de Student et pour les autres, par un test non paramétrique. Pour la comparaison de deux proportions, nous avons utilisé le test de Khi carré d'indépendance. La valeur d'association était déterminée par l'Odds ratio et son intervalle de confiance à 95%. Une analyse univariée puis multivariée a permis de déterminer les facteurs associés à la résurgence du cholera. Le seuil de signification statistique était fixé à 0,05.

3 RÉSULTATS

Les facteurs associés à la résurgence du cholera étaient le niveau d'instruction du chef de ménage, la taille du ménage, le nombre de personnes par chambre dans le ménage, le mouvement des personnes dans les différents villages concernés par l'étude, le respect des normes urbanistiques dans la construction de villages, le climat, la nature du sol du milieu, les caractéristiques de l'environnement du milieu, le lavage des mains et la présence des déplacés internes dans les villages concernés par l'étude, $p < 0,05$ comme le mentionne le tableau 1.

Le Tableau 2 résume les facteurs étudiés. Pour éliminer les facteurs confondants, la régression logistique nous a permis d'identifier les facteurs associés à la résurgence du cholera dans la côte occidentale du lac Edouard comme le niveau d'instruction du chef de ménage (OR : 6,57 [IC: 2,85-15,15 avec $p < 0,00001$], la taille du ménage (OR : 11,86 [IC: 4,12 - 34,14 avec $p < 0,00001$], la nature du sol (OR : 12,54, [IC : 5,82-27,02 avec $p < 0,0001$]), les caractéristiques environnementales du milieu (OR : 4,23, [IC : 1,76-10,16 avec $p < 0,0013$]) et la présence des déplacés internes dans les villages concernés (OR : 97,90, [IC : 33,65-284,81 avec $p < 0,0001$]). Tous ces facteurs se sont trouvés être les principaux facteurs associés à la résurgence du cholera, $OR > 1$.

4 DISCUSSION

Cette étude a été réalisée auprès de 770 personnes chefs de ménages de 8 villages qui composent la côte occidentale du lac Edouard, avec un taux de participation de 100%. L'analyse de caractéristiques générales de nos enquêtés n'a pas montré de différences très significatives en les comparant avec celles d'autres études portant sur le même sujet [17], [18], [19], [20], [21].

Le niveau d'instruction des chefs de ménages a constitué un facteur associé à la résurgence du choléra dans la côte occidentale du lac Edouard avec (OR : 6,57 [IC: 2,85-15,15 avec $p < 0,00001$]. Nos observations corroborent celles obtenues par des études menées sous d'autres cieux (Harare/Zimbabwe, Lubumbashi/RDC, Iles Comores et Bangladesh) [22], [23], [24], [225]. D'aucun n'ignore la place qu'occupe l'instruction dans le processus de changement de comportement comme moyen efficace de lutte et de prévention des maladies contagieuses dans les pays en voie de développement. Ce résultat s'expliquerait par le fait que notre étude a été menée dans un milieu rural où l'éducation est reléguée à un second plan de la vie. Dans la culture locale de notre milieu d'étude, la scolarité des enfants n'est pas une priorité, elle fait à ce qu'il y ait persistance d'une certaine mentalité rétrograde qui laisse les habitants de générations en générations résister au changement de comportement alors que la clé de la lutte et de la prévention du choléra est une question de changement de comportement.

La taille de ménages a été identifiée comme facteur associé à la résurgence du choléra dans la côte occidentale du lac Edouard avec (OR : 11,86 [IC: 4,12 - 34,14 avec $p < 0,00001$]. Des études menées dans d'autres régions ont montré l'association qui existe entre la taille de ménages et l'endémicité du choléra [22], [26], [27], [28], [29]. Il s'est observé dans certaines de ces études, qu'alors que la taille de ménages augmentait, les conditions d'hygiène et de la disponibilité en eau potable se dégradaient, obligeant des populations de plus en plus nombreuses à recourir aux eaux souillées des lacs et des rivières. Il s'en suivi l'installation d'un cycle permanent d'échange entre l'homme et l'eau de surface, qui est de plus en plus intensément souillée. L'homme malade ou en incubation ou en convalescence enseme le milieu, puis l'homme ayant besoin d'eau se contamine ou se re-contamine en venant puiser de l'eau dans des surfaces contaminées. Le résultat de notre étude s'expliquerait par le fait que les villages de la côte occidentale du lac Edouard étant les plus sécurisées que le reste des villages éloignés du lac, il s'y observe un exode considérable. C'est cet exode qui fait à ce que dans un ménage on puisse y retrouve plus de 7 personnes alors qu'il n'a que moins de 3 petites pièces. D'où une promiscuité sans précédent dans tous les ménages des villages concernés par l'étude. Il sied de mentionner que dans cette promiscuité dans la côte occidentale du lac Edouard, les familles vivent les unes à proximité des autres et les contaminations ou même les re-contaminations se font plus facilement. Par analogie avec la théorie de la percolation comme dans une machine à café, le cholera serait le fluide et les hommes les pores du filtre ; le cholera se répandrait d'autant plus rapidement qu'il y a d'hommes pour le relayer [27].

La nature du sol a été également identifiés comme facteur associé à la résurgence du choléra dans la côte occidentale du lac Edouard avec (OR : 12,54, [IC : 5,82-27,02 avec $p < 0,0001$]). Nos observations sont soutenues par celles faites dans d'autres études menées à travers les continents sur le choléra [30], [31], [32], [33], [34], [35]. La nature sablonneuse du sol des villages concernés par notre étude fait à ce que les latrines à fosses ne soient pas creusées profondément et lors qu'il y a de fortes précipitations et des inondations, l'agent pathogène du choléra se disperse et pollue le stockage de l'eau souterraine et de surface. Cette même nature sablonneuse du sol fait à ce que les latrines à fosse s'effondrent régulièrement, ce qui fait à ce que les déchets humains circulent librement et contaminent les eaux de surface et

souterraines. Cet effondrement fera à ce que les populations se réfèrent dans la nature à l'air libre pour faire leurs grands besoins. Cette même situation a été relevée par d'autres études menées en Zambie, Kenya et Uganda [36], [37], [38], [39]. Cette situation est comparable à un serpent qui se mord la queue « l'homme malade ou en incubation ou en convalescence ensemence le milieu, le milieu quant à lui contamine les eaux, puis l'homme ayant besoin d'eau se contamine ou se récontamine en venant puiser de l'eau contaminée ». C'est ce qui explique cette association entre la nature du sol et la résurgence du choléra dans notre milieu d'étude.

Les caractéristiques environnementales de l'entité ont été identifiées comme facteurs associés à la résurgence du choléra dans la côte occidentale du lac Edouard avec (OR : 4,23, [IC : 1,76-10,16 avec $p < 0,0013$]). Ces résultats sont cohérents avec ceux des études antérieures, qui montrent un lien/association [40], [41], [42], [43], [44], [45], [46], [47], [48]. Il est ressorti dans ces études antérieures comme dans celle-ci que des caractéristiques environnementales peuvent expliquer la récurrence du choléra soit en exerçant une influence directe sur l'abondance et/ou la toxicité de *V. cholerae* dans l'environnement, soit en exerçant une influence indirecte sur les réservoirs ou même sur des paramètres ayant une incidence sur ces derniers. Des paramètres physiques influençant les niveaux de l'eau, comme les précipitations, ont été invoqués pour expliquer la distribution de cas de choléra [32], [49].

En effet, les inondations et les sécheresses n'affectent pas uniquement la concentration de la bactérie dans l'environnement mais aussi sa survie au travers des effets sur la salinité, le pH ou la concentration en nutriments dans le milieu [35]. Les liens choléra/environnement ne s'observent pas seulement dans la variabilité saisonnière de cas de choléra mais aussi dans la récurrence de celui-ci ; il y a une conjugaison de plusieurs foyers de résurgence épidémique, donc des échanges entre différents foyers ou plaçant en faveur d'un réservoir environnemental (lac, inondation, rivière, marais) qui aurait emmagasiné différents clones au fil du temps [44]. Il a été constaté d'une part, pendant la saison sèche dans les villages de la côte occidentale du lac Edouard, une réduction des ressources en eau (diminution sensible de l'eau sur les bornes fontaines, alimentées par des petits adductions d'eau), qui contraint souvent la population à se concentrer autour de points de puisage sur le lac Edouard, qui deviennent les principales sources d'approvisionnement, ce qui accroît le risque de contamination et de transmission du choléra.

Et d'autre part, pendant la saison pluvieuse, de fortes pluies ont également déclenché des épidémies de choléra. En effet, de l'eau contaminée issue des réseaux d'assainissement, de parcelles sans latrines, des latrines à fosse saturées ou qui se sont effondrées, est venue contaminer les eaux de surface, les canalisations percées et d'autres sources d'approvisionnement non protégées.

Il importe de souligner que la population de la côte occidentale du lac Edouard s'approvisionne directement au lac (64,9%) et son environnement est caractérisé par des inondations (62,6%). C'est cette caractéristique environnementale, d'inondation du milieu qui explique davantage l'association.

La présence des déplacés internes dans les villages concernés a été également identifiée comme facteur associé à la résurgence du choléra dans la côte occidentale du lac Edouard avec (OR : 97,90, [IC : 33,65-284,81 avec $p < 0,0001$]). Nos observations corroborent celles prouvées dans des études antérieures qui ont été menées sous d'autres cieux [50], [51], [52], [53].

Dans une étude menée en RDC, il a été démontré que les personnes les plus exposées sont celles vivant dans des zones surpeuplées ou des camps des déplacés internes et/ou réfugiés, dans lesquels les conditions d'assainissement et la qualité de l'eau de boisson sont insuffisantes et où le risque de transmission interpersonnelle est accru [27]. Des situations d'urgence, peuvent favoriser la résurgence et la diffusion du choléra, du fait de la migration de porteurs de germes depuis des foyers d'origine, vers de nouvelles zones. Il importe de souligner que toutes les crises humanitaires suivies d'importants mouvements de déplacement de populations ne sont pas systématiquement accompagnées d'épidémies de choléra même si notre étude a trouvé une association entre la présence de déplacés internes et la résurgence du choléra [52].

La situation de déplacés internes qui restent le plus longtemps possible (plus de 2 ans, le cas de notre région d'étude) et qui font de mouvement pendulaire serait évoquée ici et pourrait peut-être faire cette exception. Ce déplacement particulier trouve son explication dans le regain d'insécurité permanente dans la majeure partie de zones rurales éloignées du lac Edouard, les mouvements et regroupements dans les villages côtiers du lac Edouard, de populations dans des conditions d'hygiène et d'assainissement parfois précaires.

Tableau 1: Facteurs associés à la résurgence du choléra dans la côte occidentale du lac Edouard

Table 1. Factors associated with resurgence of the cholera in the Western coast with the Lake Edouard

Facteurs	N=770	Réurrence <i>Oui</i>	du choléra <i>Non</i>	OR (IC 95%)	P
1. Caractéristiques Economiques					
Niveau d'étude					
Non instruit	542	497	45	10,11(6,77-15,10)	0,0001
Instruit	228	119	109	1	
Taille du ménage					
Plus de 7 personnes	177	171	6	9,47(4,11-21,84)	0,0001
Moins de 7 personnes	593	445	148	1	
2. Caractéristiques sociodémographiques					
Personnes par chambre dans le ménage					
Plus de 4 personnes	451	374	77	1,54 (1,08 -2,20)	0,0157
Moins de 4 personnes	319	242	77	1	
Mouvement de personnes					
Contact avec l'extérieur	582	488	94	2,43 (1,66 -3,55)	0,0001
Absence de contact	188	128	60	1	
Urbanisation de l'entité					
Entité non urbanisée	568	467	101	1,64 (1,12 -2,40)	0,0098
Entité urbanisée	202	149	53	1	
3. Caractéristiques Géo écologiques					
Climat du milieu					
Climat humide	549	472	77	3,27 (2,27 -4,73)	0,0001
Autres climats	221	144	77	1	
Saisons					
Les deux saisons (sèche et pluvieuse)	479	325	154	0,00 (0,00 -0,02)	0,0001
Saison pluvieuse	291	291	0	1	
Nature du sol					
Sol argileux	449	433	16	20,40 (11,82 - 35,22)	0,0001
Autre sol	321	183	138	1	
Caractéristiques environnementales du milieu					
Inondation et/ou pollution	541	484	57	6,23 (4,26 -9,12)	0,0001
Sécheresse	229	132	97	1	
4. Caractéristiques anthropologiques et Sanitaires					
Eau de boisson de ménage					
Eau du lac	403	249	154	0,00 (0,00 -0,06)	0,0001
Autres	367	367	0	1	
Eaux stagnantes dans les avenues					
Oui	670	605	65	0,00 (0,00 -0,03)	0,0000
Non	100	12	88	1	
Lavage de mains					
Non	707	605	102	28,03(14,15-55,53)	0,0001
Oui	63	11	52	1	
5. Caractéristiques politiques					
Présence de déplacés internes					
Oui	556	505	51	9,18(6,19-13,61)	0,0001
Non	224	111	103	1	

Tableau 2. Régression logistique des facteurs associés à la résurgence du choléra dans la côte occidentale du lac Edouard

Table 2. Logistic regression determining factors associated with resurgence of the cholera in the Western coast with the Lake Edouard

Facteurs	Coefficient	Z- Statistique	E. Standard	OR (IC à 95%)	P
Niveau d'étude	1,8835	4,4217	0,4260	<u>6,57(2,85-15,15)</u>	<u>0,0001</u>
Taille de ménage	2,4739	4,5883	0,5392	<u>11,86(4,12-34,14)</u>	<u>0,0001</u>
Nature du sol	2,5296	6,4634	0,3914	<u>12,54 (5,82-27,02)</u>	<u>0,0001</u>
Caractéristique environnementale de l'entité	1,4425	3,2272	0,4470	<u>4,23(1,76-10,16)</u>	<u>0,0013</u>
Présence de déplacés internes	4,5840	8,4137	0,5448	<u>97,90(33,65-284,81)</u>	<u>0,0001</u>

5 CONCLUSION

Le Choléra est devenu un phénomène quasi-permanent dans la cote occidentale du Lac Edouard, Rift Valley Albertin à l'Est de la RDC. L'étude réalisée est arrivé aux conclusions selon lesquelles la résurgence du choléra dans cette partie du pays est significativement associés au niveau d'instruction du chef de ménage, à la taille du ménage, à la nature du sol, aux caractéristiques environnementales du milieu et à la présence des déplacés internes dans les villages concernés. Une politique sanitaire, sociale et environnementale à base communautaire est de nature à réduire prévenir maladie dans cette partie de la République Démocratique du Congo.

REMERCIEMENTS

Les chefs de ménages qui ont accepté de prendre part à cette étude sont remerciés ainsi que les autorités sanitaires et politico-administratives du milieu pour leur soutien apporté aux enquêteurs.

REFERENCES

- [1] PEIFFER B. Le Choléra sur : www.liste-hygiène.org/CHOLERA.html, . 2010. Consulté le 07/03/2016.
- [2] NGAHA KWABIA L. Aspects épidémiologiques du choléra au Mali : à propos de 913 cas enregistrés dans les régions de SEGOU, KOULIKORO et MOPTI du 14 Août au 30 Novembre 2003. Thèse Med Bamako 2004 ; 63 : 67p.
- [3] DOUMBIA D. Caractéristiques épidémiologiques du choléra à Djenné (Mopti) d'octobre à novembre 2001. Thèse Med Bamako, 2003.120p.
- [4] Pierre Aubry. Choléra actualités 2013. Une mise à jour d'Octobre 2013 dans Méd Trop, 6pp
- [5] Harris J.B. & al. Cholera. Lancet, 2012, 379, 2466-2476.
- [6] OMS. Choléra, 2012. REH, 2013, 88, 321 -334.
- [7] World Health Organisation. *Cholera in 1971-2007. Wkly Epidemiol Rec*, 1971 à 2008.
- [8] Nicholas H. & al. Cholera: A New Homeland in Africa?, *Am. J. Trop. Med. Hyg*, 77(4), 2007, pp. 705-713.
- [9] Bompangue D, et al. Lakes as source of cholera outbreaks, Democratic Republic of Congo. *Emerg Infect Dis*. 2008 14: 798-800.
- [10] OMS. Situation Epidémiologique du choléra en RDC, Bulletin publié en Janvier 2013 par le bureau du représentant en RDC de l'OMS,
- [11] Koelle K, & al. Refractory periods and climate forcing in cholera dynamics. *Nature*. 2005; 436: 696–700.
- [12] Griffith, D.C., & al. *Review of reported cholera outbreaks worldwide, 1995-2005*. *Am J Trop Med Hyg* 2006; 75(5): p. 973-7.
- [13] Constantin de Magny G, & al. Regional-scale climate variability synchrony of cholera epidemics in West Africa, *BMC Infect Dis*. 2007 Mar 19;7:20
- [14] Mendelsohn, J. & al. *Climate and cholera in KwaZulu-Natal, South Africa: the role of environmental factors and implications for epidemic preparedness*. *Int J Hyg Environ Health*, 2008. 211(1-2): p. 156-62.
- [15] SO Alajo, & al. Cholera in endemic districts in Uganda during El Niño rains: 2002-2003., *Afr Health Sci*. 2006 Jun;6(2):93-7
- [16] Ministère de la Sante Publique RDC. Situation épidémiologique du choléra en République Démocratique du Congo en 2012 ; Direction de lutte contre la maladie, Ministère de la Sante Publique, Déc. 2012.
- [17] LAVALLEE M. "Groupe choléra" de médecin du monde. Les déterminants du choléra. Développement et Santé, No152, avril 2001. www.documentation.ledamed.org/img/html/doc-10921.html, consulté le 06 Mars 2016

- [18] Banza M. *Facteurs déterminant la létalité élevée du choléra à Lubumbashi*. Mémoire DEA, ESP UNILU, année académique 2007-2008.
- [19] DOUDOU TUBAYA. *Étude sur les facteurs de risques du choléra au Katanga*, Université de Lubumbashi, DEA en Santé Publique 2012.
- [20] Didier B et R PIARROUX. Dynamique des épidémies de choléra dans la région des grands lacs africains: cas de la République Démocratique du Congo 2010, *Med Afr Noire* 2010 ; 112 : 984-18.
- [21] Spiegel PB, et al. Occurrence and overlap of natural disasters, complex emergencies and epidemics during the past decade (1995-2004). *Confl Health*. 2007; 1: 2. 4.
- [22] Kone-Coulibaly A, et al. Risk Factors associated with cholera in Harare City, Zimbabwe 2008, *East African Journal of Public Health*, 2010, v7i4.64754 : 319 à 326.
- [23] Piarroux R, Brunet A. *L'épidémie de choléra aux Comores : dynamique de transmission, mise en place d'une stratégie de lutte communautaire*. Développement et Santé. 1998 ; 136, 26-31,
- [24] Ali M, et al. *The spatial Epidemiology of Cholera In An Endemic Area of Bangladesh*. *Social Science and Medicine*. 2002; 55, 1015-1024.
- [25] Quick RE et al. *Epidemic cholera in rural El Salvador: Risks factors in a region covered by a cholera prevention campaign*. *Epidem. and Inf.* 1995;114, 249-255.
- [26] Update: outbreak of cholera —Haiti, 2010. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2010, 59(48):1586–1590.
- [27] Renaud Piarroux. Surveillance épidémiologique, identification des risques et prévention du choléra en zone lacustre: l'exemple de la RDC. 2006 ; P16
- [28] Guevara E, et al. *Déterminants du choléra à Douala*. *Med.Trop.* 2006 ; 66, 283-291. 29, 37
- [29] Diop BM, et al. *Environnement et santé: le cholera à Dakar*. *Med.* 1991;30, 251-4).
- [30] Tauxe R. et al. Epidemic cholera in the new world: translating field epidemiology into new prevention strategies. *Emerg Infect Dis*. 1995; 1, 141-146.
- [31] Bouma M. J. et al. Seasonal and interannual cycles of endemic cholera in Bengal 1891-1940 in relation to climate and geography. *Hydrobiologia*. 2001; 460, 147-156
- [32] Colwell R. R. Global climate and infectious disease: the cholera paradigm. *Science*. 1996; 274, 2025-2031.
- [33] Lipp et al. Effects of global climate on infectious disease: the cholera model. *Clin Microbiol Rev*. 2002; 15, 757-770.
- [34] Rodo X. et al. ENSO and cholera: a nonstationary link related to climate change? *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2002; 99, 12901-12906
- [35] Pascual M., et al. Cholera and climate: revisiting the quantitative evidence. *Microbes Infect*. 2002; 4, 237-245
- [36] Waiyaki, P.G. Cholera: its story in Africa with special reference to Kenya and other East African countries. *East Afr. Med. J*. 1996; 73, 40–43.
- [37] Daniel Olago, et al. Climatic, Socio-economic, and Health Factors Affecting Human Vulnerability to Cholera in the Lake Victoria Basin, East Africa. *Royal Swedish Academy of Sciences* 2007, *Ambio* Vol. 36, No. 4, June 2007 (350 -358). <http://www.ambio.kva.se>
- [38] Shapiro R.L., et al. Transmission of epidemic *Vibrio cholerae* O1 in rural western Kenya associated with drinking water from Lake Victoria: an environmental reservoir for cholera? *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 1999; 60, 271_276.
- [39] Satoshi Sasaki, et al, Spatial Analysis of Risk Factor of Cholera Outbreak for 2003–2004 in a Peri-urban Area of Lusaka, Zambia, *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 79(3), 2008, pp. 414–421.
- [40] Smith D: Cholera kills more than 1,500 people in Nigeria. In *The Guardian*. Lagos, Nigeria: Guardian News and Media; 2010.
- [41] Akinboade L: Flood displaces 258,000 Nigerians – NEMA. In *Vanguard*. Lagos, Nigeria: Vanguard Media Limited; 2010.
- [42] Griffith DC, Kelly-Hope LA, Miller MA: Review of reported cholera outbreaks worldwide, 1995–2005. *Am J Trop Med Hyg* 2006, 75(5):973–977.
- [43] Kiiru J, et al, A Study on the geophylogeny of clinical and environmental *Vibrio cholerae* in Kenya. *PLoS One* 2013, 8(9):e74829.
- [44] Bompangue Nkoko D, et al, Dynamics of cholera outbreaks in Great Lakes region of Africa, 1978–2008. *Emerg Infect Dis* 2011, 17(11):2026–2034.
- [45] Bompangue D, et al. Lakes as source of cholera outbreaks, Democratic Republic of Congo. *Emerg Infect Dis* 2008, 14(5):798–800.
- [46] Koelle K, et al: Refractory periods and climate forcing in cholera dynamics. *Nature* 2005, 436(7051):696–700.
- [47] Luque Fernández MÁ, et al. Influence of temperature and rainfall on the evolution of cholera epidemics in Lusaka, Zambia, 2003–2006: analysis of a time series. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 2009, 103(2):137–143.
- [48] Sasaki S, et al: Impact of drainage networks on cholera outbreaks in Lusaka. Zambia *Am J Public Health* 2009, 99(11):1982–1987.

- [49] Stoltzfus et al. Interaction between climatic, environmental, and demographic factors on cholera outbreaks in Kenya. *Infectious Diseases of Poverty* 2014 3:37.
- [50] Dalhat et al.: Descriptive characterization of the 2010 cholera outbreak in Nigeria. *BMC Public Health* 2014 14:1167.
- [51] Piarroux R, et al: Understanding the cholera epidemic, Haiti. *Emerg Infect Dis* 2011, 17(7):1161–1168.
- [52] Bompangue D, et al; Cholera epidemics, war and disasters around Goma and Lake Kivu: an eight-year survey. *PLoS Negl Trop Dis* 2009, 3(5):e436.
- [53] Constantin De Magny G, et al : Cholera outbreak in senegal in 2005: was climate a factor *PLoS One* 2012, 7(8):e44577.

Initiation sexuelle précoce : Facteurs de risque chez les jeunes filles de 15 à 25 ans dans la ville de Bukavu

[Early sexual initiation: Risk Factors among young girls between 15 and 25 years in Bukavu town]

P. Muhumu Mututa¹, N. Rungendabanga Kajangu², C. Mushagalusha Zahinda², and P. Mulongo Mbarambara³

¹Département de Santé Publique, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Kanyamulande, Walungu, Sud-Kivu, RD Congo

²Département de Sciences Infirmières, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Kanyamulande, Walungu, Sud-Kivu, RD Congo

³Département de Sages-femmes, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Bukavu, Bukavu, Sud-Kivu, RD Congo

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

ABSTRACT: *Objective:* The objective of this study was to determine factors associated with early sexual initiation for young girls between 15 and 25 years in Bukavu town.

Methods: A cross-sectional study with analytical aiming near 385 young girls from 15 to 25 years inhabitants three communes of Bukavu town using survey questionnaire. A logistic regression enabled us to identify the factors associated with early sexual initiation among young girls in Bukavu town.

Results: 70.5% of the respondents met had known the early sexual initiation whose average age was of 15.35 ± 2.40 years (10-24 years). The main factors associated with the early sexual initiation were the effect of modernity, the commune of residence, ignorance of the application of the laws on sexuality in the young people, the opinion of the religion on sexual initiation and the person confidante ($p < 0.05$).

Conclusion: the factors associated with the early sexual initiation for young girls in Bukavu town were on the one hand related to their general characteristics and on the other hand with the socio-cultural and political characteristics of the reproductive health of the country. It is advisable to take account of socio-cultural factors, general characteristics of the girls and political factors to hope to contribute to the attack of the objectives of the durable development in connection with the reduction of maternal mortality by improving reproductive health of the young girls.

KEYWORDS: Sexuality, Young, initiation.

RESUME: *Contexte:* L'objectif de cette étude était de déterminer les facteurs associés à l'initiation sexuelle précoce des filles âgées entre 15 et 25 ans dans la ville de Bukavu.

Méthodes: Une étude transversale à visée analytique auprès de 385 filles âgées de 15 à 25 ans habitants les trois communes de la ville de Bukavu à partir d'un questionnaire d'enquête. Une régression logistique nous a permis d'identifier les facteurs associés à l'initiation sexuelle précoce des filles dans la ville de Bukavu.

Résultats: 70,5% des filles rencontrées avaient connu l'initiation sexuelle précoce dont l'âge moyen était de $15,35 \pm 2,40$ ans (10-24 ans). Les principaux facteurs associés à l'ISP étaient l'effet de la modernité, la commune de résidence, l'ignorance de l'application des lois sur la sexualité chez les jeunes, l'opinion de la religion sur l'initiation sexuelle et la personne confidente ($p < 0,05$).

Conclusion: les facteurs associés à l'initiation sexuelle précoce des filles dans la ville de Bukavu sont d'une part liés à leurs caractéristiques générales et d'autre part aux caractéristiques socioculturelles et politiques de la santé reproductive du pays. Il convient de tenir compte des facteurs socioculturels, des caractéristiques générales des filles et des facteurs politiques pour espérer contribuer à l'atteinte des objectifs du développement durable en rapport avec la réduction de la mortalité maternelle en améliorant la santé reproductive des filles.

MOTS-CLEFS: Sexualité, initiation, jeunes filles.

1 INTRODUCTION

Jusque dans les années soixante-dix, l'éducation sexuelle des jeunes était fortement centrée autour de l'interdit de la sexualité pré maritale. Cette norme était surtout coercitive pour les filles quand les garçons pouvaient s'autoriser une certaine liberté. A l'heure actuelle, où l'opinion internationale parle suppression totale des mutilations génitales féminines; l'initiation sexuelle précoce des filles reste un sujet entretenu dans la plupart des pays de l'Afrique centrale [1], [2]. L'initiation sexuelle précoce des filles est, pour les uns, la résultante de l'affranchissement des normes traditionnelles, sociales et religieuses contraignantes face à la sexualité et pour les autres, « ... une série de réorganisation des rêves, des désirs, des situations économiques et de relations sociales, dont le sens n'est pas toujours facile à percevoir et à décrire, et dont le rythme n'est pas homogène d'un secteur social à l'autre ». Elle est enfin considérée chez bien d'autres comme un passage important dans le processus d'acquisition d'une identité [3], [4].

Dans la plupart des pays à ressources limitées, l'âge du premier rapport sexuel comme celui de la première union restent préoccupant. Cette préoccupation rencontre celle de grossesses précoces, des interruptions volontaires des grossesses et des infections sexuellement transmissibles/ Virus d'immunodéficiences qui est devenue une épine dans le talon des adolescents. Les problèmes de santé des adolescents sont inter reliés, c'est dans l'environnement socioéconomique qu'il faut rechercher beaucoup plus de causes de mauvais développement pour la santé. L'enfance, l'adolescence et la jeunesse ne sont pas vécues de la même manière par toutes les filles à travers les continents en général et en particulier en Afrique subsaharienne. Elles sont influencées par des normes culturelles et religieuses, par le milieu de vie, le niveau d'instruction, l'acculturation, le modernisme, etc. [5],[6], [7]. L'initiation sexuelle précoce féminine est pratiquée depuis des années malgré ses effets néfastes sur la santé des filles. En de très nombreux endroits d'Afrique, il existe encore des rites initiatiques formels et informels, surtout destinés aux filles dont la plupart concourent à une préparation précoce à la vie sexuelle.

Elles sont de milliers à subir cette initiation sexuelle qui a diverses facettes dont certaines rentrent dans le grand panier des mutilations génitales féminines, son quatrième type selon la classification de l'Organisation mondiale de la santé et les autres qui rentrent dans les différentes formes de violences sexuelles faites à la femme et la petite fille [2].

Ces différentes formes d'initiations sexuelles précoces sont vécues par des milliers des filles de plusieurs pays de l'Afrique. Dans les pays de l'Afrique de l'Ouest, cas du Sénégal, Mali, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Egypte, Lybie, Nigeria, etc., ce sont les 3 premiers types de MGF selon l'OMS qui constituent le calvaire des filles tandis qu'en Afrique Central et de l'Est à l'occurrence la Zambie, la Tanzanie, l'Ouganda, le Kenya, le Rwanda, le Burundi, la RDC, le Congo Brazzaville, le Centre Afrique, l'Angola et la Namibie, c'est le 4^e type de mutilations génitales féminines qui complète la liste d'autres formes d'initiations sexuelles précoces dans les filles sont victimes [8]. Dans ce genre de contexte initiatique, les filles victimes de ces pratiques d'initiation sexuelle précoce n'ont pas toujours un accès facile à une éducation exacte et complète à la sexualité avant ou même après qu'elles deviennent sexuellement actives. Elles n'ont ni information ni habilité à se protéger et à prendre des décisions libres et responsables en connaissance de toute cause en matière sexuelle et génésique [9], [10].

Etant donné que les différents genres d'initiations sexuelles précoces des filles rentrent dans la catégorie des Mutilations génitales féminines et violences sexuelles et sexistes en considérant qu'elles sont à la base de la précocité d'une vie sexuelle chez ces mêmes filles, elles requièrent un nombre important de conséquences à court, moyen et long terme dans la vie des néophytes, victimes de ces pratiques néfastes. A titre d'illustration, nous citons les infections sexuellement, les grossesses précoces, l'IVG et d'un abandon du domicile familial, d'un déséquilibre familial, de l'abandon scolaire, d'un mariage précoce avec tout ce qu'il comporte comme conséquences, d'une violence sexuelle ou d'un viol, d'un décès maternel ou néonatal, infantile, d'une image négative de sa personnalité, d'une stérilité, d'une déformation des organes génitaux, d'un cancer du col ou de l'utérus, d'une dyspareunie, d'un coût très élevé des soins, des remords, d'un col spastique, d'une déchirure périnéale ou du col, d'une césarienne, d'une frigidité, d'un prolapsus, etc.[10]. L'existence de cette réalité en face et de ses conséquences sur la vie des filles, nous a motivé de mener cette étude qui avait pour objectif de déterminer les facteurs associés à l'initiation sexuelle précoce des filles dans la ville de Bukavu.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

- **Type et cadre de l'étude :** nous avons mené une étude transversale à visée analytique portant sur les facteurs associés à l'ISP des filles dont l'âge varie entre 15 et 25 ans dans la ville de Bukavu au cours de la période de Janvier 2015. Cette étude a porté sur la ville de Bukavu, qui est subdivisée en trois communes dont Bagira (3 quartiers et 54 cellules); Ibanda (3 quartiers et 23 cellules) et Kadutu (7 quartiers et 19 cellules). La ville de Bukavu s'étend sur une superficie de 44,90 Km² dont 23,30 km² de la commune de Bagira, 10,00 Km² pour Kadutu et 11,57 Km² pour Ibanda. Elle est installée dans le bassin appelé « Eastern Valley du Graben » précisément de la région des Grands Lacs africains sur 2°30 de latitude Sud et 28° 50 de latitude Est.
- **Population d'étude :** notre étude a été constituée par des filles âgées de 15 à 25 ans de la ville de Bukavu habitant toutes les trois communes qui composent cette ville. Nous avons utilisé un échantillonnage probabiliste à plusieurs degrés. Nous avons considéré toutes les communes de la ville de Bukavu ; tous les quartiers composant ces communes ; toutes leurs cellules ainsi que tous les ménages qui composent les dites cellules. C'est dans ces ménages, que nous avons trouvé les filles interrogées. Un total de 385 filles a été interrogé. Cet échantillon a été réalisé par la formule : $Z^2 \cdot p \cdot q / D^2$ (Z : coefficient de confiance à 95% ; p : nombre de personne possédant la caractéristique étudiée (50%) ; q : prévalence complémentaire ou 1- p ; D : degré de précision (0,05). Les filles dont l'âge varie entre 15 et 25 ans habitant dans l'une de trois communes de la ville de Bukavu, qui étaient présentes au moment de la collecte des données et avaient accepté de participer à l'étude ont été incluses dans ce notre échantillon. Ont été exclues de cette étude, les filles dont leur âge est en dehors de la tranche considérée, absentes dans les ménages le jour de l'enquête et celles qui n'ont pas accepté de participer à l'étude. Aussi, toutes les filles dont leur âge varie entre 15 et 25 ans malades ou présentant une anomalie communicationnelle (surdité, etc).
- **Paramètres étudiés :** la variable dépendante était l'initiation sexuelle précoce des filles et les variables indépendantes étaient les caractéristiques générales des filles (âge, niveau d'étude, profession, quartier favorisé ou défavorisé, commune de résidence) ; les variables renseignant sur les facteurs socioculturels (modernisation, contrôle social des aînés, scolarisation, éducation sexuelle, perception du préservatif, groupe ethnique, religion) ; les variables renseignant sur les facteurs économiques (lieu de résidence, niveau de vie du ménage, statut matrimonial du ménage, activité économique du père, activité économique de la mère) ; les variables liés à l'émergence du genre (inégalité entre les sexes, faible pouvoir économique des filles) et les variables renseignant sur les facteurs politiques (faible vulgarisation des lois existantes, mise en application non effective et Incomplétude des lois existantes).
- **Collecte des données :** après l'obtention de l'autorisation de mener cette étude par le Maire de la ville de Bukavu, nous avons procédé à la collecte des informations auprès des filles dont l'âge varie entre 15 et 25 ans habitant les trois communes de la ville. Toutes les informations ont été collectées à partir d'un questionnaire standardisé. Ce questionnaire était adressé aux filles concernées pour recueillir leurs opinions, perceptions, connaissances, pratiques de l'initiation sexuelle précoce. La technique d'interview était utilisée et pour cela, les filles ont été interrogées à leurs domiciles. L'anonymat et la confidentialité des réponses fournies par les enquêtées étaient garantis. Toutes les personnes interrogées ont été informées de l'objectif de l'étude à travers un message écrit qui était lu avant l'administration du questionnaire. De ce fait, chaque personne donnait son consentement avant de répondre aux questions. La participation à l'étude était donc volontaire.
- **Analyse des données :** Les données ont été saisies et analysées à l'aide du logiciel IBM® SPSS® Statistics version 20. Nous avons utilisé les statistiques descriptives comme le calcul de fréquences et de proportions, le calcul des effectifs et des moyennes avec leurs déviations standards selon la nature de variables. Les variables ayant une distribution normale étaient comparées avec un test *t* de Student et pour les autres, par un test non paramétrique. Pour la comparaison de deux proportions, nous avons utilisé le test de Khi carré d'indépendance. La valeur d'association était déterminée par l'Odds ratio et son intervalle de confiance à 95%. Une analyse univariée puis multivariée a permis de déterminer les facteurs associés à l'initiation sexuelle précoce des filles. Le seuil de signification statistique était fixé à 0,05.

3 RÉSULTATS

15,35 ± 2,40 ans (10-24 ans) est la moyenne d'âge auquel la majorité (67,3%) des enquêtées qui ont un âge compris entre 10 et 17 ans ont subi leur initiation sexuelle.

Les facteurs associés à l'initiation sexuelle précoce des filles de 15-25 ans dans la ville de Bukavu étaient l'effet de la modernité, la commune de résidence, la fréquentation de l'internet, la personne confidente, la qualité de l'initiateur, l'opinion de la religion, l'ignorance de l'existence des lois régissant la santé reproductive chez les jeunes, leur vulgarisation ainsi que leur application, le fait d'avoir déjà utilisé un préservatif ou d'être prête à l'utiliser, $p < 0,05$ comme l'indique le **tableau 1**.

Le **Tableau 2** résume les facteurs étudiés. Pour éliminer les facteurs confondants, la régression logistique nous a permis d'identifier les facteurs associés à l'initiation sexuelle précoce des filles comme les effets de la modernité (OR : 12,01 [IC: 5,74-25,15 avec $p < 0,00001$]), la commune de résidence (OR : 3,28 [IC: 1,14-7,60 avec $p < 0,0056$]), l'ignorance de l'application des lois sur la sexualité chez les jeunes, (OR : 2,14 [IC : 1,09-4,20 avec $p < 0,0262$]), l'opinion de la religion (OR : 2,12 [IC : 1,06-4,26 avec $p < 0,0336$]), la personne confidente (OR : 1,79 [IC: 1,03-3,12 avec $p < 0,0387$]).

Toutefois, les principaux facteurs se sont trouvés être les effets de la modernité et la commune de résidence, $OR > 1$.

Tableau 1 : Facteurs associés à l'initiation sexuelle précoce chez les filles de 15 à 25 ans dans la ville de Bukavu

Table 1: Factors associated with early sexual initiation among young girls between 15 and 25 years in Bukavu town

	N=385	Initiation sexuelle		OR (IC 95%)	P
		Présente	Absente		
• Caractéristiques générales					
Commune de résidence					
Bagira	72	62	10	3,04 (1,49-6,17)	0,0013
Autres	313	210	103	1	
Niveau d'étude					
Niveau ≤ primaire	30	19	11	1,43 (0,66-3,12)	0,3594
Niveau ≥ secondaire	355	253	102	1	
• Caractéristiques socioculturelles					
Fréquentation de l'Internet					
Oui	188	142	46	1,59 (1,02-2,48)	0,03985
Non	197	130	67	1	
Suivi d'un film pornographique					
Oui	269	191	78	1,05 (0,65-1,70)	0,8161
Non	116	81	35	1	
Personne confidente de la fille					
Autres personnes	171	130	41	1,60 (1,02-2,52)	0,0384
Sa Mère	214	142	72	1	
Avoir déjà utilisé un préservatif					
Oui	114	94	20	2,45 (1,42-4,23)	0,0009
Non	271	178	93	1	
Prête à utiliser un préservatif					
Oui	170	132	38	1,86 (1,17-2,93)	0,0073
Non	215	140	75	1	
Effets de la modernité					
Positifs	326	258	68	12,19 (6,32-23,51)	0,00001
Négatifs	59	14	45	1	
Qualité de l'initiateur					
Membres de la famille	76	65	11	2,91 (1,47-5,75)	0,0014
Autres personnes	309	207	102	1	
Opinion de la religion sur l'initiation sexuelle					
Favorable	88	72	16	2,18 (1,20-3,95)	0,0088
Défavorable	297	200	97	1	
• Caractéristiques politiques de la SR					
Connaissance sur l'existence des lois					
Non	244	182	62	1,66 (1,06-2,60)	0,0254
Oui	141	90	51	1	
Connaissance sur la vulgarisation de ces lois					
Non	188	66	122	1,72(1,11-2,69)	0,0154
Oui	197	47	150	1	
Connaissance sur l'application de ces lois					
Non	230	80	150	1,97(1,23-3,15)	0,0043
Oui	155	33	122	1	

Tableau 2: Régression logistique déterminant les facteurs associés à l'initiation sexuelle précoce chez les filles de 15-25 ans dans la ville de Bukavu**Table 2 : Logistic regression determining factors associated with early sexual initiation among young girls between 15 and 25 years in Bukavu town**

	ORa	(IC à 95%)	P
Commune de résidence	3,28	(1,14-7,60)	0,0056
Personne confidente	1,79	(1,03-3,12)	0,0387
Effet de la modernité	12,01	(5,74-25,15)	0,0000
Connaissance de l'application des lois	2,14	(1,09-4,20)	0,0262
Opinion de la religion sur l'initiation sexuelle	2,12	(1,06-4,26)	0,0336

4 DISCUSSION

Cette étude a été menée auprès de 385 filles âgées de 15 à 25 ans dans la ville de Bukavu. Elle a trouvée que 85% de nos enquêtées ont été sexuellement initiées précocement. Ce résultat est de loin supérieur à ceux trouvés par d'autres études menées sous d'autres cieux, [12], [13], [14],[15],[16],[17]. 15,35 $\pm$ 2,40 ans (10-24 ans) est la moyenne d'âge auquel la majorité (67,3%) de nos enquêtées ont subi leur initiation sexuelle. Cet âge auquel nos enquêtées ont été initiées précède celui auquel elles ont eu leur premier rapport sexuel (15,72 $\pm$ 2,40 ans (10-25ans) est la moyenne de l'âge à laquelle les enquêtées ont eu leur première relation sexuelle). Cette moyenne d'âge d'initiation sexuelle est d'une part inférieure à celle trouvée dans des études menées à Addis Abeba, au Nord est de l'Ethiopie, à Butaji dans le Sud Est de l'Ethiopie, à Gomo-Gofa au Sud Ouest de l'Ethiopie [12], [16], [18]. Elle est aussi d'autre part supérieure à celle trouvée dans les études menées à Colladibo au Nord Ouest de l'Ethiopie et à Gojan au Nord de l'Ethiopie [18], [19], [20].

Les effets de la modernité ont constitué un facteur de risque associé à l'initiation sexuelle précoce des filles dans la ville de Bukavu avec (OR : 12,19 [IC: 6,32-23,51 avec $p < 0,00001$]). Ces observations ne sont pas en contradiction avec les résultats obtenus par une étude menée au Kenya dans laquelle 60 % des enquêtées étaient d'avis que les effets de la modernité l'ont emporté sur les normes traditionnelles qui régissaient l'initiation sexuelle chez les jeunes et adolescents [21]. Les résultats des études menées à Addis Abeba ont prouvé qu'avec les effets de la modernité (visualisation des films pornographiques), les adolescentes et adolescents étaient 2,8 fois susceptibles de se livrer à une initiation sexuelle précoce tandis que, celle menée à l'université de Jigjiga à l'Est de l'Ethiopie, a montré que les jeunes étaient 5,9 fois susceptibles de se livrer à une initiation sexuelle précoce avec les effets de la modernité [12], [18]. Ces résultats sont en complément avec ceux trouvés par des études menées au Nigeria qui ont soutenu l'effet de la modernité sur la précocité de l'initiation sexuelle chez les jeunes et adolescents [22], [23]. Le résultat de notre étude pourrait s'expliquer par le fait que nos enquêtées vivent dans un milieu qui présente des caractéristiques particulières qui fait de lui un important centre de diffusion de plusieurs cultures (étrangère et nationale) et dont l'imitation et l'accès sont très faciles à des pratiques modernes et où les jeunes peuvent être emportées par n'importe quel courant moderne (mode, musique, films, idole, etc). Ces explications ne s'éloignent pas de celles données pour soutenir les résultats trouvés au Nigeria et en Ethiopie qui soutiennent que l'imitation irréfléchie du modernisme auquel les medias exposent les jeunes les poussent à la précocité de l'initiation sexuelle n Afrique [18], [22], [23].

La commune de résidence (OR : 3,04 [IC: 1,49 - 6,17 avec $p < 0,0013$]) a été aussi identifié comme facteur de risque associé à l'initiation sexuelle précoce des filles dans la ville de Bukavu.

Le lieu de résidence revêt donc une importance capitale dans les facteurs associés à l'initiation sexuelle précoce dans la mesure où il constitue le cadre structurel dans lequel évoluent les adolescents et adolescentes. L'influence du milieu de résidence sur les comportements sexuels a été aussi mise en exergue dans une étude menée en Afrique Sub saharienne [21]. Des études menées sous d'autres cieux, ont prouvé que le milieu de résidence n'avait pas de l'influence sur l'initiation sexuelle précoce [24], [25]. Notre résultat s'expliquerait par le fait que c'est dans ce milieu de vie défavorisé que les adolescents et adolescentes vivent à la merci de la dépravation de mœurs, dans la promiscuité la plus totale et échappent au grand contrôle des parents et des leurs aînés.

La personne confidente (OR : 1,60 [IC: 1,02-2,52 avec $p < 0,0384$]) a été identifiée comme facteur associé à l'initiation sexuelle précoce des filles dans la ville de Bukavu.

Les observations de notre étude sont corroborées par les résultats des études menées sous d'autres cieux. Il s'est observé qu'en matière de sexualité, les amis pouvaient servir de modèles et d'agents facilitant. Ils pouvaient également

procurer des conseils et une marche à suivre, offrir leur approbation et donner accès à des contextes où les adolescentes pouvaient être initiées parce que les jeunes démontrent un niveau de conformité particulièrement élevé à l'influence de leurs pairs et les normes véhiculées dans leur groupe d'amis influenceront considérablement leurs comportements sexuels [26], [27], [28], [29].

Ces mêmes observations sont soutenues par les conclusions des résultats des études menées dans plusieurs pays Africains qui soutiennent que l'intérêt et le temps accordés par les parents à l'éducation de leurs enfants et jeunes en matière de sexualité sont aussi déterminants de leurs comportements sexuels. Ils finissent par rechercher l'information qu'ils n'ont pas eue auprès de leur environnement familial auprès de l'environnement d'amis et de compagnons [30], [31], [32], [33].

L'opinion de la religion (OR : 2,18 [IC : 1,20-3,95 avec $p < 0,0088$]) a été identifiée comme facteur associé à l'initiation sexuelle des filles dans la ville de Bukavu. Cette observation n'est pas différente de la réalité que la plus grande littérature a souligné dans le domaine de l'initiation sexuelle des filles. Au Cameroun comme au Burkina Faso, les résultats des études menées sur le comportement sexuel précoce des filles soutiennent que la religion est un facteur associé à l'initiation sexuelle précoce des filles [21], [34].

Dans une autre étude menée à Kinshasa auprès de jeunes Kinois âgés de 15 à 24 ans, sur la sexualité et comportements sexuels à risque a montré que la religion des enquêtés était un facteur associé à l'initiation sexuelle précoce [35]. Notre observation s'expliquerait par la position très rigide actuelle des églises vis-à-vis de la sexualité des jeunes dans la ville de Bukavu. Pour les dirigeants de ces églises, aborder avec les jeunes des questions relatives à l'initiation sexuelle précoce c'est leur permettre tacitement de se lancer dans l'activité sexuelle préconjugale.

Alors qu'en se comportant de la sorte, les responsables d'églises ignorent qu'ils favorisent parmi les jeunes, l'émergence des comportements d'hypocrisie et d'ignorance et exposent toute une génération car sans leur concours, la plupart des jeunes auront une connaissance erronée et seront victimes de tous les courants de la modernité et de leur croyance traditionnelle.

L'ignorance de l'application des lois sur la sexualité chez les jeunes, (OR : 2,14 [IC : 1,09-4,20 avec $p < 0,0262$]), a été identifiée comme facteur associé à l'initiation sexuelle précoce des filles dans la ville de Bukavu. Nos observations sont soutenues par celles faites dans des études menées dans des pays africains selon lesquelles, de législations sur la santé reproductive des jeunes sont quasi inexistantes ; le "coutumier" demeure ainsi le cadre juridique par excellence en matière de régulation du comportement sexuel précoce des adolescents [36], [37], [38]. Dans ces études, on a remarqué par ailleurs qu'il existe des lois concernant la protection sociale des jeunes et adolescents, mais très peu de pays africains en disposent et là où ces lois existent, elles sont rarement appliquées. Ce qui prouve à suffisance que les programmes de population des pays africains sont limités par le fait qu'ils s'adressent davantage aux adultes et moins aux adolescents.

Cette réalité vécue dans les pays africains est totalement différente de celle de pays avancés. C'est ce qui rencontre la conclusion d'une étude menée au Canada qui met en avant la perception qu'a une société de la santé reproductive de sa jeunesse ; qui influence l'efficacité de sa politique. Cette étude soutient que « plus une société est disposée à prendre acte du caractère inéluctable de la sexualité des jeunes, plus elle est en mesure de mettre en œuvre des politiques efficaces. Or, le système de valeurs de certaines sociétés rend parfois très difficile l'acceptation de ce fait accompli [39].

Notre observation s'expliquerait par le fait que la politique gouvernementale actuelle dans notre milieu d'étude en matière de services de santé de la reproduction (SR) a un impact sur le comportement sexuel précoce des adolescents. Il s'observe d'une part que les programmes de santé reproductive sont davantage dirigés vers les adultes que vers les groupes spécifiques des adolescents, ceux-ci se retrouvent moins bien informés des conséquences d'une sexualité incontrôlée. Et d'autre part, l'absence des structures sanitaires spécialisées dans les réponses aux problèmes des jeunes accroît leur ignorance des dangers qu'ils courent dans leur activité sexuelle précoce. La dissémination des services de SR dirigés spécifiquement vers les jeunes leur permettrait d'être mieux informés des questions relatives aux risques liés à l'initiation sexuelle précoce.

5 CONCLUSION

Nos résultats ont noté la commune de résidence, l'effet de la modernité, l'opinion de la religion, la personne confidente et l'ignorance de l'application des lois sur la santé reproductive comme facteurs associés à l'initiation sexuelle précoce des filles dans la ville de Bukavu. Cette situation est le fruit du reflet des changements intervenus dans les secteurs socioculturels, économiques et organisationnels du vaincu de populations de la ville de Bukavu. Au vu de ces résultats, il convient d'accorder une attention particulière au développement d'un programme spécifique de santé reproductive dirigé vers les

adolescents et les jeunes et la mise en place des structures de santé spécialisées dans les réponses aux problèmes du moment que rencontrent les adolescents et jeunes, en particulier les filles.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à exprimer de vive allure notre gratitude à toute l'équipe d'enquêteurs qui ont su bien fait leur travail avec bravoure et détermination. Les jeunes filles qui ont accepté de nous accorder un peu de leur temps sont aussi remerciées.

RÉFÉRENCES

- [1] Dixon-Mueller. R, Oubliés et laissés dans l'ombre: santé et droits sexuels et génésiques des jeunes adolescents, In Youth Coalition for Sexual and Reproductive Rights – YCSRR, vol. 148, 2008, p. 417-434.
- [2] Michela Fusaschi, « Plaisirs croisés : Missions, corps et sexualités dans le Rwanda contemporain », in *Genre, sexualité & société*, 19, 8, 1998, pp. 241-257.
- [3] Bozon M. A, Quel âge les hommes et les femmes commencent-ils leur vie sexuelle ? Comparaisons mondiales et évolutions récentes. *Popul Soc* 2003;391:1-4.
- [4] Upchurch DM, Levy-Storm CA, Aneshensel CS, Gender and ethnic differences in the timing of first sexual intercourse. *Fam Plann Perspect* 1998;30(3):121-7.
- [5] Calvès A.E, « La sexualité pré maritale des adolescents à Yaoundé », in Kuate- Defo B. (dir.), *Sexualité et santé reproductive durant l'adolescence en Afrique.*, Boucherville, Ediconseil Inc. 1998, p. 15-26.
- [6] Songué P.B, « Influence du milieu social sur la sexualité des adolescents », in Kuate- Defo B., (dir), *Sexualité et Santé reproductive durant l'adolescence en Afrique*, Edinconseil Inc., Québec, 1999, pp. 316-332.
- [7] Rwege M, « Culture, genre, comportements sexuels et MST/SIDA au Cameroun (province de l'Ouest et du Centre) », *Les cahiers de l'IFORD*, N°28, Yaoundé, Cameroun, 2002, 276p.
- [8] Mwenda Kenneth K, « Labia elongation under African customary law: A violation of women's rights? », *International Journal of Human Rights*, 10, 4, 2006, pp. 341-357.
- [9] Stackpool-Moore L, Triple danger pour les jeunes femmes : adolescence, violence sexuelle et VIH, in International Women's Health Coalition, 2008, <http://français.iwhc.org/bibliotheque/tripledanger.cfm>. Consulté le 23 Janvier 2015.
- [10] Gagnon, J. H., et W. Simon, *Sexual Conduct: The Social Sources of Human Sexuality*. Chicago, Aldine, 1973, 375 p.
- [11] WHO, Female genital mutilation and other harmful traditional practices. www.who.int/reproductivehealth/topics/fgm/en/.
- [12] Girma D, Hailu G, Ayana M, Ketema K, Factors Early Sexual Initiation among Governmental Preparatory School Students, Addis Ababa, Ethiopia. *J Community Med Health Educ* 5: 333, 2015
- [13] Bizu, D., Aderaw, Z. and Kassa, G.M, Assessment of Early Sexual Initiation and Associated Factors among Preparatory School Students of FaggetaLekoma District, Awi Zone, Northwest Ethiopia, 2015. *International Journal of Clinical Medicine*, 6, 521-529
- [14] Habtamu, M.B., Direslgné, M.A. and Hailu, F.D, Assessment of Time of Sexual Initiation and Its Associated Factors among Students in Northwest Ethiopia. *Science Journal of Public Health*, 3, 10-18, 2015
- [15] Central Statistical Agency, Ethiopian Demographic and Health Survey. Addis Ababa, Ethiopia and Calverton, Maryland, USA, 2012
- [16] Mazengia, F. and Worku, A, Age at Sexual Initiation and Factors Associated with It among Youths in North East Ethiopia. *Ethiopian Journal of Health Development*, 23, 154-162, 2009
- [17] O'Donnell BL, O'Donnell CR, Stueve A, Early sexual initiation and subsequent sex related risks among urban minority youth: The reach for health study. *Family Planning Perspectives*. 2001; 33(6):268-275. [PubMed: 11804436]
- [18] Tasew A, Sexual Experience and Their Correlates among Jigjiga University Students, Ethiopia. MPH Thesis: Addis Ababa University, 2011.
- [19] Tilahun M, Ayele G, Factors Associated with Age at First Sexual Initiation among Youths in Gamo Gofa, South West Ethiopia: a Cross Sectional Study, *Science Journal of Public Health*.1: 107-112.
- [20] <http://www.guttmacher.org/pubs/journals/3508209.html>
- [21] Meekers D, « *Sexual Initiation and Premarital Chlidbearing* In Sub-Saharan Africa », in *Population Studies*, vol. 48, 1994, p. 47-64.
- [22] Augustine A & all, Reasons for delaying or engaging in early sexual initiation among adolescents in Nigeria in *Adolescent Health, Medicine and Therapeutics*
- [23] Fatusi AO, Blum RW, Predictors of early sexual initiation among a nationally representative sample of Nigerian adolescents. *Public Health*. 2008; 8:136.

- [24] Browning CR, Leventhal T, Brooks-Gunn J. Neighborhood context and racial differences in early adolescent sexual activity. *Demography*. 2004; 41(4):697–720. [PubMed: 15622950]
- [25] Cubbin C, Santelli J, Brindis CD, Braveman P. Neighborhood context and sexual behaviors among adolescents: Findings from the national longitudinal study of adolescent health. *Perspectives on Sexual & Reproductive Health*. 2005; 37(3):125–134. [PubMed: 16150660]
- [26] Maggs J.L & Galambos N L, Alternative structural models for understanding adolescent problem behaviors in two-earner families. *Journal of Early Adolescence*, D, 1993, 79- 01.
- [27] Davis, E. C. et Friel, L. V, “Adolescent sexuality: Disentangling the effects of family structure and family context”, *Journal of Marriage and the Family*, Vol. 63, 2001, pp. 669-681.
- [28] Connolly & Goldberg, Romantic relationships in adolescence: The role of friends and peers in their emergence and development. In W. Funnann, Brown, RB, & Feiring, C. (Eds). *The development of romantic relationships in adolescence*, 1999, (pp. 266-290). New York: Cambridge University Press.
- [29] Rowe, D., & Linver, M, Smoking and addictive behaviors: Epidemiological, individual, and family factors. In J. Turner & L. Cardon (Eds.), *Behavior genetic approaches in behavioral medicine: Perspectives on individual differences*, 1995, (pp. 67-84). New York: Plenum.
- [30] Herbigniaux, F. & Thai, Y, Les méthodes contraceptives chez les jeunes. Enquête menée auprès des 13-21 ans par la fédération des Centres de Planning Familial des Femmes Prévoyantes Socialistes. Bruxelles, mars 2005, 44p.
- [31] Rudatsikira, E., Ogwell, Ae., Siziya, S. and Muula, A.S, Prevalence of Sexual Intercourse among School- Going Adolescents in Coast Province, Kenya. *Tanzania Health Research Bulletin*, 2007, 9, 159-163.
- [32] International Planned Parenthood Federation and the Forum on Marriage and the Rights of Women and Girls; Ending Child Marriage; a Guide for Global Policy Action. www.ippf.org
- [33] Dingeta, T., Oljira, L. and Assefa, N, Patterns of Sexual Risk Behavior among Undergraduate University Students in Ethiopia: A Cross-Sectional Study. *Pan African Medical Journal*, 2012, 12, 1-9.
- [34] MEEKERS D, “Sexual Initiation and Premarital Childbearing in sub-Saharan Africa”. DHS Working Papers, Macro International Inc., 1992, 26p.
- [35] KALAMBAYI B, Sexualité des jeunes et comportements sexuels à risque à Kinshasa (R.D.Congo), Académia-Bruyant, 2007, 378p.
- [36] RICH LAUREN M., KIM SUN-BIN, “Employment and the Sexual and Reproductive Behaviour of Female Adolescents”, in *Perspectives on Sexual and Reproductive Health*, Vol. 34, No3, 2002, p.127-134.
- [37] MEEKERS D., CALVES E, “Main girlfriends, girlfriends, marriage and money: the social context of HIV risk behavior in sub-Saharan Africa”, in *Health Transition Review*, Supplement to Volume 7, 1997, p.361- 375.
- [38] Rwenge M, Facteurs contextuels des comportements sexuels : le cas des jeunes de la ville de Bamenda (Cameroun, Yaoundé, IFORD, UEPA, 1999, 164 p.
- [39] Nativel, C et al, Les maternités précoces dans les pays développés : problèmes, dispositifs, enjeux politiques. Rapport commandé par la CNAF, le Centre d’étude et de recherche sur la vie locale. Pouvoir, action publique, territoires. Sciences-Po, Bordeaux, juillet 2003.

Déterminants de l'utilisation des contraceptifs par les femmes à l'Hôpital Général de Référence de Bagira, en République Démocratique du Congo

[Determinants of Contraceptive use among Women in General Hospital of Referral Bagira, Democratic Republic of Congo]

P. Mulongo Mbarambara¹, C. Ziada Kingombe², P. Muhumu Mututa³, and C. Kyambiwa Bisangamo⁴

¹Département de Sages-femmes, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Bukavu,
Bukavu, Sud-Kivu, RD Congo

²Département de Sages-femmes, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Bukavu,
Bukavu, Sud-Kivu, RD Congo

³Département de Santé Publique, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Kanyamulanda,
Walungu, Sud-Kivu, RD Congo

⁴Département de Laboratoire, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Bukavu,
Bukavu, Sud-Kivu, RD Congo

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

ABSTRACT: *Objective:* The objective of this study was to identify the determinants of contraceptive use among women met to the service of Gynecology-obstetrics of the General Hospital of Referral Bagira.

Materials and methods: A cross-sectional study was conducted in general hospital of referral Bagira from March to April 2013. A total of 162 women aged between 20-45 years participated in this study. Occasional sampling was used. The tool of data compilation was a questionnaire of investigation.

Results: Among these women, 60.5% used a contraceptive method during the period of study. Among users, pills and condoms were the most methods used. The religious beliefs and the side-effect fear constituted major barriers to the contraceptive practice. Determinants of the contraceptive practice were the woman's favorable attitude facing the contraception, the husband's implication in the contraceptive use, the conjugal dialogue on family planning and the desire besides to have child ($p < 0,05$).

Conclusion: This study recommends the intensification of sittings of sensitization of the population and the better advice offer that would bring to better contraceptive method acceptability in that hospital.

KEYWORDS: Determinants, contraceptive use, Bagira.

RESUME: *Objectif:* L'objectif de cette étude était d'identifier les déterminants de l'utilisation des contraceptifs parmi les femmes rencontrées au service de gynécologie-obstétrique de l'Hôpital Général de Référence de Bagira.

Matériels et méthodes: Une étude transversale a été conduite de mars à avril 2013. Un total de 162 femmes âgées de 20 à 45 ans a participé à cette étude. L'échantillonnage occasionnel a été utilisé. L'outil de recueil des données était un questionnaire d'enquête. Les tests de chi-carré et de régression logistique ont été utilisés.

Résultats: Parmi ces femmes, 60,5% utilisaient une méthode contraceptive pendant la période d'étude. Les pilules et les préservatifs étaient les méthodes les plus utilisées. Les croyances religieuses et la crainte des effets secondaires constituaient les principales barrières à la pratique contraceptive. Les déterminants de la pratique contraceptive étaient l'attitude

favorable de la femme face à la contraception, l'implication du mari dans l'utilisation du contraceptif, le dialogue conjugal sur la planification familiale et le désir de ne plus avoir d'enfant ($p < 0,05$).

Conclusion: Cette étude recommande l'intensification des séances de sensibilisation de la population et l'offre de meilleurs conseils qui amèneraient à une meilleure acceptabilité des méthodes contraceptives dans cet hôpital.

MOTS-CLEFS: Déterminant, pratique contraceptive, Bagira.

1 INTRODUCTION

De millions de femmes dans les pays en voie de développement meurent chaque année au cours de la grossesse ou à l'accouchement. A chaque minute qui passe, une femme meurt à cause des complications liées à la grossesse et à l'accouchement selon les résultats de Ronsmans et al. [1]. Les résultats de Cleland et al. [2] ont montré que l'accès à la planification familiale peut réduire la mortalité maternelle de 40%, la mortalité des nourrissons de 10% et la mortalité infantile de 21%. La planification familiale contribue également à réduire les coûts des soins de santé plus larges, sachant que moins de mères nécessiteront des soins suite aux complications dues à la grossesse, l'avortement à risque et l'accouchement comme en témoignent les résultats de Singh et al. [3].

Les estimations indiquent qu'environ 215 millions de femmes ont des besoins non satisfaits en planification familiale et souhaiteraient limiter ou espacer les naissances, mais n'utilisent aucune méthode de contraception au niveau mondial. L'Afrique seule renferme plus de 40 millions de ces femmes [4], [5], [6].

En Afrique, plusieurs obstacles entravent l'utilisation des méthodes contraceptives notamment les facteurs culturels, sociaux et d'ordre structural comme la disponibilité et l'accès financier aux contraceptifs [7,8]. Toutefois, certains pays ont fait de progrès en matière de planification familiale. C'est le cas du Rwanda où le pourcentage de femmes mariées ayant recours à la contraception est passé de 13% en 2000 à 52% en 2010 et de l'Éthiopie, l'utilisation de contraceptifs est passée de 8% à 29% entre 2000 et 2010 [9], [10].

La République Démocratique du Congo (RDC) fait partie de pays qui contribuent lourdement à la mortalité maternelle et infantile et pourtant l'utilisation des méthodes contraceptives par les femmes en union demeure toujours faible. En effet, seulement 20 % des femmes de 15-49 ans en union utilisent actuellement une méthode contraceptive quelconque (méthode moderne ou méthode traditionnelle): 8 % utilisent une méthode moderne et 13 % une méthode traditionnelle [11]. Une étude menée dans le district de santé de Vanga à l'ouest de la RDC, a montré que les femmes n'utilisaient pas les contraceptifs par crainte des effets secondaires et au refus de leurs maris [12]. Une étude conduite à l'est de la RDC dans la ville de Butembo, province du Nord Kivu a identifié les obstacles à l'utilisation des méthodes modernes qui comprenaient le manque de connaissance, la peur des effets secondaires, des considérations religieuses et l'opposition par le mari [13]. Dans la ville de Bukavu, chef-lieu de la province du Sud-Kivu, les femmes aspirent à avoir une descendance réduite mais leur demande contraceptive demeure timide (13,2%) [11]. Aucune étude n'a cherché à déterminer les facteurs d'utilisation ou non des méthodes contraceptives auprès des femmes à l'est de la RDC et surtout dans une formation sanitaire de niveau secondaire. Cette situation nous a motivé de conduire cette étude qui avait pour objectif d'identifier les déterminants de l'utilisation de contraceptifs parmi les femmes fréquentant le service de gynéco-obstétrique à l'Hôpital Général de Référence de Bagira à l'est de la RDC.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

Une étude transversale a été conduite auprès des patientes consultant le service de gynéco-obstétrique de l'Hôpital Général de Référence de Bagira au cours de la période allant du mois de mars au mois d'avril 2013. Cet hôpital est situé en commune de Bagira dans le district sanitaire de Bukavu, chef-lieu de la province du Sud Kivu à l'est de la République Démocratique du Congo. L'étude a concerné les femmes mariées âgées de 20 à 45 ans venues en consultation gynécologique pendant la période d'étude. Au total, 200 patientes ont consulté ce service parmi lesquelles 170 étaient mariées et se trouvaient dans la tranche d'âge susmentionnée. Seulement 162 patientes ont accepté de répondre à notre questionnaire, soit un taux de participation de 95%. L'échantillonnage était de convenance.

La variable dépendante était l'utilisation de contraceptifs et les variables explicatives étaient les caractéristiques générales des patientes (âge, niveau d'étude, l'occupation, le désir d'avoir un enfant, l'information sur la planification familiale, l'approbation de la contraception, la participation à une séance de sensibilisation sur la planification familiale) et les

données générales du conjoint (le niveau d'instruction du conjoint, sa profession, son approbation de la contraception, le dialogue conjugal sur la contraception). Un questionnaire individuel préalablement testé a été administré à toute femme répondant aux critères d'inclusion. Le consentement verbal éclairé de chaque femme interrogée a été acquis et la confidentialité ainsi que l'anonymat ont été garantis pour les informations collectées.

Les données collectées ont été contrôlées et saisies à l'aide du logiciel Microsoft Excel puis analysées au moyen du logiciel SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, Etats-Unis). Les données catégorielles ont été décrites à l'aide des proportions pour chaque catégorie. Pour la comparaison de deux variables catégorielles, le test Chi-carré ou le test de Fisher ont été utilisés en fonction des conditions d'application et l'Odds ratio (OR) a été estimé ainsi que son intervalle de confiance à 95% (IC95%). Une p-valeur inférieure à 5% a été considérée comme statistiquement significative ($p < 0,05$). Pour éliminer les facteurs confondants, nous avons effectué la régression logistique pour les variables dont la valeur de p était inférieure ou égale à 20% en analyse bivariée ($p \leq 0,20$). L'approche pas à pas descendante a été utilisée.

3 RÉSULTATS

3.1 POPULATION

Pendant cette période d'étude, le service de gynéco-obstétrique de l'hôpital général de référence de Bagira a connu la consultation de 200 patientes. Le nombre des patientes mariées âgées de 20-45 ans et consentes était de 162 patientes qui ont été incluses dans l'étude. L'âge moyen était de 29,8 ans $\pm$ 6,0 ans. Elles étaient en majorité chrétiennes de niveau d'étude secondaire. La plupart d'entre elles avaient moins de 5 enfants vivants. Elles étaient comme leurs maris plus dans le secteur privé. Le tableau 1 décrit les caractéristiques sociodémographiques des enquêtées.

Tableau 1 Caractéristiques sociodémographiques des femmes vues à l'Hôpital Général Référence de Bagira, 2013

Table 1 Sociodemographic characteristics of women seen at Bagira Referral General Hospital in 2013

Caractéristiques	n=162	%
Age		
20-24 ans	24	14,8
25-34 ans	102	64,2
35-44 ans	31	19,1
45 ans et plus	3	1,9
Niveau d'étude		
Aucun	8	4,9
Primaire	15	9,3
Secondaire	98	60,5
Universitaire	41	25,3
Profession exercée		
Emploi salarial	42	25,9
Emploi libéral	65	40,1
Aucun	55	24
Nombre d'enfants vivants		
Aucun	6	3,7
Moins de 5	131	80,9
5 enfants et plus	25	15,4
Nombre d'enfant décédés		
Aucun	110	67,9
Au moins 1	52	32,1
Religion		
Catholique	89	54,9
Protestante	59	36,4
Musulmane	8	4,9
Kimbanguiste	6	2,9
Profession du mari		
Salariale	42	26,0
Libérale	70	43,2
Aucune	50	30,8
Désir d'avoir un enfant		
Oui	42	74,1
Non	120	25,9

HGR : Hôpital Général de Référence

3.2 PARAMETRES D'INFORMATION ET DE PRATIQUE CONTRACEPTIVE

Presque toutes les patientes avaient déjà entendu parler de la planification familiale à travers principalement les formations sanitaires. Elles percevaient positivement la planification familiale mais celles qui utilisaient un contraceptif représentaient 60,5% de l'effectif. Les raisons de la non utilisation de contraceptifs étaient plus les croyances religieuses et la crainte des effets secondaires. Les méthodes artificielles étaient plus utilisées notamment les pilules et les préservatifs. D'après ces patientes, leurs maris encourageaient la pratique contraceptive et communiquaient aisément sur cette question comme en témoigne le tableau II.

Tableau 2 Connaissance et pratique contraceptive des femmes vues à l'Hôpital Général de Référence de Bagira**Table 2 Knowledge and contraceptive use of women seen at Bagira Referral General Hospital in 2013**

Paramètres	n=162	%
Sont informés sur la PF		
Oui	153	94,4
Non	9	5,6
Sources d'information (n=153)		
Formations sanitaires	104	68
Media	34	22,2
Ecole	15	9,8
Attitude de la femme face à la PF		
Favorable	140	86,4
Défavorable	22	13,6
Participation à une séance de PF (n=162)		
Oui	110	67,9
Non	52	32,1
Utilisation d'une méthode contraceptive		
Oui	98	60,5
Non	64	39,5
Méthodes utilisées (n=98)		
Pilules	34	34,7
Norplant	15	15,3
Collier du cycle	9	9,2
Calendrier	5	5,1
Injectables	4	4,1
Préservatifs	29	29,6
Coït interrompu	3	3,1
Durée d'utilisation de la méthode (n=98)		
Moins d'un an	13	13,3
Un à quatre ans	52	53
Cinq ans et plus	33	33,7
Raisons de ne pas utiliser une méthode de PF (n=64)		
Désir d'enfant	27	42,2
Mon église s'y oppose	38	59,3
Craintes des effets secondaires	33	51,5
Dialogue conjugal sur la PF		
Oui	113	69,7
Non	49	30,3
Conjoint approuve la PF		
Oui	92	56,8
Non	70	43,2

N : Effectif

PF : Planification Familiale

HGR : Hôpital Général de Référence

3.3 DÉTERMINANTS DE L'UTILISATION DE CONTRACEPTIFS

L'utilisation de contraceptifs était statistiquement significative selon le niveau d'instruction ($p = 0,006$) et le désir de ne plus avoir d'enfant ($p = 0,005$). Les patientes qui ont fini le niveau secondaires étaient enclines à utiliser le contraceptif que celles de niveau d'instruction bas. Le fait que la patiente était favorable à la planification familiale ($p < 0,0001$) multipliait par 9 la chance d'utiliser le contraceptif et par 6 si son mari la soutenait ($p < 0,0001$). Les autres facteurs qui influençaient significativement le recours aux contraceptifs étaient la participation à une séance de sensibilisation sur la planification familiale ($p = 0,0036$), le dialogue conjugal sur la contraception ($p = 0,0024$) et le fait que le mari travaille ($p < 0,0001$) comme cela est résumé dans le tableau 3.

Tableau 3 Utilisation des contraceptifs en fonction des caractéristiques générales des femmes vues à l'Hôpital Général de Référence de Bagira, 2013

Table 3 Association between contraceptive use and general characteristics of women seen at Bagira Referral General Hospital in 2013

Caractéristiques	n (%)	% utilisation contraceptifs	OR (IC à 95%)	p
Age				0,571
15-34 ans	128 (79,0)	56,2	1,25 (0,57-2,75)	
35 ans et plus	34 (21,0)	64,7	1	
Niveau d'instruction de la femme				0,0064
Secondaire ou Supérieur	139(85,8)	64,7	3,44 (1,36-8,69)	
Sans ou primaire	23 (14,2)	34,8	1	
Profession de la femme				0,666
Avec profession	107 (66,0)	61,7	1,16 (0,57-2,37)	
Sans profession	55 (34,0)	58,2	1	
Désir d'avoir un enfant				0,0053
Non	42 (25,9)	78,6	3,10 (1,28-7,67)	
Oui	120 (74,1)	54,2	1	
Dialogue conjugal sur la PF				0,0024
Oui	113 (69,7)	68,1	2,35 (1,35-6,04)	
Non	49 (30,3)	42,8	1	
Situation professionnelle du mari				<0,0001
Travaille	102 (63,0)	72,5	3,96 (1,91-8,26)	
Ne travaille pas	50 (47,0)	52,2	1	
Attitude favorable face à la PF				<0,0001
Oui	140 (86,4)	67,1	9,19 (2,94-28,73)	
Non	22 (13,6)	18,2	1	
Participation à une séance de PF				0,0036
Oui	110 (67,9)	68,2	2,70 (1,30-5,64)	
Non	52 (32,1)	44,2	1	
Conjoint approuve la PF				<0,0001
Oui	92 (56,8)	78,6	6,09 (2,89-12,99)	
Non	70 (43,2)	37,1	1	

n=effectif

PF=Planification Familiale

OR=Odds Ratio

IC=Intervalle de Confiance

De tous les facteurs associés à l'utilisation de contraceptifs en analyse bivariée, la situation profession du mari, la participation à une séance de sensibilisation sur la planification familiale et le niveau d'instruction de la patiente ne ressortaient plus comme associés à la pratique contraceptive. La régression logistique a retenu comme déterminants de l'utilisation de contraceptif par ordre décroissant l'attitude favorable de la patiente, le dialogue conjugal sur la contraception, l'implication du mari dans la planification et le désir de ne plus avoir d'enfant comme l'indique le tableau 4.

Tableau 4 Régression logistique déterminant l'utilisation des contraceptifs par les femmes vues à l'Hôpital Général de Référence de Bagira, 2013**Table 4 Logistic regression determining contraceptive use of women seen at Bagira Referral General Hospital in 2013**

Variables	OR ajusté (IC à 95 %)	P
Niveau d'étude de la femme	1,82 (0,70-4,73)	0,2173
Désir de plus avoir d'enfant	2,21 (1,91-5,20)	0,0010
Attitude favorable de la femme	5,60 (1,33- 4,05)	0,0184
Participation à une séance de PF	1,90 (0,64-3,24)	0,1234
Conjoint approuve la PF	4,46 (2,12-7,46)	0,0091
Dialogue conjugal sur la PF	4,50 (1,30-2,65)	0,0001
Profession du conjoint	1,65 (0,82-6,20)	0,5927

OR : Odds ratio

IC : Intervalle de confiance

4 DISCUSSION

Cette étude réalisée sur 162 patientes présentes au service de gynéco-obstétrique de l'hôpital général de référence de Bagira entre mars-avril a montré que 60,5% d'entre elles utilisaient une méthode contraceptive. Nos relevés sont similaires à ceux d'Izale K et al qui ont trouvé une proportion de 60% d'utilisation des méthodes contraceptives dans le district de Vanga en République démocratique du Congo [12], de Agha S au Nord de l'Irak (60,6%) [14].

Notre taux d'utilisation est supérieur à ce qui a été trouvé dans l'étude effectuée dans la ville de Butembo à l'est de la RDC (30,6%), en Ethiopie dans la ville de Mojo (38,3%) et dans le district de Misha (31,8%), en Equateur (47%) et au Mexique (47,8 %) [15], [16], [17], [18]. Cette différence peut être liée à l'approche méthodologique et au fait que notre étude a été menée dans une ville post conflit où la population vit dans une pauvreté notoire l'obligeant à espacer voire à limiter les naissances mais aussi le milieu urbain offre souvent des opportunités d'accès à l'information en matière de planification familiale.

Les raisons de la non utilisation de contraceptifs évoquées dans cette étude sont l'opposition de l'église, la crainte des effets secondaires et les mentalités pronatalistes. D'autres auteurs ont confirmé nos résultats [12], [13], [14], [18], [19]. L'explication plausible serait la multiplicité de sources d'informations souvent contradictoires sur la planification familiale dans la communauté. Un grand effort est à fournir pendant les séances de counseling en planification familiale lors de causeries collectives au cours des consultations prénatales et avant la sortie de la maternité pour dissiper les fausses rumeurs sur les avantages de la planification familiale.

Il s'est observé que les méthodes contraceptives modernes étaient plus utilisées en l'occurrence les pilules et les préservatifs. Cette même observation a été faite par d'autres auteurs sous d'autres cieux [20], [21], [22]. Cela peut être lié au fait que la majorité de patientes rencontrés sont de jeunes adultes et la facilité de prise de ces méthodes et leur large utilisation leur confère cette préférence.

L'objectif de l'étude était d'identifier les déterminants de l'utilisation des contraceptifs. Les résultats de l'étude n'ont pas montré de relation significative entre les facteurs tels que l'âge, la profession de la patiente avec l'utilisation de contraceptive ($p>0,05$). Ces résultats étaient différents de ceux trouvés dans les études conduites en milieu rural du Kenya par Beharman, en Tanzanie par Idda, au Ghana par Adjei D et par Martin E au Malawi [20], [21], [22], [23]. Même si notre étude n'a pas pu montrer de lien entre la profession et l'utilisation de contraceptifs, il est établi que quand une femme est économiquement forte, elle devient autonome de décider sur sa propre destinée. L'utilisation de contraceptif n'était pas en association significative dans cette étude du fait qu'en ville, les jeunes se marient tardivement et veulent rattraper le temps perdu.

La régression logistique a identifié l'attitude favorable de la patiente, le dialogue conjugal sur la contraception, l'implication du mari dans la planification et le désir de ne plus avoir d'enfant comme les principales variables explicatives de l'utilisation de contraceptifs dans la Zone de santé de Bagira. Cependant, le niveau d'étude de la patiente, le statut professionnel de son mari et la participation à une séance de planification familiale étaient significatifs en analyse bivariée seulement.

Cette étude montre que les femmes qui ont un niveau d'étude au-delà du niveau primaire présentent 3,44 fois de chance d'utiliser un contraceptif par rapport à celles d'un niveau bas ($p=0,006$). Ce résultat a été documenté par d'autres études

notamment en Ethiopie, [17], [18], [22], [23]. [24]. Ce résultat montre une fois de plus que l'éducation de la femme est une stratégie cruciale pour son autonomisation et par voie de conséquence pour l'utilisation accrue de contraceptifs.

Il a été trouvé dans cette étude que l'attitude favorable de la patiente face à la planification familiale était aussi un facteur influant sur l'utilisation d'un contraceptif ($p=0,0184$). Des études menées en Afrique comme en Asie ont montré qu'une femme qui accepte les services de planification familiale était prête à utiliser une méthode contraceptive [15], [25]. La qualité de renseignements reçus sur la planification demeure la clé de voûte dans ce domaine.

Cette étude a révélé le fait que les femmes qui discutaient avec leurs maris au sujet de la planification familiale avaient 4,5 fois de chances d'utiliser un contraceptif par rapport à celles qui n'ont pas de dialogue familial sur cette question. Ceci est en accord avec les études conduites dans plusieurs pays notamment au Nigéria, en Tanzanie, au Bangladesh et en Ethiopie [26], [27], [28], [29]. Promouvoir le dialogue conjugal dans les ménages constitue une stratégie cruciale dans l'adhésion de femmes à la politique de planification familiale.

L'étude a également montré que les femmes dont les maris se montrent favorables à la planification familiale avaient plus de chances d'utiliser une méthode contraceptive que d'autres ($p=0,0091$). Ceci corrobore les études antérieures entreprises sur le continent africain [30], [31]. Ceci implique que l'homme joue un rôle très important dans l'utilisation des méthodes contraceptives.

Les femmes qui désiraient ne plus avoir d'enfants étaient enclines à utiliser un contraceptif par rapport à celles qui avaient encore envie de mettre au monde ($p=0,001$). D'autres études ont établi la relation qui existe entre les conditions socioéconomiques et l'utilisation des méthodes contraceptives [32], [33]. Les facteurs culturels sont tout aussi importants en ce qui concerne les décisions des couples en matière de planification familiale et de contraception. Le fait que l'étude a été menée dans un milieu urbain où les conditions de vie sont difficiles dans un contexte post-conflit pourrait expliquer une attitude réservée face à la procréation.

5 CONCLUSION

Bien que l'étude montre un niveau d'information et d'attitude élevé des femmes interrogées en matière de planification familiale, l'utilisation de contraceptif reste moyenne (60%). Les méthodes modernes étaient les plus utilisées notamment les pilules. L'utilisation de méthodes contraceptives étaient fortement associée à l'attitude positive des femmes face à la contraception, au dialogue conjugal sur la contraception, à l'implication du mari en matière de contraception et au fait de ne plus vouloir avoir d'enfant. Les prestataires de soins dans la Zone de santé de Bagira devraient, à tout contact avec les femmes, aborder l'importance de la planification familiale dans l'amélioration de la santé du couple mère-enfant.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à exprimer notre sentiment de gratitude à l'équipe soignante du service de Gynéco-obstétrique de l'Hôpital Général de Référence de Bagira pour l'appui nous apporté au cours de l'enquête. Les femmes qui ont accepté de participer à cette enquête ne sont pas oubliées.

REFERENCES

- [1] Ronsmans C, Graham WJ, Lancet Maternal Survival Series steering group. Maternal mortality: who, when, where, and why. *The Lancet*. 2006; 368(9542), 1189-1200.
- [2] Cleland J, Conde-Agudelo A, Peterson H, Ross J, Tsui A. Contraception and health. *The Lancet*. 2012; 380(9837), 149-156.
- [3] Singh S, Darroch, JE. Adding it up: Costs and benefits of contraceptive services. *Guttmacher Institute and UNFPA*. 2012.
- [4] Singh S, Darroch JE, Ashford LS, Vlassoff M. *Adding It Up: The costs and Benefits of Investing in family Planning and maternal and new born health*. Guttmacher Institute 2009.
- [5] Oddens BJ, Leher P. Determinants of contraceptive use among women of reproductive age in Great Britain and Germany II: psychological factors. *Journal of Biosocial Science*. 1997; 29(04), 437-470.
- [6] Rhoda S, Lori A, Jay G, Donna C. Family planning saves lives. *Population Reference BuREAU, 4th Ed. USA*. 2009.
- [7] Onwuzurike BK, Uzochukwu BSC. Knowledge, Attitude and Practice of Family Planning amongst Women in a High Density Low-Income Urban of Enugu, Nigeria. *African journal of reproductive health*. 2001; 5(2), 83-89.
- [8] Enquête démographique et de santé 2010 au Rwanda. Calverton, MD : Institut national de la statistique du Rwanda, ministère de la Santé du Rwanda, et ICF International, 2012.

- [9] Msoffe GE, Kiondo E. Accessibility and use of family planning information (FPI) by rural people in Kilombero District, Tanzania. *African Journal of Library, Archival, and Information Science*. 2009; 19(2), 117-127.
- [10] Office central de statistique, Ethiopie, ICF International. Éthiopie. Enquête démographique et de santé 2011 en Éthiopie. Addis Abeba, Éthiopie/Calverton, MD: Office central de statistique et ICF International, 2012.
- [11] Ministère du Plan et Suivi de la Mise en œuvre de la Révolution de la Modernité /Ministère de la Santé Publique. Rapport préliminaire de l'Enquête Démographique et Sanitaire 2013-2014, République Démocratique du Congo, 2014.
- [12] Izale K, Govender I, Fina JPL, Tumbo J. Factors that influence contraceptive use amongst women in Vanga health district, Democratic Republic of Congo. *African Journal of Primary Health Care & Family Medicine*. 2014; 6(1), 1-7.
- [13] Mathe JK, Kasonia KK, Maliro AK. Barriers to adoption of family planning among women in eastern democratic republic of Congo: Original research article. *African journal of reproductive health*. 2011; 15(1), 69-77.
- [14] Agha SY, Rasheed BO. (2007). Family planning and unmet need among Iraqi Kurds. *EMHJ*. 2007; 13 (6): 1382.
- [15] Gizaw A, Regassa N. Family planning service utilization in Mojo town, Ethiopia: A population based study. *J Geogr Reg Plann*. 2011, 4(6), 355-63.
- [16] Chafo K, Doyore F. Unmet Need for Family Planning and Associated Factors among Currently Married Women in Misha District, Southern Ethiopia: A Cross Sectional Study. *Journal of Womens Health Care*. 2014; 3: 165.
- [17] Arbab AA, Bener A, Abdulmalik M. Prevalence, awareness and determinants of contraceptive use in Qatari women. *Eastern Mediterranean Health Journal*. 2011; 17(1): 11-18.
- [18] Barber SL. Family planning advice and postpartum contraceptive use among low-income women in Mexico. *International Family Planning Perspectives*. 2007; 33(1):6-12.
- [19] Woldemicael G, Beaujot R. Currently married women with an unmet need for contraception in Eritrea: Profile and determinants. *Canadian Studies in Population*. 2011; 38(1-2), 61-81.
- [20] Behrman JR, Kohler HP, Watkins SC. Social networks and changes in contraceptive use over time: Evidence from a longitudinal study in rural Kenya. *Demography*. 2002; 39(4), 713-738.
- [21] Mosha IH, Ruben R. (2013). Communication, knowledge, social network and family planning utilization among couples in Mwanza, Tanzania. *African journal of reproductive health*. 2013 ; 17(3), 57-69.
- [22] Adjei D, Owusu SJ, Asiedu M, Acheampong SI. Psychosocial factors affecting contraceptive usage: a case of unmet needs in Ghana. *European Scientific Journal* 2014; 10 (15): 83-93.
- [23] Palamuleni, M. E. Socio-economic and demographic factors affecting contraceptive use in Malawi: original research article. *African journal of reproductive health*. 2013; 17(3), 91-104.
- [24] Mehata S, Paudel YR, Mehta R, Dariang M, Poudel P, Barnett S. Unmet need for family planning in Nepal during the first two years postpartum. *BioMed research international*. 2014; 10: 1-9.
- [25] Alpu Ö, Fidan H. On the use of contraceptive methods among married women in Turkey. *European J. of Contraception and Reproductive Healthcare*. 2006; 11(3), 228-236.
- [26] Olugbenga-Bello AI, Abodunrin OL, Adeomi AA. Contraceptive practices among women in rural communities in south-western Nigeria. *Global Journal of Medical Research*. 2011; 11(2):1.
- [27] Lwelamira J, Mnyamagola G, Msaki MM. Knowledge, attitude and practice (KAP) towards modern contraceptives among married women of reproductive Age in mpwapwa district, central Tanzania. *Curr Res J Soc Sci*. 2012; 4(3):235-245.
- [28] Kamal SM & Islam MA. Contraceptive use: socioeconomic correlates and method choices in rural Bangladesh. *Asia-Pacific Journal of Public Health*. 2010; 22(4), 436-450.
- [29] Mohammed A, Woldeyohannes D, Feleke A, Megabiaw B. Determinants of modern contraceptive utilization among married women of reproductive age group in North Shoa Zone, Amhara Region, Ethiopia. *Reprod Health*. 2014; 11(1), 13.
- [30] Abraham W, Adamu A, Deresse D. The involvement of men in family planning an application of transtheoretical model in Wolaita Soddo Town South Ethiopia. *Asian J Med Sci*. 2010; 2(2), 44-50.
- [31] Moronkola OA, Ojedian MM and Amosu A. Reproductive health knowledge, beliefs and determinants of contraceptives use among women attending family planning clinics in Ibadan, Nigeria. *African Health Sciences* 2006; 6(3): 155-159.
- [32] Ndahindwa V, Kamanzi C, Semakula M, Abalikumwe F, Hedt-Gauthier B, Thomson DR. Determinants of fertility in Rwanda in the context of a fertility transition: a secondary analysis of the 2010 Demographic and Health Survey. *Reproductive health*. 2014; 11(1), 87.
- [33] Srikanthan A, Reid RL. Religious and cultural influences on contraception. *J Obstet Gynaecol Can* 2008; 30 (2):129-137.

Modelado de los factores críticos de éxito en la implantación de sistemas CRM mediante mapas cognitivos difusos y computación con palabras

[Critical success factors in CRM implementation modelling using computing with word and fuzzy cognitive maps]

Dixie Marisol Lopezdomínguez Rivas, Sol David Lopezdomínguez Rivas, Katya Martha Faggioni Colombo, and Miriam Peña González

Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Guayas, Ecuador

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

ABSTRACT: Fuzzy cognitive maps have received increasing attention for the representation of the causal knowledge especially useful in knowledge management. This paper proposes a model CRM critical success factor modelling and analysis based on fuzzy cognitive maps and using the paradigm of Computing with Words, in order to provide causal models easy to understand. To this end, the use of linguistic representation model based on linguistic 2-tuple in the competitive fuzzy cognitive maps is proposed, which allowing to perform the Computing with Words Processes without losing information. The main advantage of the model proposed for is that it allows increasing the interpretability of the causal models, being this fact knowledge management. Last, the paper presents a case study of the model proposed, as well as recommendations for future works.

KEYWORDS: computing with words, CRM, granularity, fuzzy cognitive maps.

RESUMEN: Los mapas cognitivos difusos han recibido una creciente atención para la representación del conocimiento causal, siendo de especial utilidad en la gestión del conocimiento. En el presente trabajo se propone un modelo de apoyo al modelado y análisis de los factores críticos de éxito de la implementación de sistemas CRM utilizando el paradigma de computación con palabras con el objetivo de proporcionar modelos causales que sean fácilmente comprensibles. Para ello, se propone el uso del modelo de representación lingüístico basado en 2-tuplas lingüísticas en los mapas cognitivos difusos c, permitiendo realizar los procesos de computación con palabras sin pérdida de información. La principal ventaja del modelo propuesto para la representación del conocimiento basado en mapas cognitivos difusos es que permite aumentar la interpretabilidad de los modelos causales, siendo este hecho de utilidad en la gestión del conocimiento. Finalmente, se presenta un estudio de caso del modelo presentado así como recomendaciones de trabajos futuros.

PALABRAS CLAVE: computación con palabras, CRM, granularidad, mapas cognitivos difusos.

1 INTRODUCCIÓN

Las situaciones que abarcan el contexto en que el ser humano desarrolla sus tareas cotidianas son extremadamente complejas y dinámicas. Cuando se trata de analizar la problemática de un área particular, la representación de los conceptos en forma de un mapa permite resumir la información aislando los principales conceptos que están vinculados. En los denominados casos los Mapas Cognitivos Difusos (MCD) [1] se logra sintetizar gran parte de la información presente.

Los MCD han sido objeto de una creciente atención para el análisis de sistemas causales complejos y constituyen grafos causales que hacen uso de la lógica difusa brindando la posibilidad de representar ciclos y modelar la vaguedad propia de

este tipo de relaciones [2]. Una de las ventajas destacadas de los MCD es la relativa facilidad que ofrecen para la agregación o fusión de distintos modelos. Esta agregación de conocimiento permite mejorar la fiabilidad del modelo final, el cual es menos susceptible a creencias potencialmente erróneas de un único experto, ya que permite integrar conocimientos de diferentes expertos con experiencias y modelos mentales diversos.

Los mapas cognitivos (MC) fueron propuestos inicialmente por Axelrod [3]. En MC, los nodos representan conceptos o variables de un dominio. Las conexiones señalan la dirección de la causalidad junto al signo asociado que puede ser positivo (incremento causal) o negativo (decremento causal). Sin embargo en el mundo cotidiano los enlaces entre causa y efecto son frecuentemente imprecisos por naturaleza, existiendo distintos grados de causalidad, por lo que se impone el uso de la lógica difusa [4], ya que ofrece un marco adecuado para tratar con la causalidad imperfecta en los mapas cognitivos.

La lógica difusa permite expresar el grado de causalidad entre conceptos a través del empleo de valores difusos en el intervalo $[-1,1]$, mediante el uso de expresiones lingüísticas como. En estos casos, la información lingüística modela de forma flexible el conocimiento e implica procesos de computación con palabras (CWW) [5].

El CRM (Customer Relationship Management) [6], o la Gestión de las relaciones con el cliente, es una herramienta que facilita el logro de un conocimiento estratégico de los clientes y sus preferencias, así como un manejo de la información de estos de forma eficiente dentro de la organización. El CRM facilita que haya una visión integrada de los clientes a través de toda la organización [7]. La determinación y análisis de los factores críticos de éxito en los proyectos de desarrollo e implantación de software en general, y de CRM en particular, contribuye a que las organizaciones centren su atención en los factores fundamentales para ser exitosas [8].

En el presente trabajo se propone un método para el modelado de los factores críticos de éxitos de los proyectos de implantación de CRM, haciendo uso del modelo lingüístico basado en 2-tuplas para trabajar sobre MCD competitivos siguiendo el paradigma de computación con palabras. La principal novedad de dicho modelo radica en facilitar la interpretabilidad de un modelo para la ayuda a la representación del conocimiento causal.

Este trabajo se estructura del siguiente modo: En la Sección 2 se abordan las temáticas relacionadas con los MCD, así como el modelo de representación basado en la 2-tuplas lingüística. En la Sección 3 se presenta el procedimiento propuesto y a continuación en la Sección 4 se muestra el estudio de caso. El trabajo finaliza con las conclusiones y sugerencias de trabajos futuros.

2 MAPAS COGNITIVOS DIFUSOS

Los MCD son una técnica desarrollada por Kosko [1] como una extensión de los mapas cognitivos. Los MCD describen la fortaleza de la relación mediante el empleo de valores borrosos. Constituyen una estructura de grafo difuso con retroalimentación para representar causalidad [9] y ofrecen un marco de trabajo más potente y flexible para representar el conocimiento humano para el razonamiento que los sistemas expertos tradicionales [10].

Un MCD se puede representar a través de un dígrafo ponderado donde los nodos representan conceptos y los arcos indican una relación causal [11]. La matriz de adyacencia es construida por su parte a partir de los valores asignados a los arcos generalmente de forma numérica [12].

En los MCD existen tres posibles tipos de relaciones causales entre conceptos:

- Causalidad positiva ($W_{ij} > 0$): Indica una causalidad positiva entre los conceptos C_i y C_j , es decir, el incremento (disminución) en el valor de C_i lleva al incremento (disminución) en el valor de C_j .
- Causalidad negativa ($W_{ij} < 0$): Indica una causalidad negativa entre los conceptos C_i y C_j , es decir, el incremento (disminución) en el valor de C_i lleva la disminución (incremento) en el valor de C_j .
- No existencia de relaciones ($W_{ij} = 0$): Indica la no existencia de relación causal entre C_i y C_j .

Dada la gran utilidad de los MCD, estos han sido extendidos para modelar diversas situaciones. Así, encontramos extensiones basadas en la teoría de los sistemas grises [13], intervalos [14], lógica difusa intuicionista [15], entre otras extensiones.

Existen varias adaptaciones de los MCD para la toma de decisiones o construcción de sistemas de soporte a la toma de decisiones. Stylios y otros [16] proponen la aplicación de los MCD a la toma de decisiones en la medicina, y denominan su modelo mapa cognitivo difuso competitivo. Sin embargo la necesidad de que la relación entre los nodos sea numérica limita la interpretabilidad del modelo.

3 CWW Y MODELO LINGÜÍSTICO BASADO EN 2-TUPLAS

En [17] se presenta una propuesta que tiene como propósito aumentar la interpretación de los MCD proporcionando resultados lingüísticos. Se propone que se represente la información a través de valores lingüísticos y se opere sobre ellos a través del modelo lingüístico basado en 2-tuplas [18]. De este modo, los modelos mentales obtenidos son más cercanos al modo de pensar de los decisores.

La CWW es una metodología que permite realizar un proceso de computación y razonamiento utilizando palabras pertenecientes a un lenguaje. Esta metodología permite crear y enriquecer modelos de decisión en los cuales la información vaga e imprecisa [19] es representada a través de información lingüísticas.

El modelo de representación lingüística de 2-tuplas permite realizar procesos de computación con palabras sin pérdida de información, basándose en el concepto de traslación simbólica.

Sea $S = \{s_0, s_1, \dots, s_g\}$ un conjunto de términos lingüísticos y $\beta \in [0, g]$ un valor en el intervalo de granularidad de S .

Definición 1: [4] La Traslación Simbólica de un término lingüístico, s_i , es un número valorado en el intervalo $[-.5, .5]$ que expresa la diferencia de información entre una cantidad de información expresada por el valor $\beta \in [0, g]$, obtenido en una operación simbólica y el valor entero más próximo, $i \in \{0, \dots, g\}$ que indica el índice de la etiqueta lingüística (s_i) más cercana en S .

A partir de este concepto es desarrollado un nuevo modelo de representación de la información lingüística el cual hace uso de un par de valores, o 2-tuplas. Este modelo de representación define un conjunto de funciones que facilitan las operaciones sobre dichos valores.

Definición 2: [4] Sea $S = \{s_0, s_1, \dots, s_g\}$ un conjunto de términos lingüísticos y $\beta \in [0, g]$ un valor que representa el resultado de una operación simbólica, entonces la 2-tupla lingüística que expresa la información equivalente a β , se obtiene usando la siguiente función:

$$\begin{aligned} \Delta: [0, g] &\rightarrow S \times [-.5, .5) \\ \Delta(\beta) &= (s_i, \alpha), \text{ con } \begin{cases} s_i, & i = \text{round}(\beta) \\ \alpha = \beta - i, & \alpha \in [-.5, .5) \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

Donde round es el operador usual de redondeo, s_i , es la etiqueta con índice más cercano a β y α es el valor de la traslación simbólica.

Es necesario destacar que $\Delta^{-1}: \langle S \rangle \rightarrow [0, g]$ es definida como $\Delta^{-1}(s_i, \alpha) = i + \alpha$. De este modo, una 2-tupla lingüística $\langle S \rangle$ queda identificada con su valor numérico en $[0, g]$.

4 MODELO DE MCD BASADO EN CWW

Pérez y colaboradores [17] proponen un modelo de MCD basado en computación con palabras. El peso de la conexión que va del concepto C_j al concepto C_i es representado mediante 2-tuplas lingüísticas. Dado que el modelo lingüístico basado en 2-tuplas permite realizar una transformación entre una 2-tupla lingüística y un valor numérico en el intervalo de granularidad $[0, g]$ y los MCD trabajan sobre valoraciones numéricas expresadas en el intervalo $[-1, 1]$, se desarrolló una función para la transformación de una 2-tupla a un valor numérico en el intervalo $[-1, 1]$ que nos permita trabajar con MCD. Además fue propuesto la transformación del valor numérico equivalente de una 2-tupla β a un valor numérico en el intervalo $[-1, 1]$ del siguiente modo [20].

$$\begin{aligned} \gamma: [0, g] &\rightarrow [-1, 1] \\ \gamma(v) &= \frac{2v}{g-1} - 1 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \gamma^{-1}: [-1, 1] &\rightarrow [0, g] \\ \gamma^{-1}(v) &= \frac{(v+1)(g-1)}{2} \end{aligned} \quad (3)$$

Donde g es la granularidad del conjunto de términos S .

Las funciones anteriores junto a las funciones asociadas con la 2-tupla, permiten la representación de relaciones causales (6) para la realización del proceso de inferencia causal utilizando las 2-tuplas (8).

5 MODELO PROPUESTO

En esta sección se presenta el procedimiento empleado para el modelado y análisis de los factores críticos de éxito implicados en la implantación de sistemas CRM. El mismo tiene como propósito fundamental mejorar la interpretabilidad de los modelos y una gestión más adecuada del conocimiento. Las fases incluidas en el modelo propuesto se representan gráficamente en la Figura 1 y son detalladas a continuación:

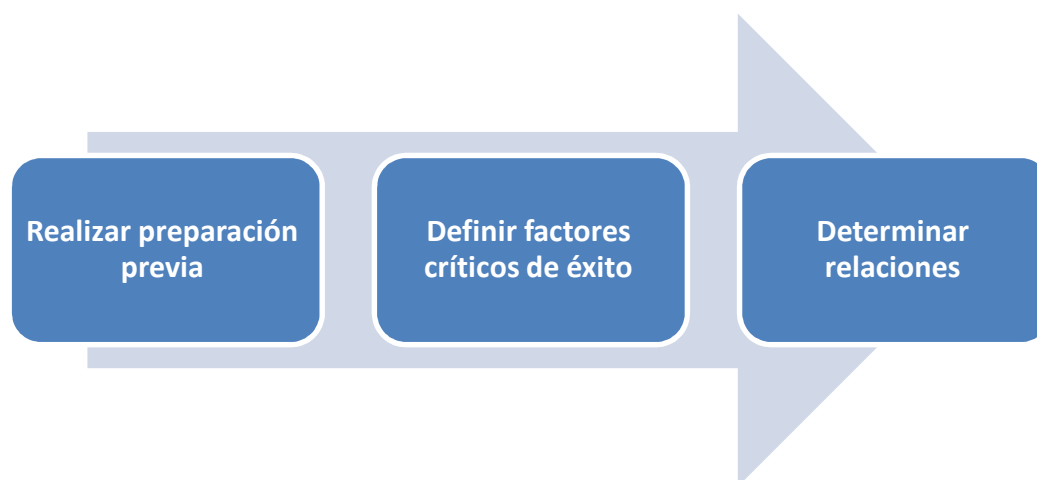


Fig. 1. Fases del modelo propuesto

REALIZAR PREPARACIÓN PREVIA

En primer lugar se identifican las fuentes de información a incluir. Siempre que sea posible se recomienda la participación de múltiples expertos que representan distintos puntos de vista. Adicionalmente se definen conjuntos de términos lingüísticos que serán empleados para el modelado de las relaciones. Siendo: $S = \{s_0, \dots, s_g\}$ el conjunto de términos lingüísticos.

Para que una fuente de información pueda expresar con mayor facilidad el conocimiento, es necesario que disponga de un conjunto apropiado de descriptores lingüísticos [21]:

DEFINIR FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO

Se determinan los factores críticos de éxito en la implantación de sistema CRM, los cuales pasan a ser nodos en el modelo. Se define un factor crítico de éxito como actores un elemento necesario para que una organización o proyecto logren su misión [8]. Se pueden utilizar distintos métodos. Entre esto e destacan la consulta a expertos y/o la revisión de la literatura.

DETERMINAR RELACIONES EXISTENTES

Se expresan las relaciones haciendo uso de los términos lingüísticos definidos. El peso de la conexión que va del concepto C_i al concepto C_j , dado por el experto k , es representado mediante 2-tuplas lingüísticas del siguiente modo:

$$W_{ij}^k = (s_u, \alpha)_{ij}^k \quad (4)$$

6 ESTUDIO DE CASO

A continuación se muestra la aplicación del procedimiento propuesto y el modelo causal obtenido, en este caso con la participación de un experto. Se parte de la definición de conjunto de términos lingüísticos de granularidad 9 (tabla 1).

Tabla 1. Términos lingüísticos asociados a las relaciones causales

Término	Descripción
S_0	Negativamente muy fuerte (NMF)
S_1	Negativamente fuerte (NF)
S_2	Negativamente media (NM)
S_3	Negativamente débil (ND)
S_4	Cero (C)
S_5	Positivamente débil (PD)
S_6	Positivamente media (PM)
S_7	Positivamente fuerte (PF)
S_8	Positivamente muy fuerte (PMF)

A partir de un estudio de la bibliografía[22] y la experiencia del experto se obtuvo un conjunto de factores críticos de éxito.

Tabla 2. Factores críticos de éxito en proyectos de integración de datos

ID	Factor	Descripción
F1	Orientación al mercado	La organización debe estar orientada al mercado, o al menos tener la percepción de la necesidad de este.
F2	Flexibilidad	Es necesario diseñar el sistema para lograr una elevada flexibilidad que permita adaptación al ambiente cambiante
F3	Apoyo de alta gerencia	Apoyo de los directivos de la organización que permita contar la coordinación y los recursos necesarios.
F4	Incluir cambios organizacionales	Se debe planificar dentro del alcance del proyecto elementos de cambio organizacional como son los culturales y los procesos
F5	Participación de los usuarios	Participación activa de los usuarios en el proyecto.
F6	Tiempo	Tiempo en que se le da respuesta a los distintos stakeholders

Una vez modeladas las relaciones entre conceptos se llegó al siguiente mapa cognitivo difuso (Tabla 3.)

Tabla 3. Matriz de adyacencia

S_4	S_4	S_5	S_4	S_4	S_4
S_5	S_4	S_4	S_4	S_4	S_1
S_4	S_4	S_4	S_4	S_5	S_2
S_4	S_5	S_4	S_4	S_4	S_4
S_4	S_4	S_4	S_4	S_4	S_1
S_4	S_4	S_5	S_4	S_4	S_4

Se destaca en el estudio la influencia que tienen los factores F2, F3 y F5 en la reducción del factor tiempo (F6). Dentro de las ventajas encontradas se encuentra la interoperabilidad del modelo y la ventaja que presenta la posibilidad de las interrelaciones. A partir de esa representación es posible desarrollar distintos tipos de análisis tanto estáticos como dinámicos [8].

7 CONCLUSIONES

Los MCD se han demostrado como una herramienta útil de apoyo a la toma de decisiones. En este trabajo se ha presentado un nuevo modelo de MCD utilizando el paradigma de computación con palabras el modelado de los factores críticos de éxito en la implantación de CRM. Para ello, se ha utilizado el modelo de representación basado en 2-tuplas lingüísticas que permite realizar procesos de computación con palabras sin pérdida de información.

Se muestra un estudio de caso donde se obtiene un modelo específico. Como trabajo futuro se propone el análisis dinámico, la inclusión de métodos al aprendizaje automático y otras formas de representación de la incertidumbre en las relaciones causales. Otra área de trabajo constituye la incorporación de múltiples expertos y estudio experimental de la precisión del mismo.

REFERENCIAS

- [1] Kosko, B., *Fuzzy cognitive maps*. International Journal of Man-Machine Studies, 1986. **24**(1): p. 65-75.
- [2] Leyva-Vázquez, M., et al., *Técnicas para la representación del conocimiento causal. Un estudio de caso en Informática Médica*. ACIMED, 2013. **24**(1).
- [3] Axelrod, R.M., *Structure of decision: The cognitive maps of political elites*. 1976: Princeton University Press Princeton, NJ.
- [4] Zadeh, L.A., *Fuzzy sets*. Information and Control, 1965. **8**(3): p. 338-353.
- [5] Martí, L. and F. Herrera, *An overview on the 2-tuple linguistic model for computing with words in decision making: extensions, applications and challenges*. Information Sciences, 2012. **207**: p. 1-18.
- [6] Rahimi, R., et al., *Implementing customer relationship management (CRM) in hotel industry from organizational culture perspective: case of a chain hotel in the UK*. International Journal of Contemporary Hospitality Management, 2016. **28**(1).
- [7] Montoya Agudelo, C.A., B. Saavedra, and M. Ramiro, *El CRM como herramienta para el servicio al cliente en la organización. Visión de futuro*, 2013. **17**(1): p. 0-0.
- [8] Leyva-Vázquez, M.Y., R. Rosado-Rosello, and A. Febles-Estrada, *Modelado y análisis de los factores críticos de éxito de los proyectos de software mediante mapas cognitivos difusos*. Ciencias de la Información, 2012. **43**(2): p. 41-6.
- [9] Ping, C.W., *A Methodology for Constructing Causal Knowledge Model from Fuzzy Cognitive Map to Bayesian Belief Network*, in Department of Computer Science. 2009, Chonnam National University. Doctoral Thesis.
- [10] Papageorgiou, E.I., *Learning Algorithms for Fuzzy Cognitive Maps---A Review Study*. Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on, 2011. **PP**(99): p. 1-14.
- [11] Kosko, B., *Fuzzy engineering*. 1997, Prentice-Hall, Inc.
- [12] Zhi-Qiang, L.I.U., *Causation, bayesian networks, and cognitive maps*. ACTA AUTOMATICA SINICA, 2001. **27**(4): p. 552-566.
- [13] Salmeron, J.L., *Modelling grey uncertainty with Fuzzy Grey Cognitive Maps*. Expert Systems with Applications, 2010. **37**(12): p. 7581-7588.
- [14] Papageorgiou, E., C. Stylios, and P. Groumpos, *Introducing Interval Analysis in Fuzzy Cognitive Map Framework Advances in Artificial Intelligence*, G. Antoniou, et al., Editors. 2006, Springer Berlin / Heidelberg. p. 571-575.
- [15] Iakovidis, D.K. and E. Papageorgiou, *Intuitionistic Fuzzy Cognitive Maps for Medical Decision Making*. Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on, 2011. **15**(1): p. 100-107.
- [16] Stylios, et al., *Fuzzy cognitive map architectures for medical decision support systems*. Applied Soft Computing, 2008. **8**(3): p. 1243-1251.
- [17] Teruel, K.P., M.L. Vázquez, and M.E. Estévez, *Computación con palabras en la toma decisiones mediante mapas cognitivos difusos*. 2014, 2014. **8**(2).
- [18] Martínez, L., R.M. Rodríguez, and F. Herrera, *The 2-tuple Linguistic Model: Computing with Words in Decision Making*. 2016: Springer.
- [19] Herrera, F., et al., *Computing with words in decision making: foundations, trends and prospects*. Fuzzy Optimization and Decision Making, 2009. **8**(4): p. 337-364.
- [20] Pérez-Teruel, K., et al., *Computación con palabras en la toma de decisiones mediante mapas cognitivos difusos*. Revista Cubana de Ciencias Informáticas, 2014. **8**(2): p. 19-34.
- [21] Espinilla, M., *Nuevos Modelos de Evaluación Sensorial con Información Lingüística*. SCHOOL= Universidad de Jaén, YEAR= 2009, 2009.
- [22] Wilson, H., E. Daniel, and M. McDonald, *Factors for success in customer relationship management (CRM) systems*. Journal of marketing management, 2002. **18**(1-2): p. 193-219.

Modelo de recomendación de productos basado en computación con palabras y operadores OWA

[A product recommendation model based on computing with word and OWA operators]

Janet Bonilla Freire¹, Mario Mata Villagomez¹, Mario Alfredo Sánchez Delgado², and Miriam Peña González²

¹Facultad de Ciencias Administrativas,
Universidad de Guayaquil,
Guayaquil, Guayas, Ecuador

²Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas,
Universidad de Guayaquil,
Guayaquil, Guayas, Ecuador

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

ABSTRACT: Despite its usefulness and high impact there are shortcomings in knowledge based recommendation models. Among its limitations are lack of flexible models, the inclusion of linguistic information and the correct weighting of the factors involved for computing a global similarity. In this paper a new knowledge based recommendation models based on the 2-tuple linguistic representation model and OWA operators is presented. It includes data base construction, vector weights determination, client profiling, products filtering and recommendation generation. Its implementation make possible to improve reliability and interpretability in recommendations. And illustrative example is shown to demonstrate the model applicability.

KEYWORDS: recommendation systems, OWA operators, computing with word, 2-tuples.

RESUMEN: A pesar de su potencial impacto persisten insuficiencias en el tratamiento del proceso de recomendación basados en conocimiento. Entre ellas se destacan la falta de modelos flexibles, el tratamiento de la información lingüística y la correcta ponderación de los distintos factores que intervienen para el cálculo de la similitud global. En el presente trabajo se propone un nuevo modelo para el proceso de recomendación basado en el modelo de representación lingüística de 2-tuplas y en el operador OWA. Incluye el proceso de obtención de la base de datos, la determinación vector de pesos, el perfilado del usuario, el filtrado de los productos y la generación de recomendaciones. Su implementación posibilita mejorar la fiabilidad y la interpretabilidad en las recomendaciones de las de productos. Se desarrolla un ejemplo ilustrativo con el propósito de demostrar la aplicabilidad del modelo.

PALABRAS CLAVE: sistemas de recomendación, operadores OWA, computación con palabras, 2-tuplas.

1 INTRODUCCIÓN

Los modelos de recomendación basada en conocimiento intentan sugerir objetos haciendo inferencias sobre las necesidades de un usuario y sus preferencias [1, 2]. El enfoque basado en conocimiento se distingue en el sentido que usan

conocimiento sobre cómo un objeto en particular puede satisfacer las necesidades del usuario, y por lo tanto tiene la capacidad de razonar sobre la relación entre una necesidad y la posible recomendación. Se basan en la construcción de perfiles de usuario como una estructura de conocimiento que apoyen la inferencia [2].

A pesar de su utilidad e impacto, persisten insuficiencias en el tratamiento del proceso de recomendación basado en conocimiento, afectando de forma negativa en la fiabilidad de los resultados obtenidos. Entre ellas se destacan:

- Existe falta de tratamiento adecuado de la vaguedad y la inclusión de información lingüística difusa.
- No se maneja adecuadamente la selección y ponderación de los atributos que conforman cada caso.

En el presente trabajo se propone un modelo de recomendación basado en conocimiento utilizando el modelo de representación lingüística de las 2-tuplas y su hibridación con el método con los operadores OWA.

El artículo continúa de la siguiente forma: en la sección 2 se discute el enfoque lingüístico difuso, a continuación se analizan el operador OWA. Se presenta el modelo propuesto y un ejemplo demostrativo en secciones 4 y 5 respectivamente. El trabajo finaliza con las conclusiones y recomendaciones de trabajo futuro.

2 ENFOQUE LINGÜÍSTICO DIFUSO

La computación con palabras es una metodología que permite realizar un proceso de computación y razonamiento utilizando palabras pertenecientes a un lenguaje en lugar de emplear números. Esta metodología permite crear y enriquecer modelos de recomendación en los cuales la información vaga e imprecisa [3] puede ser representada mediante variables lingüísticas.

Dentro de los modelos propuestos la representación lingüística de 2-tuplas[4] permite realizar procesos de computación con palabras evitando la pérdida de información, utilizando el concepto de traslación simbólica. Este modelo de representación ha sido aplicado con éxito en múltiples sistemas y modelos de recomendación [2, 5]. Debido a sus características y a su facilidad de uso, los autores de la presente investigación consideran este modelo como el más adecuado para el manejo de información lingüística en sistemas de recomendación.

Sea $S = \{s_0, s_1, \dots, s_g\}$ un conjunto de términos lingüísticos y $\beta \in [0, g]$ un valor en el intervalo de granularidad de S . La traslación simbólica de un término lingüístico, s_i , es un número valorado en el intervalo $[-.5, .5)$ que expresa la diferencia de información entre una cantidad de información expresada por el valor $\beta \in [0, g]$, obtenido en una operación simbólica y el valor entero más próximo, $i \in \{0, \dots, g\}$ que indica el índice de la etiqueta lingüística (s_i) más cercana en S [6].

A partir del concepto anterior se desarrolla un nuevo modelo de representación de la información lingüística el cual hace uso de un par de valores (2-tuplas). Este modelo de representación define un conjunto de funciones que facilitan las operaciones sobre estas 2-tuplas.

Sea $S = \{s_0, s_1, \dots, s_g\}$ un conjunto de términos lingüísticos y $\beta \in [0, g]$ un valor que representa el resultado de una operación simbólica, entonces la 2-tupla lingüística que expresa la información equivalente a β , se obtiene usando la función:

$$\Delta: [0, g] \rightarrow S \times [-.5, .5)$$

$$\Delta(\beta) = (s_i, \alpha), \text{ con } \begin{cases} s_i, & i = \text{round}(\beta) \\ \alpha = \beta - i, & \alpha \in [-.5, .5) \end{cases} \quad (1)$$

Donde round es el operador usual de redondeo, s_i , es la etiqueta con índice más cercano a β y α es el valor de la traslación simbólica [6]. Cabe señalar que $\Delta^{-1}: \langle S \rangle \rightarrow [0, g]$ es definida como $\Delta^{-1}(s_i, \alpha) = i + \alpha$. De este modo, una 2-tupla lingüística $\langle S \rangle$ queda identificada con su valor numérico en $[0, g]$.

3 OPERADOR OWA

La familia de operadores OWA (ordered weighted averaging o traducido al español media ponderada ordenada)[7]. Este método unifica los criterios clásicos de decisión con incertidumbre en un solo modelo. Es decir, esta unificación abarca los criterios optimista, el pesimista, el de Laplace y el de Hurwicz en una sola expresión [8].

Este operador puede ser definido de la forma siguiente:

Definición 1. Un operador OWA es una función $F: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ de dimensión n si tiene un vector asociado W de dimensión n con $w_j \in [0, 1]$ y $\sum_{j=1}^n w_j = 1$, de forma tal que:

$$F(a_1, a_2, \dots, a_n) = \sum_{j=1}^n w_j b_j \quad (2)$$

Donde b_j es el j -ésimo más grande de los a_j .

El vector de pesos asociado al operador OWA puede ser determinado de modo funcional [9]. Dentro de este enfoque se destaca el empleo de los cuantificadores regulares no decrecientes Q [9].

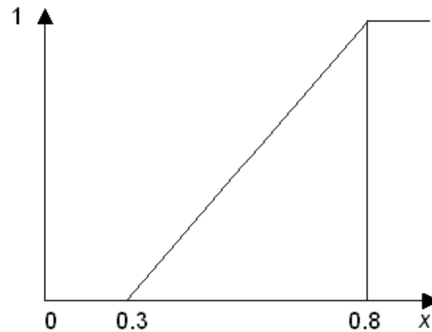


Fig. 1. Cuantificador lingüístico “Muchos” [10]

Los cuantificadores (Q) pueden ser empleados para generar los pesos de operador OWA utilizando la siguiente expresión:

$$w_i = Q\left(\frac{i}{n}\right) - Q\left(\frac{i-1}{n}\right) \quad (3)$$

4 MODELO PROPUESTO

A continuación se presenta el flujo de trabajo propuesto (Figura 2). Se basa fundamentalmente en la propuesta de Cordón [2] para sistemas de recomendación basados en conocimiento permitiendo flexibilidad en cuanto la agregación de la similitud los atributos del perfil del usuario con respecto a la descripción producto mediante el empleo del operador OWA.

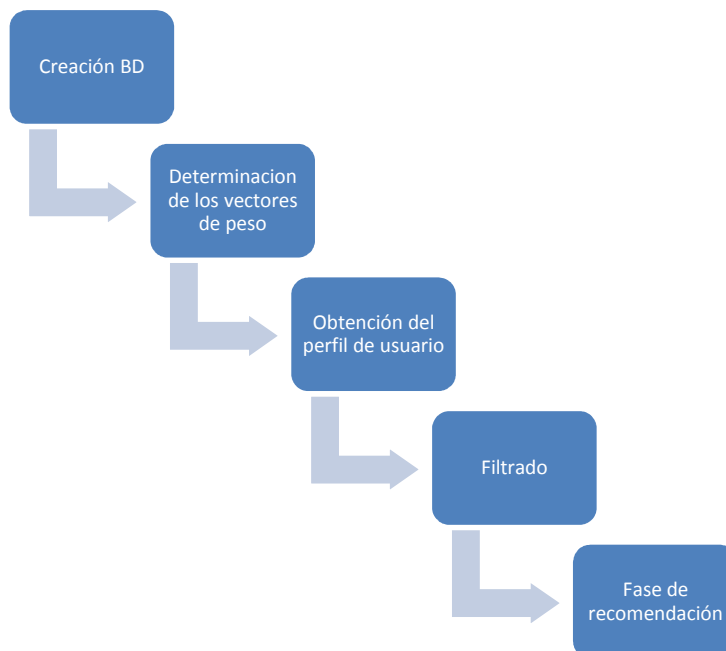


Fig. 2. Flujo de trabajo del modelo propuesto

La descripción detallada de cada una de sus actividades y del modelo matemático que soporta la propuesta se presenta a continuación.

Creación de la base de datos con los perfiles de los productos

Cada una de los productos a_i estará descrita por un conjunto de características que conformarán el perfil de los productos.

$$C = \{c_1, \dots, c_k, \dots, c_l\} \quad (4)$$

Este perfil puede ser obtenido de forma manual automática o semiautomática:

$$F_{a_j} = \{v_1^j, \dots, v_k^j, \dots, v_l^j\}, j = 1, \dots, n \quad (5)$$

Las valoración de las características de los producto, a_j , estarán expresadas utilizando la escala lingüística S , $v_k^j \in S$ donde $S = \{s_1, \dots, s_g\}$ es el conjunto de término lingüísticos definidos para evaluar la característica c_k ,

Una vez descritas el conjunto de productos

$$A = \{a_1, \dots, a_j, \dots, a_n\} \quad (6)$$

estas serán almacenadas por el sistema en una base de datos.

Determinación del vector de pesos

En este caso se sugiere que el vector de pesos(W) asociado al operador OWA sea determinado por un cuantificador regular no decreciente Q [9].

Si Q es una Cuantificador Incremental Monótono Regular (RIM pos sus siglas en inglés) entonces el valor agregado de la alternativa $x = (a_1, \dots, a_n)$ esta dado por $F_q(a_1, \dots, a_n)$, donde F_q es un operador OWA derivado de Q .

Obtención del perfil del usuario

En esta actividad se obtiene la información del usuario sobre las preferencias de estos almacenándose en un perfil:

$$P_e = \{p_1^e, \dots, p_k^e, \dots, p_l^e\} \quad (7)$$

Dicho perfil estará integrado por un conjunto de atributos:

$$C^e = \{c_1^e, \dots, c_k^e, \dots, c_l^e\} \quad (8)$$

Donde $c_k^e \in S$

Filtrado de las de los productos

En esta actividad se filtran los productos de acuerdo al perfil del usuario para encontrar cuáles son las más adecuadas para este.

Con este propósito se calcula la similitud entre perfil de usuario, P_e y cada producto a_j de la base de datos. Para el cálculo de la similitud total se emplea la siguiente expresión:

$$d_j = d(P_e, a_j) = OWA(V_{sim}(P_e, a_j)) \quad (9)$$

Donde OWA es un operador con el vector de pesos W .

$V_{sim}(P_e, a_j) = \{sim(p_1^e, v_1^j), \dots, sim(p_k^e, v_k^j), \dots, sim(p_l^e, v_l^j)\}$ es un vector que contiene la similitud de todos los atributos del perfil del usuario con respecto a la descripción de los productos a_j .

La función sim calcula la similitud entre los valores de los atributos del perfil de usuario y la y de los productos, a_j , es definida como [11]:

$$sim(p_k^e, v_k^j) = 1 - \frac{|\beta_k^{P_e} - \beta_k^{a_j}|}{g} \quad (10)$$

Recomendación

Una vez calculada la similitud entre el perfil del usuario y el BD de cada uno de los productos se ordenan de acuerdo a la similitud obtenida lo cual queda representado por el siguiente vector de similitud.

$$D = (d_1, \dots, d_n) \quad (9)$$

Los mejores serán aquellos que mejor satisfagan las necesidades del perfil del usuario (con mayor similitud).

5 EJEMPLO DEMOSTRATIVO

A continuación se presenta un ejemplo demostrativo basado en [12], supongamos una base de datos:

$$A = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\}$$

Descrito por el conjunto de atributos

$$C = \{c_1, c_2, c_3, c_4, c_5\}$$

Mediante el cuantificador lingüístico muchos [10] se obtiene el siguiente vector de pesos $W=[0, 0, 0.333, 0.333, 0.333]$,

Los atributos se valorarán en la siguiente escala lingüística (Tablas 1).

Tabla 1. Escala lingüística empleada.

No	Etiquetas	Funciones de pertenencia
s_0	Cero (C)	(0.0,0.0,0.25)
s_1	Positivamente débil (PD)	(0.0,0.25,0.50)
s_2	Positivamente medio (PM)	(0.25,0.50,0.75)
s_3	Positivamente fuerte (PF)	(0.50,0.75,1)
s_4	Positivamente muy fuerte (PMF)	(0.75,1,1)

La vista de la base de datos utilizado en este ejemplo, la podemos ver en la Tabla 2.

Tabla 2. Base de datos de productos.

	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5
a_1	s_2	s_1	s_4	s_1	s_4
a_2	s_3	s_3	s_1	s_2	s_3
a_3	s_1	s_2	s_3	s_2	s_1
a_4	s_4	s_1	s_4	s_1	s_3
a_5	s_3	s_4	s_3	s_3	s_2

Si un usuario u_e , desea recibir la recomendaciones del sistema deberá proveer información al mismo mostrando sus preferencias. En este caso:

$$P_e = \{s_2, s_4, s_3, s_2, s_1\}$$

El siguiente paso en nuestro ejemplo es el cálculo de la distancia entre el perfil de usuario y los productos almacenadas en la base de datos.

Tabla 3. Similitud entre los atributos de la base de datos y el perfil del usuario

	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5
a_1	1	0,25	0,75	0,75	0,25
a_2	0,75	0,75	0,5	1	0,5
a_3	0,75	0,5	1	1	1
a_4	0,5	0,25	0,75	0,75	0,5
a_5	0,75	1	1	0,75	0,75

El último paso de esta fase es el cálculo de la similitud entre los productos de la base de datos y el perfil en este caso usando el OWA y el vector de pesos W .

Tabla 4. Distancia entre los productos y el perfil de usuario

a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
0,41625	0,58275	0,74925	0,41625	0,74925

En la fase de recomendación se recomendará aquellos productos que más se acerquen al perfil del usuario. Un ordenamiento de los productos basado en esta comparación sería el siguiente.

$$\{a_5, a_3, a_2, a_1, a_4\}$$

En caso de que el sistema recomendara los dos productos más cercanos, estas serían las recomendaciones:

$$a_5, a_3$$

6 CONCLUSIONES

En este trabajo se presentó un modelo de recomendación productos siguiendo el enfoque basado en conocimiento. El mismo se basa en el empleo de la computación con palabras para la construcción del perfil de usuario y la base de datos y el empleo del operador OWA calculando el vector de pesos mediante cuantificadores lingüísticos.

Trabajo futuros estarán relacionados con la creación de la base de datos a partir de múltiples expertos así como la obtención de los pesos de las características utilizando valoraciones en grupo. Adicionalmente se trabajará en la inclusión de modelos de agregación más complejos así como la hibridación con otros modelos de recomendación. Otras áreas de trabajo futuros estarán relacionadas con el manejo de información heterogénea en los modelos y en el desarrollo de una herramienta informática.

REFERENCIAS

- [1] Dietmar Jannach, Tutorial: Recommender Systems, in International Joint Conference on Artificial Intelligence Beijing, August 4, 2013.
- [2] Cordón, L.G.P., Modelos de recomendación con falta de información. Aplicaciones al sector turístico. 2008, Universidad de Jaén.
- [3] Herrera, F., et al., Computing with words in decision making: foundations, trends and prospects. Fuzzy Optimization and Decision Making, 2009. **8**(4): p. 337-364.
- [4] Dutta, B., D. Guha, and R. Mesiar, A model based on linguistic 2-tuples for dealing with heterogeneous relationship among attributes in multi-expert decision making. Fuzzy Systems, IEEE Transactions on, 2015. **23**(5): p. 1817-1831.
- [5] Tejeda-Lorente, Á., et al., A quality based recommender system to disseminate information in a university digital library. Information Sciences, 2014. **261**: p. 52-69.
- [6] Herrera, F. and L. Martínez, A 2-tuple fuzzy linguistic representation model for computing with words. Fuzzy Systems, IEEE Transactions on, 2000. **8**(6): p. 746-752.
- [7] Yager, R.R., On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decisionmaking. Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on, 1988. **18**(1): p. 183-190.
- [8] Merigó, J., New extensions to the OWA operators and its application in decision making, in Department of Business Administration, University of Barcelona. 2008, University of Barcelona: Barcelona.
- [9] R. R. Yager, Quantifier guided aggregation using OWA operators. International Journal of Intelligent Systems, 1996. **11**(1): p. 49-73.
- [10] Fernández, J.D., Modelado de los procesos de toma de decisión en entornos sociales mediante operadores de agregación OWA. 2008.
- [11] Pérez-Teruel, K., M. Leyva-Vázquez, and V. Estrada-Sentí, Mental Models Consensus Process Using Fuzzy Cognitive Maps and Computing with Words. Ingeniería y Universidad, 2015. **19**(1): p. 7-22.
- [12] Arroyave, M.R.M., A.F. Estrada, and R.C. González, Modelo de recomendación para la orientación vocacional basado en la computación con palabras International Journal of Innovation and Applied Studies, 2016. **Vol. 15** (No. 1): p. 80-92.

Characterization of error on a digital elevation model (DEM) Based on morphological zones: Case of the Denguélé District (North-west of Côte d'Ivoire)

Pinatibi Hyann, Coulibaly Naga, Coulibaly Talnan Jean honoré, and Savané Issiaka

Laboratoire Géosciences et Environnement,
Université Nangui Abrogoua,
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: A DEM is a numerical and mathematical sketch of an area in terms of elevation (Charleux, 2001). Thus this source of information is used in many areas of daily life (mapping, defense, development and urban planning, civil engineering, telecommunications, geomorphology, hydrology, etc.). The results of its use often contain errors that are not generally perceived by the user. In this study, contours of topographic map were used to create two test digital elevation models (DEM) by using two interpolation methods the TIN (Triangulated Irregular Networks) method and the IDW (Inverse Distance Weight) method. These two models were then compared to a reference DEM, product of interferometry radar technology (SRTM images) to detect major errors on our test DEMs. It is clear from this analysis that: On the interpolated DEMs, summit areas are affected by underestimation of altitude and thalweg areas are affected by overestimation of altitude. However, these errors are not impacted on the overall quality of the DEM.

KEYWORDS: DEM, TIN, IDW, Summit, Thalweg, Denguélé district.

1 INTRODUCTION

In this article, we discuss the impact of errors on digital terrain models quality. Digital terrain models (DEMs) are often used in many applications without the user having quantified the impact of these errors on the results of simulations (Wechsler, 1999). According to (Hottier, 1990) and more recently (Wise, 2000), the accuracy of a DEM is linked to the mode of data acquisition and its construction method. We are not dealing here errors related to data used in the construction of a DEM. Many studies have shown the importance of the accuracy of the initial data on the overall quality of DEM (Carter, 1992) and (Chang et al 1991). Moreover, it was also shown that the type of interpolation selected from the same type of input data, give similar results in terms of overall accuracy (Carrara et al 1997). There are several data sources allowing the construction of digital elevation models. The most current data is usually derived from contours or correlation from satellite images. We will study in this article only DEM constructed from contours.

If DEM construction method is spreading more and more, it is, according to (Heitzinger et al 1998), thanks to the increasing number of cheap paper maps at different scales, and including a representation of contours. This is also why many national mapping agencies have begun to create DEM by scanning contours of their existing cards (Auman et al 1990).

To build a DEM, representing a continuous surface, from these data, it is necessary to interpolate. There is a distinction (Monier, 1997) between exact interpolation methods (input data remain the same after the interpolation) and non-exact interpolation methods (input data is changed by the interpolation method). The two raster interpolation methods (IDW, RST) are non-exact, unlike the interpolation method TIN.

We present below very briefly one raster interpolation methods and the TIN interpolation method. There are many articles and thesis on this subject (Burrough et al 1998] and (Wood, 1996) and many Internet sites to download the described algorithms. Widely used in the 90s thanks to their simplicity of use and treatment, most of the analysis algorithms are

programmed to raster. However, this format has some disadvantages. The first is the size of the cell: it determines the file size and especially the quality of the result. The second is the difficulty in representing the slopes break lines. Finally, the strict application of the point of view, raster interpolated DEM poorly manage the flow paths (Moore et al 1991) Because of a zigzag effect that does not exist on the TIN. We Propose to choose one raster interpolation methods (non exact interpolation method): The IDW method (Inverse Distance Weight) which is a conventional interpolation method, implemented in many GIS softwares. Regarding the choice of the exact interpolation method, the main method is the famous Delaunay triangulation TIN (Triangulated Irregular Networks).

The aim of this paper is to study the spatial distribution and the impact of errors that recur regardless of the type of interpolation selected. An error is the difference between the measurement of a quantity and its true value. Using the same input data (contours), we compare a DEM with exogenous control values supposedly more "accurate" (reference DEM) and two interpolated DEMs (test DEM) to evaluate these errors. The reference DEM was SRTM DEM which was acquired with an interferometry technology. We assume that the spatial distribution of more important errors is not dependent on the choice of the interpolation but relief type. First, we highlight the similarity of recurring errors areas on different types of DEM. We show, in a second step, the impact of the errors on these areas and their effects on major topographic parameters (altitude, slope). These errors areas are usually linked to a lack of information on important structures of the terrain (crests, thalwegs). But even if there are methods to solve these problems (Jaakkola et al 2000), they are generally taken into account by a small minority of users (Wechsler, 1999). We conclude with a discussion of the benefits from an automatic characterization of a DEM. Determining automatically certain types of forms (areas) with success allow the user to automatically know the potential quality of the DEM based on these morphometric areas. However, such an approach is only possible from a robust detection giving limits of specific areas.

2 STUDY AREA

The study area (Figure1) is located between Latitudes $8^{\circ}28'30''$ N and $10^{\circ}21'50''$ N and Longitudes $8^{\circ}07'40''$ W and $6^{\circ}00'15''$ W, the region covers about 20.600 Km². The climate is tropical and humid with two main seasons: a large dry season from November to May and a long rainy season from June to October. The precipitation ranges between 1400 and 1600 mm. Its population is estimated at 289700 inhabitants. The relief varies between 200 and 987 m essentially consists of plates, hills and mountains.

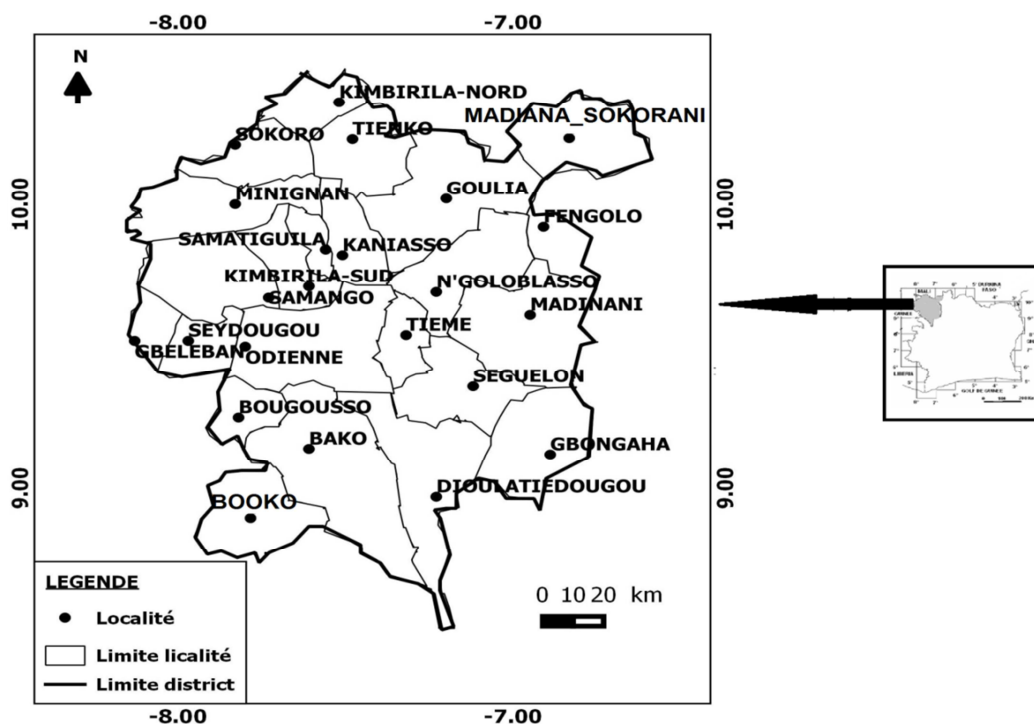


Figure1: Location of the study area

3 MATERIAL AND METHODS

3.1 MATERIAL

- **Data**

- The topographic map of the study area was provided by the CCT (Mapping and remote sensing center), scale 1/200000, dating from 2000. To calculate our different DEMs we used contours from this map. Their equidistance is forty meters.
- Our reference DEM is a DEM obtained by the SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) mission of 2000 with the help of interferometry technology. The vertical accuracy is about 16 meters and the planimetric one about 90 meters.

- **Software**

Two software were used to achieve our study:

- Quantum GIS 2.10 was used to digitalize contours, realize the different test DEMs by interpolating.
- Grass Gis 6.4.2 was used to calculate the different errors (elevation errors)

3.2 METHODS

- **Creation of test DEMs**

After the digitalization of contours on the topographic map, two interpolation methods were used to build digital elevation Models (DEM): the TIN (Triangulated Irregular Networks) which is an exact interpolation method. In this method DEM is calculated from a set of points (contours) connected by a network of irregular triangles. Unlike raster DEM (non exact interpolation methods), TIN is interpolated only from existing points. This is an irregular tessellation. Delaunay triangulation is defined as the dual of the Voronoi diagram of a set of nodes. Each triangle of the Delaunay triangulation satisfies the criterion of empty circle. This means that the circumscribed circle of the triangle does not contain any node triangulation other than the three vertices of the triangle. An extensive literature exists on the Delaunay triangulation and its various algorithmic methods. As Examples we can see the thesis of (Rognant, 2000). The second method is the IDW method (Inverse Distance Weight) which is a conventional interpolation method, implemented in many GIS market. IDW is a not exact interpolation method (input data is changed by the interpolation method) (Monier, 1997).

- **Determination of errors study areas**

We seek to characterize the relief of our study area. For this we used the help of a Geomorphology expert. Two different types of terrain characterized by enough errors on DEM were defined:

- Thalwegs areas: they define mostly low and concave areas. These areas represent the lowest point of a valley. This is the area where we find the hydrographic networks;
- The summit areas: they define mostly high and convex areas. This is higher zones, little erosion.

- **Calculation of errors**

We show in this section that the spatial distribution of the larger error is independent of the choice of the interpolation. We define by mistake the difference between the reference altitude and altitudes measured on the interpolated DEM. We seek to develop the types of errors that characterize the two areas that we have previously defined. For this, we calculate initially, cell by cell, the elevation difference between the reference DEM and the interpolated DEMs. These errors are calculated using the following methods:

The elevation errors were calculated using the following formula :

$$\text{mean difference} = \frac{\sum(Z_{\text{SRTM}} - Z_{\text{MNT}})}{\text{total number of points}} \quad (\text{Bonin and Rousseaux, 2004}).$$

The calculation was carried out with the *r.mapcalc* algorithm of Grass Gis 6.4.2. The following command permeated to do so:

$$r.mapcalc ERROR = \frac{(SRTM - MNT)}{SRTM}$$

With

SRTM: The reference DEM;

MNT: The interpolated DEM

The *r.mapcalc* algorithm permits to achieve raster calculation (Pinatibi, 2015)

• Calculation of slopes

The calculation methodology is based on an algorithm permitting to have partial derivatives of the elevations (H) according to the East (x) and North (y) directions (Burrough, 1987). The equation is as follows:

$$\text{Slope} = \sqrt{\left(\frac{dH}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dH}{dy}\right)^2}$$

The calculation was carried with the *r.mapcalc* algorithm of Grass Gis 6.4.2. The following command permeated to do so:

r.mapcalc slope.aspect input = MNTor SRTM output = SLOPE

With

SRTM: The reference DEM

MNT: The interpolated DEM

SLOPE: the result of calculations

4 RESULTS AND DISCUSSION

4.1 RESULTATS

4.1.1 DIGITIZED CONTOURS

Figure 2 shows the contour lines from topographic maps produced by the CCT (Mapping and remote sensing center). Indeed, as shown in the figure, these contours lines do not cover the entire district's territory. Note that equidistance between each contour line is 40 meters. Contours have altitudes between 320 and 1000 m (Tableau I). Localities and geomorphological areas concerned by each contour line are visible in Table I.

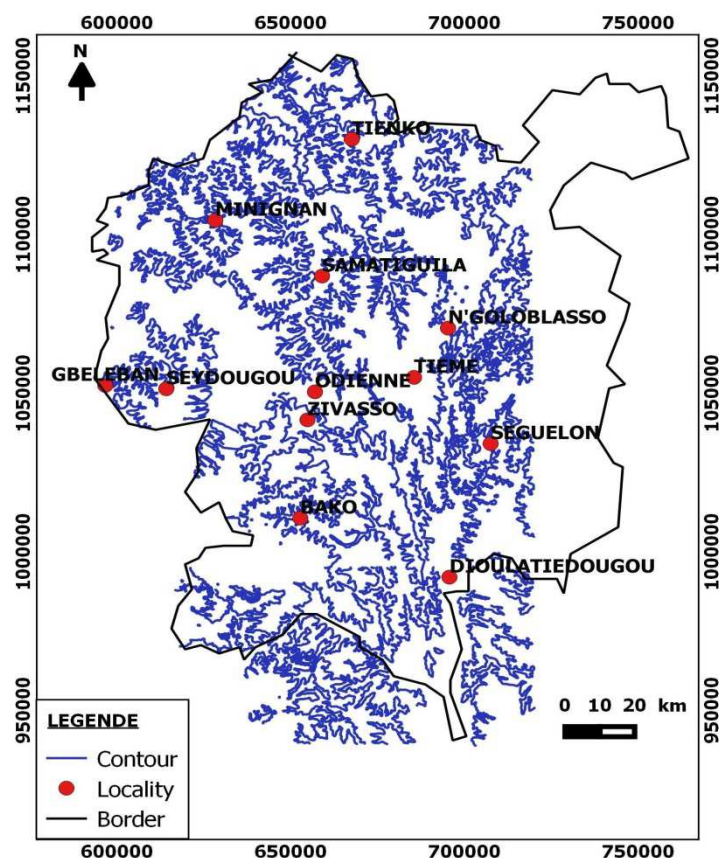


Figure2: Digitized Contours map

Tableau I: Elevation and localities with the same elevation level

Contour	Altitude (m)	localities
1	320	Bokoba, Dioulatiédougou
2	360	Tinikoro, Tchékorodougou, Tinédirima-Sokourala, Kimbirila-Nord, Lélé
3	400	Tienko, Koliko, Kouroulingué, Soukouraba, Koutoula, Kabangué, Kémissiga, Sanzanou, Dioronzo, Odienné
4	440	Tienni, Samokoroko, Lossoko, Kokona, Gbéléban, Seydougou, Gnamana, Gbessasso, Sirana, Késse dougou, Bassokodougou, Zevasso, Bako, Goulia
5	480	Foula, Korodougou, Tourani, Néguela, Kodougou, Ninguéso
6	520	Gnamatogola, Fasséronzo, Feredougou
7	560	Sokouraba, Doyodougou, Siensoba
8	600	Soba, Késianko, Bouko, Bédougou, Boolo
9	640	Seriso (summit)
10	700	Kenguélé (Summit)
11	740	Séssébo (summit)
12	800	Foula, Gbandé (summit)
13	840	Tangué, Siratitigui, Kourouba (summit)
14	900	Tyouri, Bougouri (summit)
15	1000	Koulouba (summit)

4.2 INTERPOLATED DEMs

DEMs of Figures 3 and 4 respectively resulting from the interpolation methods IDW (Inverse Distance Weight) and TIN (Triangulated Irregular Networks). They are the result of the interpolation of contour lines from a topographic map of the district Denguélé. Two major conclusions are made after the analysis of these two computer models of the relief: The entire summit area in the east of the district is not covered by topographic information; elevations on both models range between 361 and 535 m for the IDW method and between 335 and 583 for the TIN method. However the large sets of topographical formations seem the same on both terrain models. It is necessary to examine the errors related to the technical used to produce these models.

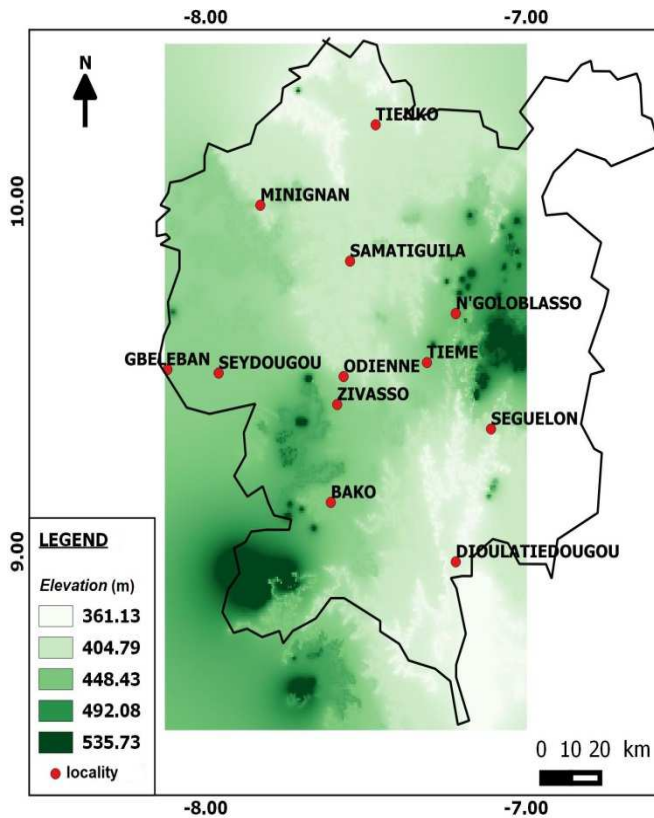


Figure3: DEM built with IDW interpolation method

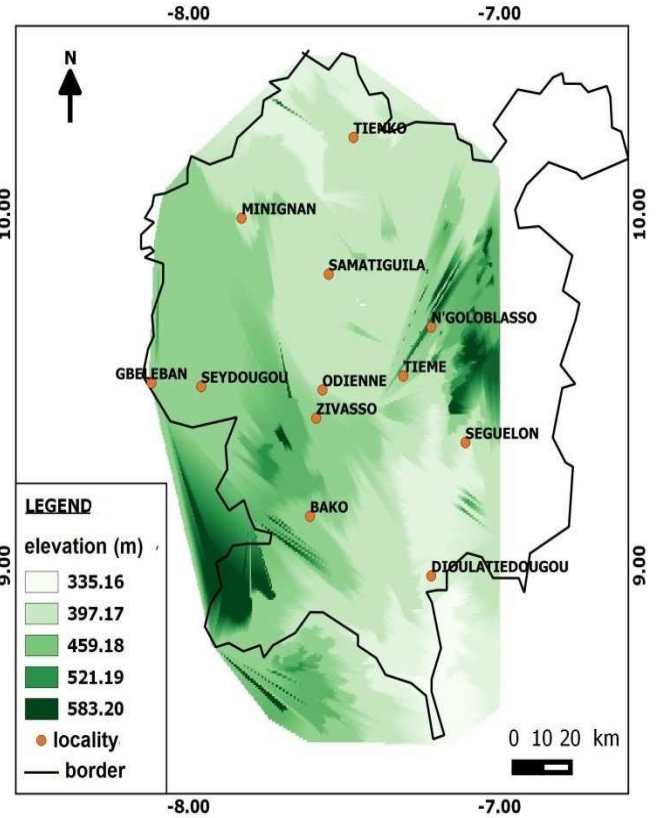


Figure4: DEM built with TIN interpolation method

4.2.1 REFERENCE DEM

The reference DEM Figure5, is a SRTM one, it is the result of the interferometry radar technology. This model covers the entire district in topographic information and altitudes vary between 279 and 979m.

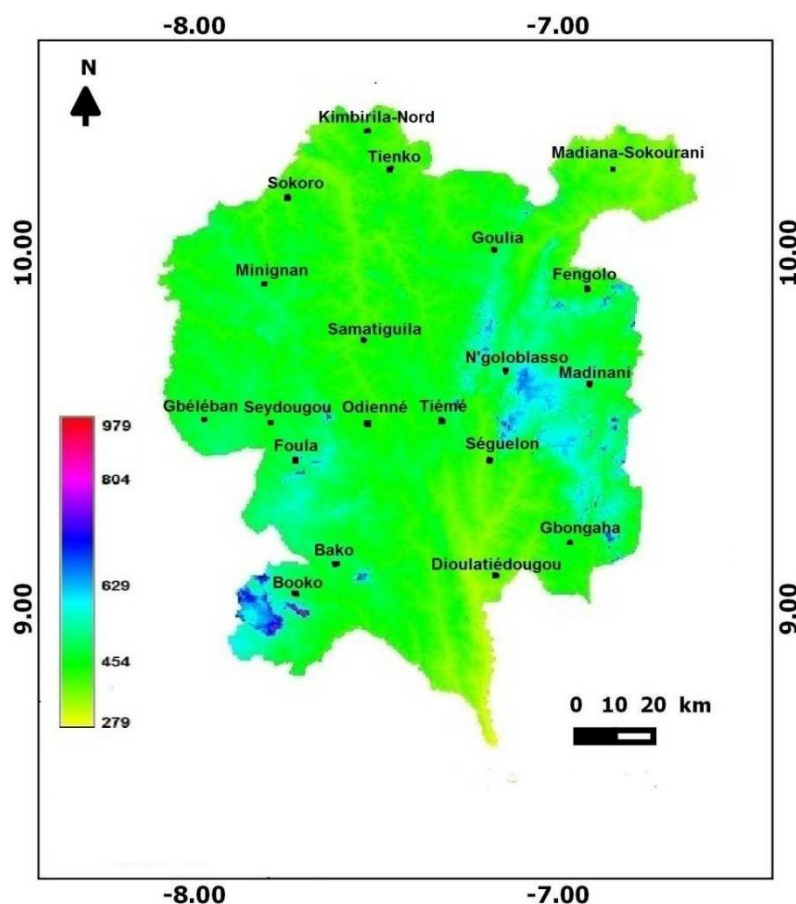


Figure5: SRTM DEM, built with interferometry technology

Compared to reference DEM interpolated DEMs show an underestimation of altitudes at the summit areas. On these areas elevations range to 535 m for IDW method, 583 m for TIN and 979 m for the reference DEM. Concerning thalweg areas they range to 361 m for IDW method, 335 m for TIN method and 279 m for the reference DEM. We notice that thalweg areas are overestimated by interpolation methods.

4.2.2 ESTIMATED ALTIMETER ERROR

In terms of geometric precision, we note that poor estimation summit and thalweg areas don't affect the overall quality of the DEM elevation calculated because errors are very low -0.36 and -68 respectively for IDW and TIN methods (Table II). The impact is rather local. The average error calculations are not significantly different as that is excluded or not the summit and thalweg areas, while the average error is slightly lower on IDW interpolation than TIN one. In (Table II), below, the calculations were made for significant errors greater than two meters.

Table II: estimating the average elevation error in meter by type of interpolation

Interpolation type	average error over the map	average error over the map without the summit and talwegs areas
IDW raster	-0.36	-0.25
triangulation	-0.68	-0.58

4.2.3 ESTIMATED SLOPES

Slopes are a major relief setting for numerous simulations. Examples are given in the area of risk and engineering by (Manche, 2000) to avalanches by (Charleux, 2001) for hydrology. The impact of elevation error affects quite widely on the slope calculation. If one chooses to study the average slopes of the summit and thalweg areas, similar biases appear in our two morphological test areas. The impact is more visible on thalweg areas because slopes are underestimated. The average figures are respectively 2 degree for IDW method, 3 degree for TIN method and 7 degree for the reference DEM

Table III: Average slopes in degree, by interpolation type and zone

	summit areas	Areas thalwegs
IDW	26	2
TIN	31	3
SRTM-reference	41	7

5 DISCUSSION

Comparison of types of terrain modeling highlights three important points:

- The topographic map provided by the CCT doesn't cover the entire district, as consequence the interpolated DEMs don't cover the entire district. This situation is sometimes caused by economic problems because it cost very much to build a topographical map. (Charleux, 2001) explained this situation in his thesis.
- The average of all errors that affect our various DEM is broadly similar. It is quite low and is between -0.36 (IDW) and -0.68 (TIN): DEMs are both affected by a slight underestimation affecting all areas (excluding crests areas);
- concerning the study of significant errors, we show that the two types of terrain, a wide disparity exists between the summit and thalweg areas and the rest of the test DEM. This distribution is very similar errors on the two tests DEMs. It is observed on the various interpolations of DEMs, and focusing not on the overall quality, as did (Carrara et al 1997), but the estimation error of major areas, the various DEMs have errors in the same types of place. Areas of underestimation are the summit areas and overestimated areas are the areas of thalweg.

On interpolated DEMs, the biases are due, firstly, to the lack of information on the entire areas. This is very often, areas included within the last contour line. The interpolations are calculated from many similar data. On the TIN, it is mainly flat triangles zones: the summit areas and talweg zones are assigned an artifact described in (Jaakkola et al 2000). This artifact is responsible for two types of systematic errors:

A mistake of underestimation, located in the summit zones: the flat shape of these zones is not usually real. The summit areas are rather characterized by a general convexity after geomorphological phenomena such as erosion. As the altitude of the calculated area on the DEMs is that the last contour, the altitude of this area is necessarily lower on the DEM than the ground reality.

An error of over-estimation, located in areas of talwegs: this is the opposite phenomenon. The low contour overestimates the thalweg area by leveling it to its altitude. The talwegs, on a large scale are generally dug by a river (which still exists or not). The natural shape of a thalweg corresponds only very rarely in a flat area as can be calculated systematically a conventional triangulation algorithm as Delaunay one.

6 CONCLUSION

We show in this paper that the two models of the relief that we use, some areas are systematically affected by several types of recurring errors, but the overall quality of DEM is really affected in terms of slope and aspect. Our application, however, shows that a better consideration of artifacts in summit and thalweg areas minimizes the error on these two parameters, useful for applications. However, this consideration allows only partial correction of these areas because of the difficulty to interpolate these forms correctly.

After the determination of errors by type of relief, the provision of automatic characterization of the land, as tried (Wood, 1996) is very interesting because it would define a potential error map automatically. This error map would be calculated based on morphometric areas detected. The first relief characterization tests with morphometric factors, such as the

concavity, the convexity or the slopes (Bonin et Rousseaux, 2004), however, show that the multitude of detected areas likely require algorithms to manage the micro-reliefs, large generators noise DEM

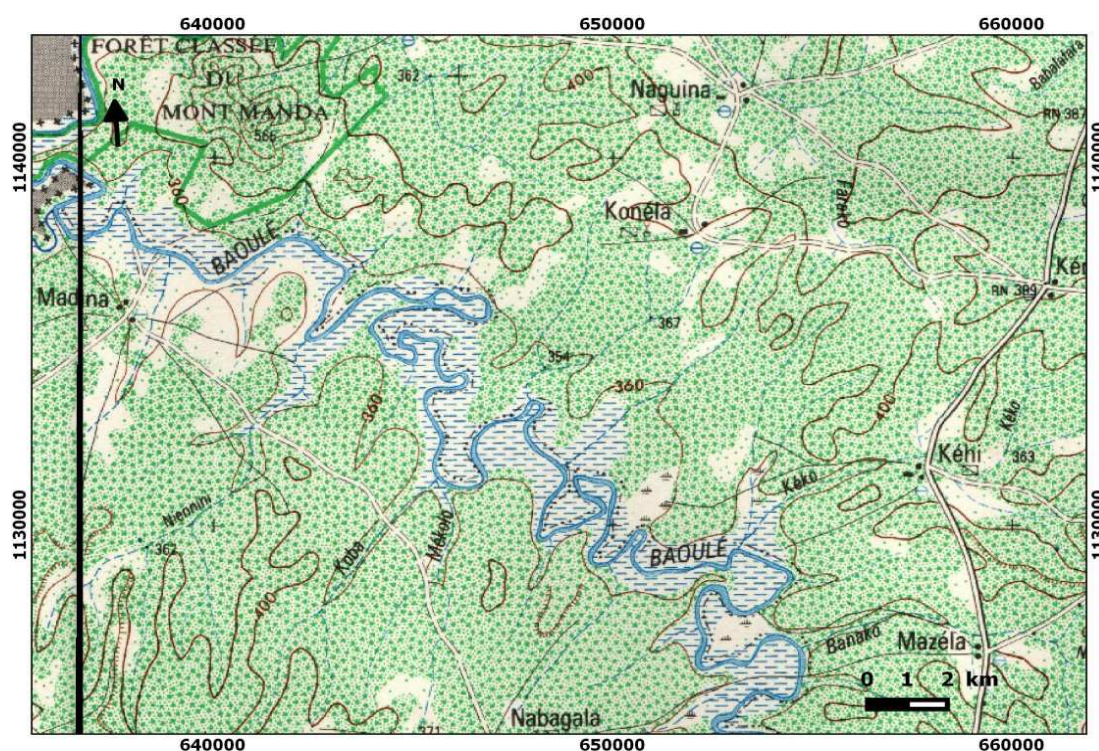
REFERENCES

- [1] G. Auman and H. Ebner, "Generation of high fidelity terrain models from contours", *Internationals Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 29, part 4, pp. 980-985, 1990.
- [2] O. Bonin and F. Rousseaux, "Digital terrain model quality assesment : insights on how to minimize and handle commons artefacts", *Proceedings of ISSDQ Vienna 2004*, laboratoire COGIT, IGN-SR-04-014-S-COM-OB, 2004.
- [3] P. Burrough, "Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment", *Soil Science*, vol. 144, n° 4, p. 306, 1987
- [4] P. Burrough and R. McDonnell, "Principles of geographical information systems for land resources assessment", Oxford, Clarendon Press (UofC Call # HD108.15 .B87 1986), 1998.
- [5] A. Carrara, G. Bitelli and R. Carla, "Comparison of techniques for generating digital terrain models from contour lines", *International Journal of Geographical Information Science* 11(5), pp. 451-473, 1997.
- [6] J. Carter, "The effect of data precision on the calculation of slope and aspect using grid DEMs", *Cartographica* 29(1), pp. 22-34, 1992.
- [7] K. Chang and B. Tsai, "The effect of DEM resolution on slope and aspect mapping", *cartography and Geographic Information Systems*, 18(1), pp. 69-77, 1991.
- [8] J. Charleux-Demargne, "Qualité des Modèles Numériques de Terrain pour l'hydrologie", thèse de doctorat de l'Université de Marne-la-Vallée, soutenue en 2001.
- [9] D. Heitzinger and H. Kager, "High Quality DTMs from Contour lines by knowledge-based classification of problem regions", *Proceedings of the International Symposium on "GIS - Between Visions and Applications"*, ISPRS Comm. 4, Stuttgart, Germany, 1998.
- [10] P. Hottier, "Splines cubiques", support de cours ENSG-IGN du DEA SIG 90/91, IGN, 1990
- [11] O. Jaakkola and J. Oksanen, "Interpolation techniques which save terrain morphology: Creating DEMs from contour lines", *GIM International*, 14:9, pp. 46-49, 2000.
- [12] Y. Manche, "Analyse spatiale et mise en place de système d'information pour l'évaluation de la vulnérabilité des territoires de montagnes face aux risques naturels", thèse de doctorat l'Université Joseph-Fourier (Grenoble-1), soutenue en 2000.
- [13] P. Monier, "Caractérisation du terrain en vue de son traitement numérique. Application à la généralisation de l'orographie", thèse de doctorat de l'Université Louis-Pasteur, Strasbourg, laboratoire COGIT, IGN-SR-97-001-S-THE-PM, soutenue le 10 juillet 1997.
- [14] I.D. Moore and R.B. Grayson, "Digital terrain modeling: a review of hydrological, geo-morphological, and biological applications", *Hydrological Processes*, 5(1): pp. 3-30, 1991.
- [15] H. Pinatibi, N. Coulibaly, T. J. H. Coulibaly et I. Savane "Cartographie des potentialités en eaux souterraines par l'utilisation de l'analyse multicritères et les SIG : Cas du district du Denguélé (Nord-ouest de la Côte d'Ivoire)", *European Scientific Journal*, vol.11, No.35, pp. 1857 – 7881, 2015.
- [16] L. Rognant, "Triangulation Contrainte de Delaunay : Application à la représentation de MNT et à la fusion de MNT radar", thèse de doctorat de l'Université Joseph-Fourier (Grenoble-1), soutenue le 21 septembre 2000.
- [17] S. Wechsler, "Results of the DEM User Survey", <http://web.syr.edu/~srperlit/survey.html>, 1999.
- [18] S. Wise, "Assessing the quality for hydrological applications of digital elevation models derived from contours", *Hydrological Processes*, 14, pp. 1909-1929, 2000.
- [19] J. Wood, "The Geo-morphological Characterization of Digital Elevation Models", Ph. D. Dissertation, Department of Geography, University of Leicester, Leicester, UK, 1996.

ANNEX: FIGURES ILLUSTRATING THALWEG AND SUMMIT AREAS ON DENGUELÉ DISTRICT



Photo1: Summit convex in the village of Foula



Map 1: thalwegs areas around the Baoule River

Application of statistical methods of time-series for estimate and predict of the food gap in Yemen

Douaik Ahmed¹, Youssfi Elkettani², and Abdulbakee Kasem²

¹Institut National de Recherche Agronomique de Rabat, Morocco

²Department of Mathematics Faculty of Sciences, University Ibn Tofail, 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: In this paper we provided modeling for the food gap in Yemen. We have studied this model by descriptive and analytical studies and formulated a model for the food gap, we estimated its parameters and predicted for the coming ten years using the Box and Jenkins methodology of time series analysis. Then, we compared this methodology to the exponential smoothing and simple regression methods.

We found the following main results for the three time series regarding the food gap:

1. ARIMA (1, 1, 1) model to predict the price of food importation series.
2. Brown exponential smoothing model to predict the price of food exportation series.
3. ARIMA (1, 1, 1) model to predict the price of food production series.

Through the results, we concluded that food production will not meet the local demand for food, where of the equation: local demand consumption of food = food importation + food production - food exportation. The ratio of production to consumption is expected to reach 29.3 % in 2015 and to continue to decline to reach 28.8 % in 2020.

KEYWORDS: Time Series, Food security, Forecasting.

1 INTRODUCTION

Forecasting is a decision-making tool used by many Governments and businesses to help in budgeting, planning, and estimating future growth. In the simplest terms, forecasting is the attempt to predict future outcomes based on past events and management insight. The problem of food security is a very important subject which must be mobilized government officials and decision-makers to this fact. then.. Yemen is one of the the developing countries where local demand for food is growing exponentially, this means that it suffers from a huge lack to cover all the population needs of foodstuffs. Therefore, we applied statistical methods for time series by compared between the Box-Jenkins method which discovered in 1970 by Scientists George Box and Gwilym Jenkins (autoregressive moving average ARMA or ARIMA models), exponential smoothing (trend, seasonal) which is used a lot in the short-term forecast and simple linear regression, to estimate and of the food deficit for three annual data time series from 1961 to 2010 taken of the Organization's site of Food and Agriculture (FAO) and the Central Bureau of Statistics in Yemen.

2 THEORETICAL FORMULATION

2.1 SIMPLE REGRESSION ANALYSIS

A relation between the dependent variable Y and the independent variable X can be modeled as a function of type $Y = \alpha + \beta X$, Y : dependent variable (explained), X : independent variable (explicative).

2.2 MODEL OF TIME SERIES

2.2.1 DEFINITION

[1] A time series model for the observed data $\{x_t\}$ is a specification of the joint distributions (or possibly only the means and covariances) of a sequence of random variables $\{X_t\}$ of which $\{x_t\}$ is postulated to be a realization.

2.2.2 CHOOSE THE CORRECT MODEL FOR PREDICTION

For the comparison of time series models by using the methodology of Box and Jenkins, exponential smoothing and simple regression, we used as a measure of the quality of forecasts *MAPE* (Mean Absolute Percentage Error). This is the relative error made by a predictive model. The following equation shows how we calculate this criterion:

$$MAPE = \left(\frac{100}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{D_t - P_t}{D_t} \right| \right)$$

Where : y_t :initial observation, p_t :forecasting the initial observation and n :number of the initial observations [2]. Other criteria for comparison of models:

BIC (Bayesian Information Criterion, 1978), R^2 , significance of the parameters, residue analysis:(Ljung - Box,Durbin-Watson). The *BIC* is formally defined as

$$BIC = -2 * \ln \hat{L} + K * \ln(n)$$

where:

- x = the observed data;
- θ = the parameters of the model;
- n = the number of data points in x , the number of observations, or equivalently, the sample size;
- k = the number of free parameters to be estimated. If the model under consideration is a linear regression, k is the number of regressors, including the intercept;
- $\hat{L}$ = the maximized value of the likelihood function of the model M , $\hat{L} = p(x | \hat{\theta}, M)$, where $\hat{\theta}$ are the parameter values that maximize the likelihood function.

R^2 (the coefficient of multiple determination):The elevation of the linear fit of the regression equation between the dependent variable Y and the set of explanatory variable is determined by the coefficient of determination $R_2^2 = SCR/SCT$ with $0 \leq R^2 \leq 1$ where $SCR = \sum (\hat{Y}_t - y)^2$, $SCT = \sum (Y_t - y)^2$, $\hat{Y}_t$ is the estimated values, Y_t is the real values, y is the average of real values.

2.2.3 FORECAST BY EXPONENTIAL SMOOTHING

SERIES WITH TREND COMPONENT WITHOUT SEASONAL

$$\hat{y}_{t+h} = a_t + b_t h, h = 1, 2, 3, \dots (\text{According to the number required to provide}) \quad (1)$$

The values a_t and b_t are constantly updated by the following :

$$a_t = \alpha_1 y_t + (1 - \alpha_1)(a_{t-1} + b_{t-1}) \text{ and } b_t = \alpha_2 (a_t - a_{t-1}) + (1 - \alpha_2) b_{t-1} \quad (2)$$

This prediction model is known as Holt's model name. A special case of Holt model, referred to as Brown model or dual exponential smoothing is obtained when the smoothing constant α_1 and α_2 are linked to the same parameter α , by the relations:

$$\alpha_1 = \alpha(2 - \alpha) \quad (3) \quad , \quad \alpha_2 = \alpha/(\alpha - 2) \quad (4)$$

For these two models, we need to give initial values a_0 and b_0 to produce forecasts. Thus we takes b_0 equal to simple linear regression coefficient calculated on the basis of the first five series of values, thereafter, a_0 is deduced by the relation: $a_0 = y_1 - b_0$.

2.2.4 FORECAST BY THE METHODOLOGY OF BOX AND JENKINS

Box and Jenkins based on the notion of ARIMA process. This technique has four steps: identification, Estimation, Diagnostic and Forecast. The model consists of two parts: the frist one is autoregression (AR) and the second is moving average (MA) and model is generally noted ARMA (p, q) , where p is the order of the AR part and q the order of the party MA, a moving average and autoregressive model of order (p, q) (abbreviated as ARMA (p, q)) is a discrete time processes $(X_t, t \in N)$ verifying:

$$Y_t = \phi_p Y_{t-p} + \dots + \phi_1 Y_{t-1} + \alpha_t - \theta_1 Y_{t-1} - \dots - \phi_q Y_{t-q}$$

where ϕ_i and θ_i parameters are constants and the terms of errors α_t are independent of the process.

AUTOREGRESSION MODEL AND MOVING AVERAGE MODEL

An autoregressive model of order p , abbreviated AR (p) is written:

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \alpha_t$$

and the notation MA (q) refers to the moving average model of order q is written:

$$Y_t = \alpha_t - \theta_1 Y_{t-1} - \theta_2 Y_{t-2} - \dots - \theta_q Y_{t-q}$$

where $\phi_1, \dots, \phi_p, \theta_1, \dots, \theta_q$ are the model parameters, α_t an **white noise** that define is a series of random observation noncorrelation and sometimes assume that it is a series of independent random variables and have the same distribution, zero mean and constant variation such that 1. $E(\alpha_t) = m, \forall t$, 2. $Var(\alpha_t) = \sigma^2, \forall t$, 3. $cov(\alpha_t, \alpha_{t-h}) = \gamma(h), \forall t, h > 0$. Additional constraints on the parameters are necessary to ensure the stationarity. A process is stationary in the second if: 1. $\forall t \in \mathbb{Z}, E(X_t^2) < \infty$, 2. $\forall t \in \mathbb{Z}, E(X_t^2) = m$, 3. $\forall t \in \mathbb{Z}, \forall h \in \mathbb{Z}, Cov(X_t, X_{t+h}) = \gamma(h)$.

The model requires that a original series Y_t is stationary, but if it is not, it must be converted to a stationary taking the necessary differences, in this case, the ARMA model is written ARIMA (autoregressive integrated moving average). This model is characterized by three types of parameters: an autoregression (p), an integration (d) and a moving average (q) and is symbolized as follows: *ARIMA* (p, d, q) [6]. The Box-Jenkins methodology is summarized in four steps to found the best model for estimating and forecasting time series. These steps are sometimes nested with one another.

1. Identification: This is the most important step is to select the rank which model consists of it, first Know (d) through determine the degree of integration with study the stability of original time series. If the series is not stationary, for example having a general trend, we take the first difference, the series can become stationary after a number of differences, we can use several methods to know stationary of the series as the basic unit root test of Dickey-Fuller test and the expanded Dickey-Fuller (1979, 1981, 1986).[7]. Then we know (p) and (q), we test the significance of the autocorrelation function,

through $SE(r_k) = \frac{1}{\sqrt{n}}$ and test the hypothesis $H_o : \rho(k) = 0$

against $H_1 : \rho(k) \neq 0$ for $k = 1, 2, \dots$ using $|Z| = \frac{r(k)}{SE(r(k))}$, H_o is rejected if $|Z| > 2$ and we deduce that $\rho(k)$ is significantly different from zero. The standard error for each of the autocorrelation coefficients must be less than $2 * SE(r_k)$

, $k > q$ where $SE(r_k) = \sqrt{\frac{1}{n} + 2 \sum_{j=1}^q r^2(j)}$, $k > q$. To test the significance of the partial autocorrelation function is

calculated : $SE(\phi_k k) = \frac{1}{\sqrt{n}}$

and test the hypothesis $H_0 : \phi(kk) = 0$ against $H_1 : \phi(kk) \neq 0$ for $k = 1, 2, \dots$ using $|Z| = \frac{\phi(kk)}{SE(\phi(kk))}$, H_0 is rejected if $|Z| > 2$ and we deduce that $\phi(kk)$ is significantly different from zero. The standard error for each of the autocorrelation coefficients must be less than $2 * SE(\phi(kk))$, $k > p$ where $SE(\phi(kk)) = \frac{1}{\sqrt{n}}$. It also can be identified through graph *ACF, PACF*

2. Estimation : This usually involves the use of a least squares estimation process.
3. Diagnostic : The diagnostic of model is generally to do many tests and checks. The most important are: the stationary, study of residues and statistics.
4. Forecast : After identifying the model (determination of p, d and q), estimated parameters and diagnosed, it is used for the preparation of forecasts.

3 APPLICATION

3.1 THE PRICE SERIES OF VALUES (IMPORTS, EXPORTS AND PRODUCTION) FOOD

3.1.1 GRAPH SERIES



Fig. 1. Graph series of imports food from 1961 to 2010

Through the graph figure, we observed a general upward trend over the period, this means that the series is not stationary.

3.1.2 AUTOCORRELATION AND AUTOCORRELATION PARTIAL

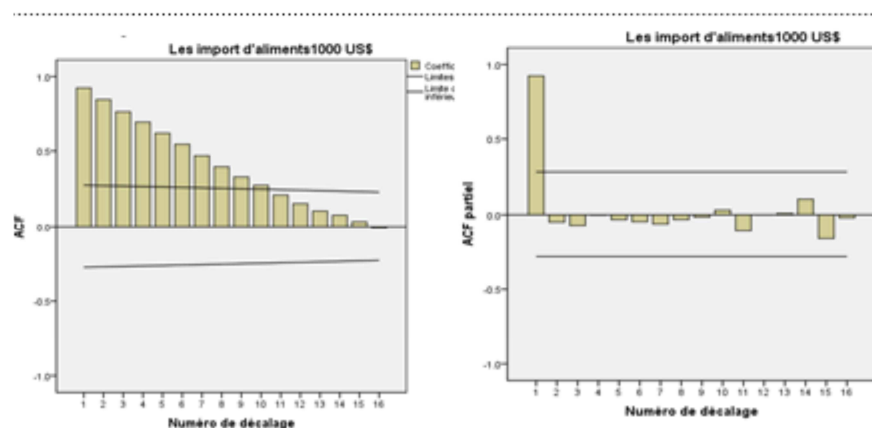


Fig. 2. Autocorrelation and partial autocorrelation series of imports food

We examine the autocorrelation and partial autocorrelation function in figures (2) and (2-1) we observed that the estimated autocorrelation parameter decreases exponentially towards zero while that only the first partial autocorrelation parameter is not significant. To confirm the previous results we execute the Dickey-Fuller test and observed in Figure (3) that the series is not stationary.

Null Hypothesis: $SERIE502$ has a unit root Exogenous: Constant Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=10)				
	t-Statistic		Prob.*	
Augmented Dickey-Fuller test statistic	1.171568		0.9976	
Test critical values:				
1% level	-3.571310			
5% level	-2.922449			
10% level	-2.599224			
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation Dependent Variable: $D(SERIE502)$ Method: Least Squares Date: 08/23/13 Time: 23:40 Sample (adjusted): 1962 2010 Included observations: 49 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
$SERIE502(-1)$	0.050066	0.042734	1.171568	0.2473
C	16893.65	33392.83	0.505906	0.6153
R-squared	0.028375	Mean dependent var	45989.92	
Adjusted R-squared	0.007702	S.D. dependent var	156861.8	
S.E. of regression	156256.6	Akaike info criterion	26.79635	
Sum squared resid	1.15E+12	Schwarz criterion	26.87356	
Log likelihood	-654.5105	Hannan-Quinn criter.	26.82564	
F-statistic	1.372572	Durbin-Watson stat	2.067120	
Prob(F-statistic)	0.247276			

Null Hypothesis: $D(SERIE502)$ has a unit root Exogenous: Constant Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=10)				
	t-Statistic		Prob.*	
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-6.493626		0.0000	
Test critical values:				
1% level	-3.574446			
5% level	-2.923780			
10% level	-2.599925			
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation Dependent Variable: $D(SERIE502.2)$ Method: Least Squares Date: 08/23/13 Time: 23:42 Sample (adjusted): 1963 2010 Included observations: 48 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
$D(SERIE502(-1))$	-0.956073	0.147233	-6.493626	0.0000
C	44811.74	24083.40	1.860690	0.0692
R-squared	0.478264	Mean dependent var	324.3542	
Adjusted R-squared	0.466922	S.D. dependent var	219088.4	
S.E. of regression	159961.3	Akaike info criterion	26.84402	
Sum squared resid	1.18E+12	Schwarz criterion	26.92199	
Log likelihood	-642.2566	Hannan-Quinn criter.	26.87349	
F-statistic	42.16718	Durbin-Watson stat	2.009967	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Fig. 3. Dickey-Fuller test of differentiated first series of price values on food imports

We note that the series is stationary. We deduce that $d = 1$ in the ARIMA model (p, d, q) .

IDENTIFICATION OF MODEL FOR WHEAT PRODUCTION SERIES

Although it appears that each partial autocorrelation parameter after the second parameter is not significantly different from zero at $\alpha = 0.05$ but the autocorrelation function is gradually decreasing towards zero, this may be sufficient evidence that the random process is AR (1). For ensure we test the following statistical hypothesis: $H_0 : \phi_{11} = 0$; $H_0 : \phi_{11} \neq 0$,

$SE(\phi_{11}) = \frac{1}{\sqrt{n}} = \frac{1}{\sqrt{50}} = 0,141$, $Z = \phi_{11}/(SE(\phi_{11})) = \frac{0,924}{0,141} = 6,4 > 2$, we deduce that the first partial autocorrelation parameter is not significantly different from zero at $\alpha = 0.05$. We examining the autocorrelation partial parameters, we find that $\phi_{kk} < 0.282$ for each $k = 2, 3, \dots$. Thus, can say that there is no reason for the partial autocorrelation function does not stop after the first parameter that supports the possibility of using the AR (1) and therefore $ARIMA(1,1,0)$.

Then we compared between ARIMA models with the exponential smoothing(Holt,Brown)and simple regression. For import food series and product food series we get the same results. We get the following results.

Table 1. Comparison of model

Comparison of ARIMA models with the exponential smoothing and simple regression for the series of price values of food importation.						Comparison of ARIMA models with the exponential smoothing and simple regression for the series of price values of food exportation .					
Model	R-deux	Bic	MAPE	Lujng Box	Sig du Model	Model	R-deux	Bic	MAPE	Lujng Box	Sig du Model
ARIMA (1,1,0)	0.92	24.1	16.9	0.20	const=0.01 $\phi_1 = 0.94$	ARIMA (1,1,0)	0.91	19	25.6	0.17	const=0.42 $\phi_1 = 0.16$
ARIMA (0,1,0)	0.92	24	16.8	0.25	const=0.008	ARIMA (0,1,0)	0.92	18.8	26.7	0.03	const=0.31
ARIMA (1,1,1)	0.93	24.2	17	0.71	const=0.08 $\phi_1 = 0.00$ $\Theta_1 = 0.08$	ARIMA (2,1,0)	0.91	19.1	24.7	0.65	const=0.08 $\phi_1 = 0.11$ $\phi_2 = 0.25$
Brown	0.89	24.4	17	0.12	Alpha=0	Brown	0.80	19.4	29.8	0.0	Alpha=0
Holt	0.93	24.1	16.4	0.15	Alpha=0 Gama =1	Holt	0.92	18.9	26.5	0.20	Alpha=0 Gama =0.97
Regression	0.70	----	106	0.25	const=0.02 Year=0.0	Regression	0.92	----	93	0.25	const=0. Year=0.

Table 2. Comparison of model

Comparison of ARIMA models with the exponential smoothing and simple regression for the series of price values of food production.					
Model	R-deux	Bic	MAPE	Lujng Box	Sig du Model
ARIMA (1,1,0)	0.99	21.7	5.7	0.31	const=0.001 $\phi_1 = 0.22$
ARIMA (0,1,0)	0.98	21.8	4.8	0.15	const=0.00
ARIMA (1,1,1)	0.99	21.9	5.3	0.31	const=0.4 $\phi_1 = 0.00$ $\Theta_1 = 0.00$
Brown	0.99	21.5	4.9	0.06	Alpha=0
Holt	0.99	21.6	4.6	0.14	Alpha=0 Gama =0.17
Regression	0.87	----	15.7	0.12	const=0.001 Year=0.0

We take 40 observation of the original series and forecast for the next ten years, then compare between models by *MAPE* and choose the best model. The results were as follows:

1. The *ARIMA(1,1,1)* for modeling the series of price values of food imports.
2. Brown's exponential smoothing model for modeling the series of price value of food exports.
3. The *ARIMA(1,1,1)* for modeling the series of price values of food products.

3.2 TESTS OF RESIDUES

We test the best model:

- Graphic residues confidence limits, *ACF*, *PACF*
- Graphic dispersion of points in parallel form residuals around zero *ACF*, *PACF*
- Ljung-Box value is significant
- If the model realizes the previous tests, we use it to forecast.

3.3 FORECASTING

Then we use the previous models to calculate the forecast from 2011 to 2020 and the results were as follows:

Table 3. Forecasting prix value of the time series(exports, imports and production)

Forecasting			
Year	value price series of food imports	value price series of food exports	value price series of food products
2011	2,388,977	162105	1,868,713
2012	2,523,527	185227	1,938,459
2013	2,628,949	204683	2,006,854
2014	2,768,258	222056	2,073,951
2015	2,880,080	241559	2,139,800
2016	3,024,192	264090	2,204,448
2017	3,142,373	288899	2,267,943
2018	3,291,327	315571	2,330,327
2019	3,415,827	344878	2,391,645
2020	3,569,662	376789	2,451,936

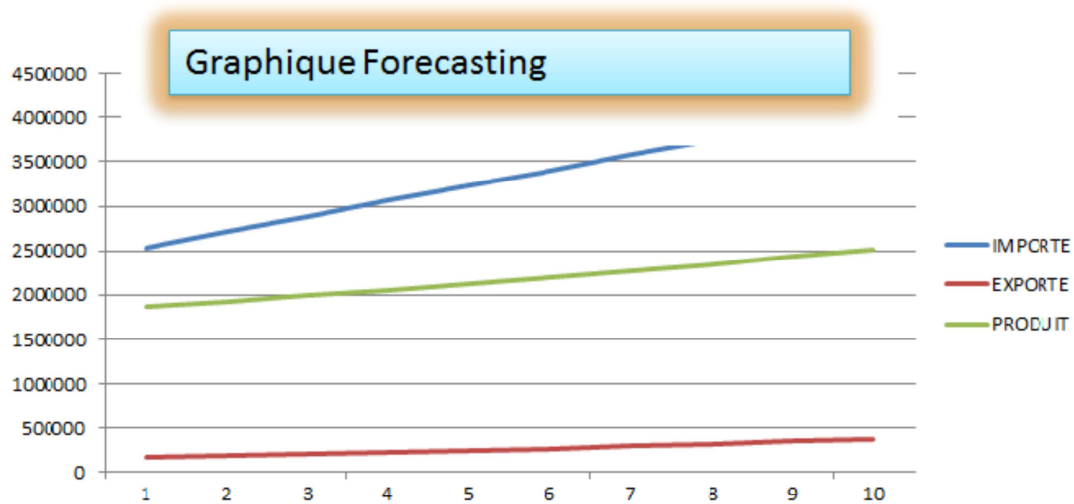


Fig. 4. Graphic Forecast prix value of time series(exports,imports and production)

4 CONCLUSION

- Through forecasting results we observed that food imports will continue to increase up to 92 % compared to food exports.
- According to forecasting results of the price value of food exports over the next 10 years, it seems that the value of export prices will increase slowly, which means that the Yemeni economy will remain as an importing economy at least during the current decade .
- We predicted to continue to decrease in the second decade of the current century (2011-2020) to 39 %.

REFERENCES

- [1] Peter J. Brockwell et Richard A Davis, Introduction to Time Series and Forecasting, Springer, (2002).
- [2] Philippe Marier, Prévision de la demande, Consortium de Recherche Université Laval.
- [3] Lahoussaine Baamal, Cours d'analyse des Séries Chronologiques. Université Ibn Tofail, Kénitra, (2012).
- [4] E. Ostertagova, O. Ostertag, The Simple Exponential Smoothing Model, <http://www.researchgate.net/publication/256088917>
- [5] Rodolphe Palm, Etude des séries chronologiques par méthodes de lissage, Faculté Universitaire des Sciences agronomiques, Unité de Statistique, Informatique et Mathématique appliquées, Belgique, (2007)
- [6] Bary Adnan Majed, Statistical forecasting methods-1, Université du Roi Saoud, Arabie Saoudite (2002).
- [7] Ruey S. Tsay, Analysis of financial time series, Wiley, Hoboken, New Jersey, USA. (2005).
- [8] Lahoussaine Baamal, Cours de Prévision par la Méthodologie de Box et Jenkins. Université Ibn Tofail, Kénitra, (2012).
- [9] IBM, IBM SPSS Forecasting, (2011).
- [10] A. Douaik, Prévision des rendements agricoles par les méthodes de lissage exponentiel. Mémoire ingénieur, Faculté des Sciences Agronomique de Gembloux, Belgique, (1991).

Performance de 46 provenances-génotypes asiatiques d'*Acacia mangium* dans les conditions édapho climatiques du Plateau de Batéké (RDC)

[Performance of 46 Asian genotypes provenances of *Acacia mangium* in edapho climatic conditions of Batéké Plateau (DRC)]

Max MUNGYEKO MAYOLA¹, Jean LEYOLY², Jules ALONI KOMANDA³, Appolinaire BILOSO MOYENE⁴, Emmanuel NGWAMASHI MIHAHA⁵, Athos MPANDA MAKAMBUA⁶, and Fils MILAU EMPWAL⁷

¹Faculté des Sciences Agronomiques, Université Kongo, Bas-Congo, RD Congo

²Département de Botanique, Faculté des Sciences, Université Libre de Bruxelles, Belgique

³Département de Géographie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, RD Congo

⁴Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Kinshasa et World Agroforestry Centre, RD Congo

⁵Groupe pour les Initiatives en Agroforesterie (GI Agro), Plateau de Batéké, RD Congo

⁶Institut Supérieur d'Etudes Agronomiques de Mvuazi /Bas-Congo, RD Congo

⁷Laboratoire de Gestion des Ressources Naturelles, Faculté des Sciences Agronomiques de l'université de Kinshasa, RD Congo

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

ABSTRACT: In order to establish an agroforestry carbon sink to Batéké plateau with suitable and productive materials, an experiment on growth and adaptation of 46 Asian genotypes provenances of *Acacia mangium* was conducted in Ibi / Batéké plateau at the Democratic Republic of Congo. The results showed that after 5 years the best survival rates were achieved by the genotypes provenances M13 from Australia (QLD), M17 and M29 Papua New Guinea originating (PNG) with 93%. Regarding the circumferences, larger sizes have been obtained by the genotype provenance M01 of Australia (60.6 cm) and M37 of Papua New Guinea (56.7 cm). The genotypes provenances with best rates for survival are either single-stemmed (M13, M1) or indifferent (M29), while the genotypes provenances with best circumferences at chest height (CCH) are all indifferent (sometimes single-stemmed sometimes polycalles). The genotypes Provenances which have presented, in the conditions of experimental medium, both a good survival rate and good CCH to 5 years are mainly M13 (93%; 50.4 cm) (QLD), M19 (87%; 50.6 cm) (PNG), M36 (73%; 50.5 cm) (PNG) and M14 (73%; 50 cm) (QLD).

KEYWORDS: Environment, Growth, *Acacia mangium*, Agroforestry, forestry, Plateau of Batéké.

RÉSUMÉ: Dans le but de mettre en place un puit de carbone agroforestier au plateau de Batéké avec des matériels adaptés et productifs, une expérimentation sur la croissance et l'adaptation de 46 provenances-génotypes asiatiques d'*Acacia mangium* a été conduite à Ibi/Plateau de Batéké en République démocratique du Congo. Les résultats ont montré après 5 ans que les meilleurs taux de survie ont été obtenus par les provenances-génotypes M13 originaire d'Australie (QLD), M17 et M29 originaires de Papouasie nouvelle guinée (PNG) avec 93%. En ce qui concerne les circonférences, les plus grandes tailles ont été atteintes par les provenances-génotypes M01 d'Australie (60,6 cm) et M37 de Papouasie nouvelle guinée (56,7 cm). Les provenances-génotypes à meilleurs taux de survie sont soit monocaules (M13, M1) soit indifférents (M29) alors que celles à

meilleures circonférences à la hauteur de la poitrine (CHP) sont toutes indifférentes (tantôt monocaules tantôt polycalles). Les provenances-génotypes ayant présenté, dans les conditions du milieu expérimental, à la fois un bon taux de survie et une bonne CHP à 5 ans sont principalement M13 (93% ; 50,4 cm) (QLD), M19 (87% ; 50,6 cm) (PNG), M36 (73% ; 50,5 cm) (PNG) et M14 (73% ; 50 cm) (QLD).

MOTS-CLEFS: Environnement, Croissance, *Acacia mangium*, Agroforesterie, foresterie, Plateau de Batéké.

1 INTRODUCTION

Acacia mangium Willd est une espèce de la sous-famille des *Mimosoideae* dans la famille des *Fabaceae*. Grâce à ses aptitudes à s'adapter facilement à des plantations sur des sites marginaux et à sa croissance rapide, elle est très utilisée dans des plantations forestières et programmes de reboisement à travers l'Asie et le Pacifique [1]. L'importance de l'*A. mangium* pour des plantations forestières s'accroît de plus en plus dans les régions tropicales [2]. En effet, ces derniers croissent même sur les sols ferrallitiques et dans les écosystèmes perturbés [3]. Ils fixent l'azote atmosphérique et améliorent les sols ; leur bois peut être utilisé comme bois de chauffe ou de charbon de bois et même pour la sculpture et la papeterie [4]. On peut en extraire aussi des tanins et utiliser sa sciure comme substrat pour la culture des champignons comestibles [5].

Dans plusieurs régions du monde des essais de provenances d'*A. mangium* ont été repris pour contribuer non seulement à la sélection des cultivars les mieux adaptés mais aussi servir des banques de gènes pour des hybridations éventuelles [6]. D'après la Guttern [7], les *A. mangium* croissent et s'adaptent différemment dans les milieux selon leur provenance d'origine. Il est par ailleurs établi que l'adaptation de génotypes des végétaux en dehors de leurs écosystèmes natifs est souvent entravée par des contraintes environnementales [8].

En RDC, *A. mangium* est aussi utilisé pour l'amélioration des jachères et la séquestration de CO₂. Il s'avère donc important d'avoir une banque de gènes pour assurer la pérennité et la viabilité de son exploitation. C'est dans ce cadre que le projet IBI a depuis 2006 fait venir des génotypes d'*A. mangium* des origines variées afin de les exploiter. Ainsi cette étude a pour but d'évaluer l'adaptabilité des provenances-génotypes d'*A. mangium* de différentes origines. Elle cherche à mettre en évidence le potentiel adaptatif de ces génotypes dans les conditions climatiques et édaphiques du domaine d'Ibi village afin de favoriser un brassage de matériel génétique et de profiter de l'effet hétérosis dans l'installation des puits de carbone.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

L'étude a été effectuée au site d'Ibi village, compris entre 4°20' et 5°80' de latitude Sud et 15°50' et 16°20' de longitude Est et à 642 m d'altitude au plateau des Batéké. Elle est située sur la route asphaltée n° 1 Kinshasa-Kikwit, à 125 km du centre-ville de Kinshasa dans la commune de Maluku. Sur ce site, l'entreprise Novacel a installé un puits de carbone agroforestier de plus de 1800 ha.

Les sols de ce site sont classifiés comme Rubrique Ferrallique Arénosol (Dystrique) selon le système de classification WRB [9] et comme Quartzipsamment Ustoxique Isohyperthermique suivant la classification américaine [10]. Les sols de la couche arable ont une composition granulométrique moyenne de l'ordre de 3,4 % argile, 5,6 % limon et 91,0 % sable et possèdent une densité apparente d'environ 1,25 [11]. Le climat de la région est tropical humide du type AW4 selon la classification de Köppen c'est-à-dire avec une saison sèche de quatre mois sans pluies (juin à septembre), une saison pluvieuse (octobre à avril) ; mai et octobre constituant des mois de transition [12]. Les précipitations annuelles sont d'environ 1500 mm réparties sur une centaine de jours, la température moyenne mensuelle est de 24°C avec une humidité relative moyenne de 80%. La végétation est dominée par des savanes herbeuses et arbustives [13].

2.2 MÉTHODES D'ÉCHANTILLONNAGE

Le dispositif expérimental, extrait d'un dispositif originel beaucoup plus grand, comportait trois blocs ayant chacun 46 provenances-génotypes d'*Acacia mangium* plantées aux écartements de 3m x 3m. Chaque provenance-génotype avait 5 pieds par parcelle, lesquels provenaient des plantules issues des graines prétraitées et semées dans les sachets en polyéthylène. Les 46 provenances-génotypes d'*Acacia mangium* utilisés provenaient de l'Asie (Tableau 1). Les paramètres ci-dessous ont été mesurés :

- le taux de survie à 5 ans (TS) qui correspond au rapport entre le nombre de pieds présents à 5ans et le nombre initial multiplié par 100. Il a été évalué par la formule: $TS = (NP5/NP0) \times 100$. Avec TS= le taux de survie en % de différentes provenances à 5 ans, NP5= le nombre de pieds présents à 5 ans et NP0 le nombre initial des pieds ;
- l'incidence de la polycaulie de génotypes à 5ans qui correspond au rapport entre le nombre de pieds ayant au moins deux tiges et le nombre total de pieds présents à 5 ans multiplié par 100. Elle a été évalué par la formule : $TP = (NPd/NP5) \times 100$. Avec TP= taux de la polycaulie en % dans différentes provenances à 5 ans; NPd= le nombre de pieds ayant au moins deux tiges et NP5 = le nombre total de pieds présents à 5 ans.
- la circonférence (CHP) en cm à 5 ans a été mesurée à la hauteur de la poitrine (130cm) du sol sur tous les pieds présents par provenance dans un intervalle de trois mois. La moyenne de CHP de différents pieds de la provenance a été calculée pour représenter la provenance. Les CHP de pieds polycaulies et des pieds dont la ramification est en dessous de 130cm ont été obtenus par la formule suivante : $CHP_m = (CHP_1^2 + CHP_2^2 + \dots + CHP_n^2)^{1/2}$

Avec CHPm= la circonférence moyenne à la hauteur de la poitrine, n le nombre de tiges des pieds et CHPn la circonférence à la hauteur de la poitrine de la nième tige.

Tableau 1 : Renseignements sur les 46 provenances-génotypes d'*Acacia mangium*

N° IBI	N° CSIRO	Provenance Géographique	Etat	Type de Prov.	Latitude	Longitude	Alt. (m)
M1	18249	CAPTAIN BILLY ROAD	QLD	naturelle	11.41.00 S	142.42.00 E	100
M2	20045	PASCOE RIVER	QLD	naturelle	12.34.00 S	143.09.00 E	20
M3	18994	CLAUDIE RIVER	QLD	naturelle	12.47.00 S	143.17.00 E	20
M4	16679	BLOOMFIELD-AYTON	QLD	naturelle	15.52.00 S	145.20.00 E	20
M5	19279	REX-CASSOWARY	QLD	naturelle	16.31.00 S	145.24.00 E	60
M6	18764	KURANDA	QLD	naturelle	16.44.00 S	145.30.00 E	390
M7	17703	TULLY-MISSION BEACH	QLD	naturelle	17.55.00 S	146.05.00 E	20
M8	15700	S OF CARDWELL	QLD	naturelle	18.32.00 S	146.05.00 E	55
M9	20637	SSO KENNEDY/MEUNGA Hybrid	QLD	SSO	18.12.00 S	145.53.00 E	50
M10	20761	SSO KENNEDY/MEUNGA Hybrid	QLD	SSO	18.12.00 S	145.53.00 E	50
M11	20783	SSO CARDWELL/DAMPER PNG	QLD	SSO	18.24.00 S	146.06.00 E	20
M12	19705	SSO CARDWELL/DAMPER PNG	QLD	SSO	18.16.00 S	146.02.00 E	60
M13	20863	SSO DAMPER PNG	QLD	SSO	18.24.00 S	146.06.00 E	20
M14	20871	SSO Kuranda FNQ	QLD	SSO	16.45.00 S	145.71.00 E	400
M15	20865	SSO Kuranda PNG	Nth QLD	SSO	16.45.00 S	145.70.00 E	400
M16	20784	SSO LANNERCOST PNG	North-QLD	SSO	18.38.00 S	145.52.00 E	90
M17	20127	LAKE MURRAY	PNG	naturelle	07.00.00 S	141.33.00 E	50
M18	19863	AIAMBAK FLY RIVER WP	PNG	naturelle	07.20.35 S	141.15.53 E	30
M19	19231	UPPER ARAMIA	PNG	naturelle	07.56.00 S	142.35.00 E	15
M20	19611	MAKAPA	PNG	naturelle	07.56.00 S	142.35.00 E	15
M21	20129	MIDDLE ARAMIA	PNG	naturelle	08.00.00 S	142.45.00 E	15
M22	19133	KINI	PNG	naturelle	08.06.00 S	142.58.00 E	15
M23	16937	BALIMO DISTRICT	PNG	naturelle	08.17.00 S	142.52.00 S	10
M24	19232	WASUA	PNG	naturelle	08.19.00 S	143.02.00 E	10
M25	20131	LOWER FLY	PNG	naturelle	08.19.00 S	143.02.00 E	10
M26	18214	KAPAL VILLAGE/ORIOMO	PNG	naturelle	08.37.00 S	142.47.00 E	40
M27	20133	BITURI	PNG	naturelle	08.40.00 S	142.43.00 E	45
M28	19235	MOREHEAD-TOKWA	PNG	naturelle	08.41.00 S	141.51.00	15
M29	18206	ARUFI VILLAGE WP	PNG	naturelle	08.43.00 S	141.55.00 E	25
M30	19233	WIPIM-ORIOMO	PNG	naturelle	08.49.00 S	143.0.00 E	10
M31	19732	WIPIM - ORIOMO AREA	PNG	naturelle	08.49.00 S	142.54.00 E	45
M32	19387	ORIOMO	PNG	naturelle	08.50.00 S	143.05.00 E	10
M33	19388	PODARI	PNG	naturelle	08.52.00 S	142.48.00 E	30
M34	20135	POHATURI	PNG	naturelle	08.52.00 S	142.53.00 E	40
M35	17550	BENSBACH WP	PNG	naturelle	08.53.00 S	141.17.00 E	25

M36	20134	BINATURI	PNG	naturelle	09.00.00 S	141.54.00 E	20
M37	20434	SSO KURANDA	PNG	SSO	16.45.00 S	145.30.00 E	400
M38	20827	SSO LINGAO	CHINE	SSO	19.34.00 N	109.26.00 E	50
M39	20874	GCSO CHINA	CHINE	GCSO	22.40.00 N	113.20.00 E	150
M40	20683	SSO FIJI	FIJI	SSO	18.00.00 S	178.00.0 E	10
M41	19152	MLAY SABAH	MALAYSIA	artificielle	06.47.00 S	117.07.00 E	50
M42	19689	SPA MALAYSIA/PNG	MALAYSIA	SPA	00.00.01 N		1 0
M43	20825	SPA BELDEROL	PHILIPPINES	SPA	08.09.00 N	125.04.60 E	801
M44	20824	SSO SILOO	PHILIPPINES	SSO	08.25.00 N	124.57.00 E	600
M45	20819	SPA MINDORO	PHILIPPINES	SPA	12.50.60 N	121.27.00 E	23
M46	20829	SPA DONG HA	VIET NAM	SPA	16.47.00 N	107.02.00 E	50

Légende

PNG : Papouasie Nouvelle Guinée / **NT** : Territoire du Nord, Australie / **QLD** : Queensland, Australie / **SPA** : Seed Production Area / **SSO** : Seedling Seed Orchard / **GCSO** : Grafted Clonal Seed orchard / **Naturelle** : provenance de l'aire naturelle (récolte en forêt naturelle) / **Artificielle** : récolté en plantation.

2.3 ANALYSE STATISTIQUE DES DONNÉES

L'ensemble des données a été soumis à une analyse de variance à un critère de classification. Une comparaison multiple Post-Hoc des moyennes selon le test de Fisher (LSD) au seuil de 5% a été également réalisée. L'analyse du degré d'association entre d'une part les différents paramètres mesurés et d'autre part les différentes provenances des génotypes a été réalisée par le calcul du coefficient de corrélation de Bravais-Pearson.

Le coefficient de corrélation est un indice statistique qui exprime l'intensité et le sens (positif ou négatif) de la relation linéaire entre deux variables quantitatives. C'est une mesure de la liaison linéaire, c'est à dire de la capacité de prédire une variable X par une autre Y à l'aide d'un modèle linéaire. Il permet de mesurer l'intensité de la liaison entre deux caractères quantitatifs. C'est donc un paramètre important dans l'analyse des régressions linéaires (simples ou multiples). En revanche, ce coefficient est nul ($r = 0$) lorsqu'il n'y a pas de relation linéaire entre les variables (ce qui n'exclut pas l'existence d'une relation autre que linéaire). Le coefficient est de signe positif si la relation est positive (directe, croissante) et de signe négatif si la relation est négative (inverse, décroissante).

Ce coefficient varie entre -1 et +1 ; l'intensité de la relation linéaire sera donc d'autant plus forte que la valeur du coefficient est proche de +1 ou de -1, et d'autant plus faible qu'elle est proche de 0.

- une valeur proche de +1 montre une forte liaison entre les deux caractères. La relation linéaire est ici croissante (c'est-à-dire que les variables varient dans le même sens);
- une valeur proche de -1 montre également une forte liaison mais la relation linéaire entre les deux caractères est décroissante (les variables varient dans le sens contraire);
- une valeur proche de 0 montre une absence de relation linéaire entre les deux caractères.

Toutes les analyses statistiques ont été réalisés avec les logiciels Origin 6.1 et Excel.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 TAUX DE SURVIE DES PROVENANCES-GENOTYPES A 5 ANS

Les plus grands taux de survie ont été réalisés avec les provenances M13, M17 et M29 avec 93 %. Les plus faibles taux de survie ont été observés chez les provenances M25 20%, M26 33%, M45 40% et M27 47%. Le reste des provenances (84,7% de l'ensemble) a de taux de survie compris entre 50 et 92 % (Figure 1).

Ce test de survie en plantation pour la détermination du taux de mortalité des arbres occupe une place importante pour le suivi des flux des stocks de carbone. La tendance serait de dire que les provenances dont le taux de survie se trouve dans la fourchette des valeurs comprises entre 80 à 95 % sont les meilleures dans les projets forestiers du Mécanisme de développement propre (MDP) [14]. De 46 provenances d'*A.mangium* testées à Ibi, celles de M13 originaire d'Australie, M17 et M29 originaires de Papouasie nouvelle guinée ayant présenté un taux de survie de 93% se sont ainsi mieux adaptées aux conditions du plateau de Batéké.

Ces bons résultats peuvent être imputés d'une part au fait que ces provenances offrent des conditions climatiques similaires à celles du plateau des Batékés et d'autre part à leur forte résistance à l'allélopathie et la compétition. Les travaux de la référence [15] ont montré à cet effet que selon les provenances, les pertes partielles imputables à l'inadaptation des génotypes aux conditions climatiques pourraient atteindre 50 % au sein des individus peu résistants. En effet, l'allélopathie et la compétition occupent une place fondamentale dans les études et les théories écologiques sur la structuration et l'adaptation des groupements végétaux [16], [17].

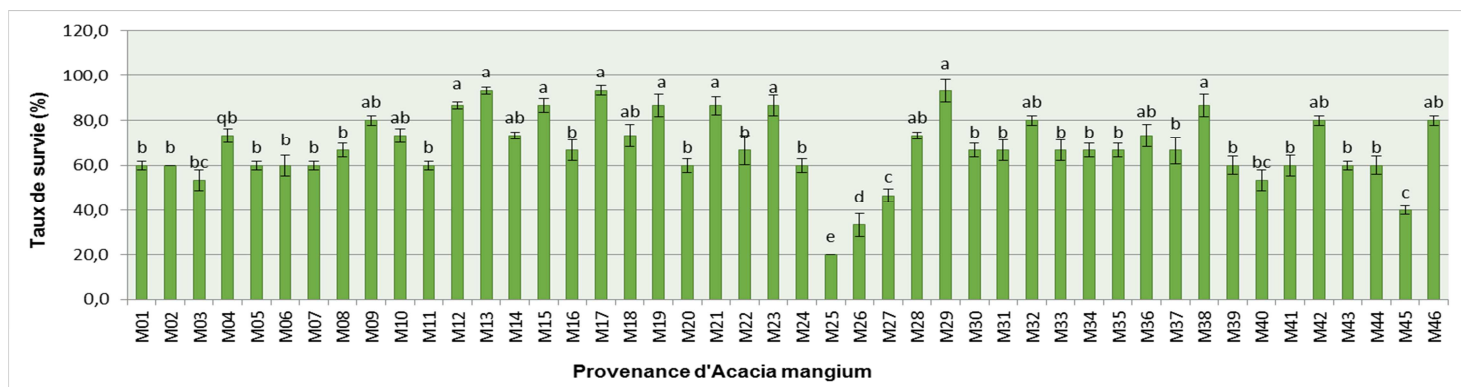


Figure 1. Taux de survie des provenances-génotypes d'*Acacia mangium* à 5 ans (Des lettres différentes indiquent des différences significatives ($p < 0,05$) d'après le test de Fisher LSD)

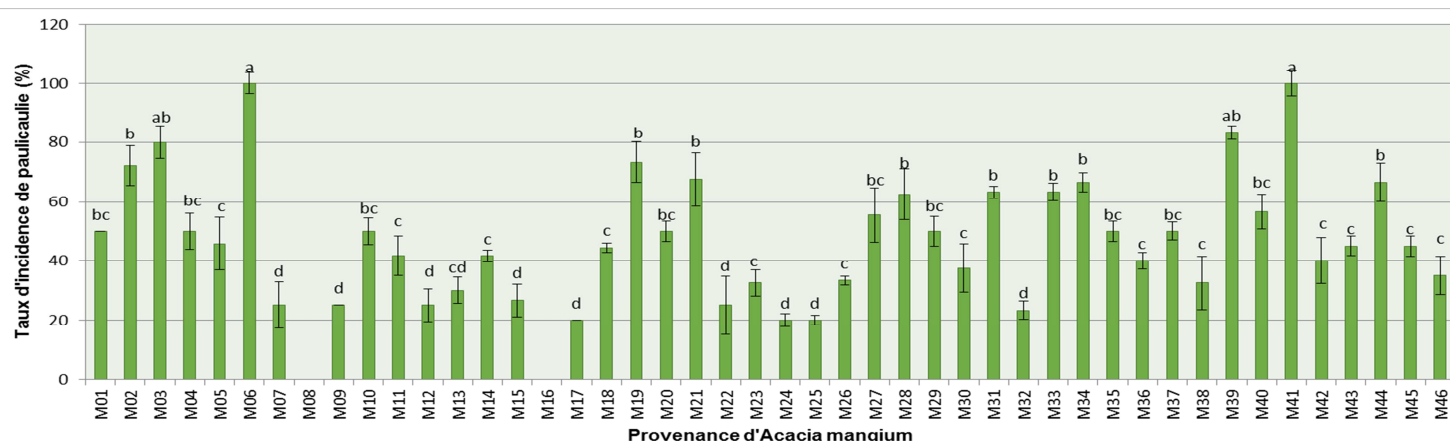


Figure 2. Taux de polyphagie des provenances-génotypes d'*Acacia mangium* (Des lettres différentes indiquent des différences significatives ($p < 0,05$) d'après le test de Fisher LSD)

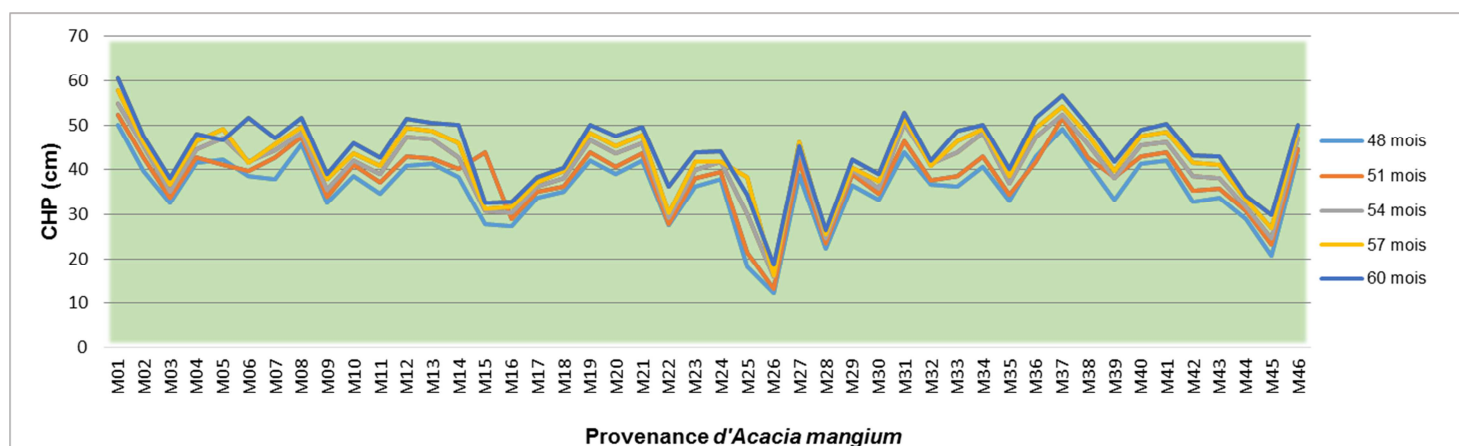


Figure 3. Circonférence à la hauteur de la poitrine (CHP en cm) des provenances-génotypes d'*Acacia mangium*

3.2 INCIDENCE DE LA POLYCAULIE DES PROVENANCES-GÉNOTYPES À 5 ANS

Les provenances strictement monocaules et polycaulies sont très faibles. Il s'agit respectivement de M08 et M16 (4,3%) et M06 et M41 (4,3%) ; les autres provenances sont à des degrés variables entre les deux extrêmes. Les provenances à tendances plutôt monocaules sont : M05, M07, M09, M11, M12, M13, M14, M15, M17, M18, M22, M23, M24, M25, M26, M30, M32, M34, M38, M42, M43, M45 et M46 (50%) ; celles à tendances plutôt polycaulies sont M02, M03, M06, M19, M21, M27, M28, M31, M33, M34, M39, M40, M41 et M44 (30,4%). Les provenances M01, M04, M10, M20, M29, M35 et M37 (15,2%) sont indifférentes, c'est-à-dire ont manifesté tantôt une monocaulie tantôt une polycaulie (Figure 2).

La tendance à la monocaulie ou à la polycaulie est déterminante sur le choix du sylviculteur en rapport avec le type de projet de reboisement. Dans l'optique d'un projet de reboisement à des fins énergétiques, l'idéal est évidemment de recourir à un matériel (provenance) à tendance plutôt polycaulie que monocaulie. Il en est ainsi pour un projet de reboisement inscrit dans les mécanismes des compensations des crédits carbone forestiers du MDP [14], [18], [19]. Par contre, lorsque *Acacia mangium* est planté pour la production du bois d'œuvre on recourra préférentiellement aux provenances strictement monocaules ou à tendances monocaules manifeste auxquelles sera alors appliqué le traitement sylvicole [1].

3.3 CIRCONFERENCE DES GENOTYPES A 5 ANS

La plus grande circonférence à la hauteur de la poitrine (CHP) à 5 ans (60 mois) a été obtenue par la provenance M01 (60,6 cm) suivi de M37 (56,7 cm) puis de M08 (51,6), de M36 (50,5 cm), M05 (51,5 cm), M06 (51,5 cm), M13 (50,4 cm), M41 (50,3 cm), M19 (50,6 cm), M14 (50 cm) et M27 (48,3 cm). La plus petite circonférence à la hauteur de la poitrine (CHP) à 5 ans par contre a été obtenue par M26 (18,7 cm) suivi de M28 (26,4 cm), de M15 (32,7 cm), de M16 (32,9 cm), de M25 (34,5 cm), M22 (36,2 cm), de M17 (38,4 cm) et de M30 (39,1 cm).

D'autre part, les plus grands écarts (>10 cm) entre les CHP à 60 mois et celles à 48 mois ont été obtenu dans l'ordre décroissant par M25, M06, M33, M14, M34, M42, M01 et M12 alors que les plus petits (≤6 cm) ont été obtenu dans l'ordre décroissant par M08, M16, M30, M29, M24, M44 et M18 (Fig.3). Ces écarts traduisent des vitesses de croissance à la fois élevées (écart >10 cm) et faibles (≤6 cm). Les valeurs moyennes de CHP de 46 provenances d'*Acacia mangium* obtenues sur le site expérimental ont évolué de 36,2 cm à 48 mois, 38,1 cm à 51 mois, 40,5 cm à 54 mois, 42,4 cm à 57 mois et 44,2 cm à 60 mois.

Une étude faite au Congo Brazzaville [20] signale la supériorité de croissance d'*Acacia mangium* sur l'*Acacia auriculiformis* en circonférence moyenne, qui sont respectivement de l'ordre de 71 cm contre 56 cm à l'âge de 7 ans et de 50,7 cm contre 40 cm à 5 ans aux écartements de 3,5 m x 3,5 m. La valeur moyenne de CHP d'*Acacia mangium* à Ibi (44,2 cm) est inférieure à celle du Congo Brazzaville (50,7 cm) toutes les provenances élites d'Ibi (60,6 cm) dépassent cependant cette valeur. Ces différences sont dues aux conditions du milieu et des écartements qui sont différents. Les petits écartements de plantation ont tendance à promouvoir plus la hauteur au détriment de la circonférence alors que les grands écartements de plantation font l'inverse.

Les CHP de 46 provenances océaniques d'*A.mangium* obtenues à 60 mois au plateau de Batéké ont montré une grande variabilité qui va de 18,7 cm à 60,6 cm soit un coefficient de multiplication de 1 à 3,2 ; ce qui implique que la sélection variétale et/ou l'hybridation entre les provenances pourrait faire augmenter significativement la productivité d'une exploitation. Nos résultats s'accordent avec ceux ayant évalué les taux de croissance des génotypes des acacias dans les différentes aires de répartition géographique de l'espèce. Ces auteurs démontrent que les différents génotypes subissent des effets environnementaux qui dictent leurs croissances [21], [22], [23], [24].

3.4 ÉVALUATION DES CORRÉLATIONS

Les coefficients de corrélation entre les différents paramètres observés sont présentés dans le tableau 2. On ne constate aucune corrélation significative entre les paramètres observés, le taux de survie et le taux de polycaulie présentent même une corrélation négative et non significative. Le taux de survie évolue dans le sens contraire de celui du taux de polycaulie. Ces résultats de corrélations confortent l'idée selon laquelle les provenances qui donnent des taux de survie et de polycaulie importants ne sont pas forcément corrélées à la vitesse de leur croissance.

Tableau 2. Matrice des coefficients de corrélation de Pearson calculés entre le volume, la circonférence et le taux de survie de différents génotypes (Différence significative à : ** $\alpha = 0,01$ et * $\alpha = 0,05$; ns: Différence non-significative.)

Variables	CHP	TSUR	TPOL
CHP	1		
TSUR	0,27 ^{ns}	1	
TPOL	0,21 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	1

Légende : CHP= Circonférence à la hauteur de la poitrine, TSUR= Taux de survie, TPOL= Taux de polycaulie

En ce qui concerne les provenances des génotypes, nous n'avons repris que les provenances qui ont montré une certaine signification pour les paramètres observés (Tableau 3). Celles-ci ont généralement tantôt des corrélations positives tantôt des corrélations négatives toutes et non significatives. A l'exception de M01 et M06, M08 et M41 qui ont donné des corrélations négatives et significatives ainsi que M06 et M41, M14 et M17 qui ont donné des corrélations positives et significatives. Leurs coefficients de corrélation sont aussi les plus grands.

Tableau 3. Matrice des coefficients de corrélation de Pearson calculés entre différentes provenances des génotypes (Différence significative à : ** $\alpha = 0,01$ et * $\alpha = 0,05$; ns Différence non-significative.)

Variables	M01	M05	M06	M08	M14	M17	M19	M27	M29	M37	M41
M01	1										
M05	0,77 ^{ns}	1									
M06	-0,99*	-0,72 ^{ns}	1								
M08	0,95 ^{ns}	0,92 ^{ns}	-0,93 ^{ns}	1							
M14	0,63 ^{ns}	0,98 ^{ns}	-0,57 ^{ns}	0,83 ^{ns}	1						
M17	0,62 ^{ns}	0,97 ^{ns}	-0,56 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,99**	1					
M19	-0,22 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,62 ^{ns}	1				
M27	-0,98 ^{ns}	-0,87 ^{ns}	0,96 ^{ns}	-0,99 ^{ns}	-0,76 ^{ns}	-0,76 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1			
M29	0,29 ^{ns}	0,83 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,92 ^{ns}	0,92 ^{ns}	0,86 ^{ns}	-0,46 ^{ns}	1		
M37	0,76 ^{ns}	0,99*	-0,71 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,98 ^{ns}	0,98 ^{ns}	0,46 ^{ns}	-0,86 ^{ns}	0,84 ^{ns}	1	
M41	-0,99 ^{ns}	-0,69 ^{ns}	0,99*	-0,91*	-0,55 ^{ns}	-0,54 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,95 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	-0,68 ^{ns}	1

4 CONCLUSION

Dans cette étude, il a été question d'évaluer la performance des provenances-génotypes d'*Acacia mangium* d'origine asiatique au plateau de Batéké. L'étude bien que relativement brève, apporte déjà quelques informations intéressantes à ce sujet. Les résultats ont montré que toutes les variables étudiées sont influencées d'une part par les traits intrinsèques aux provenances-génotypes et d'autre part par des contraintes environnementales.

En effet, les taux de survie les plus grands (93 %) ont été obtenus par les provenances M13 d'Australie, M17 et M29 de Papouasie nouvelle guinée. Par rapport à la polycaulie, les provenances strictement monocaules et polycaulies sont très faibles ; il s'agit respectivement de M08 et M16 (4,3%) et M06 et M41 (4,3%). Toutes les autres ont présenté la polycaulie et la monocaule à des taux variables. Pour la circonférence à la hauteur de la poitrine (CHP), les valeurs moyennes de CHP de 46 provenances d'*Acacia mangium* sur le site expérimental étaient de 36,2 cm à 48 mois, 38, 1 cm à 51 mois, 40,5 cm à 54 mois, 42,4 cm à 57 mois et 44, 2 cm à 60 mois. La plus grande valeur de CHP à 5 ans a été obtenue par la provenance M01 (60,6 cm) suivi de M37 (56,7 cm). Bien que l'étude nécessite d'être répétée avec le suivi de beaucoup d'autres paramètres comme le biovolume, la hauteur, l'*Acacia mangium* peut être considéré comme une espèce adaptée et à promouvoir pour l'amélioration des jachères agricoles périurbaines et la pratique agroforestière au plateau de Batéké.

REMERCIEMENTS

Nous remercions la CUD, l'Union Européenne via l'UNESCO et l'ERAIFT, la WBI, l'entreprise NOVACEL et l'ongd GI Agro pour leurs multiples contributions à notre recherche.

REFERENCES

- [1] G.M. Gnahoua & D. Louppe, *Acacia mangium*, Centre national de recherche agronomique, 2003. En ligne sur: <http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/42/92/81/PDF/acaci-mangium.pdf> (01 décembre 2013).
- [2] FAO, Programme forêts et changements climatiques : les instruments de la convention cadre sur les changements climatiques et leur potentiel pour le développement durable de l'Afrique. Document de travail FOPW/02/1, 2002. En ligne sur: <http://www.fao.org/docrep/004/Y4000F/y4000f00.htm> (10 octobre 2012).
- [3] National Research Council, *Mangium and other fast-growing Acacias for the humid tropics*, National Academy Press, Washington DC, 1983.
- [4] J.W. Turnbull, Australian acacias in developing countries, Proceedings of the International Workshop held at the Forestry training Centre, Gympie, Queensland, Australia, 4-7 August 1986, ACIAR Proceedings No 1, Australian Center for International Agricultural Research, Canberra, Australia, 1986.
- [5] R. Lemmens, Y. Wang & P. Ades, Timber trees: Minor commercial timbers, Plant resources of south-east Asia, Vol. 2, No 5, Backhuys Publishers, Leiden, 1995.
- [6] K. Awang, A.S. Nor Aini, G. Adjers, S. Bhumibhamon, F. J. Pan & P. Venkateswarlu, Performance of *Acacia auriculiformis* provenances at 18 months on four sites. *Journal of Tropical Forest Science*, 7, 2, 251 – 261, 1994.
- [7] Y. Gutterman, *Survival strategies of annual desert plants: adaptation of desert organism*. Berlin, Heidelberg, New York, Springer, 2002.
- [8] A. Abari, M. Nasr, M. Hodjati, D. Bayat & M. Radmehr, Maximizing Seed Germination in two *Acacia* species. *Journal of Forestry Research*, Vol. 2, No 23, pp. 241-244, 2012.
- [9] IUSS Working Group WRB, World reference base for soil resources, 2nd edition, World Soil Resources Report, No. 103, FAO, Rome, 2006.
- [10] Soil Survey Staff, *Keys to soil Taxonomy*, 10th edition, Soil Conservation Service, USDA, Washington D.C., 2006.
- [11] R.K. Kasongo, E. Van Ranst, A. Verdoodt, P. Kanyankogote & G. Baert, Impact of *Acacia auriculiformis* on the chemical fertility of sandy soils on the Batéké plateau, D.R. Congo. *Soil Use and Management*, No 25, pp. 21-27, 2009.
- [12] E. Milau, S. Kachaka, K. Aloni, M. Mvumbi & F. Francis, Incidence de la déforestation sur les catégories écologiques des vers de terre dans le domaine et Réserve de Chasse de Bombo-Lumene (Kinshasa). *Tropicultura*, Vol.3, No 33, pp 11-21, 2015.
- [13] F. Bisiaux, R. Peltier & J.P. Muliele, Plantations industrielles et agroforesterie au service des populations des plateaux Batékés, Mampou, R.D.Congo. *Bois et Forêts des Tropiques*, 301p, Vol.3, pp 1-31, 2009.
- [14] NOVACEL/PCI-B, Clean Development Mechanism Project Design, Document Form for Afforestation and Reforestation Project Activities (CDM-AR-PDD), version 04, 2009.
- [15] M. Mouret, *Les Acacias gommiers, Essais expérimentaux - Recherches histologiques sur la gommose*, Thèse 3ème cycle, U.P.S. Toulouse, 183 p., 1987.
- [16] R.M. Callaway & L.R. Walker, Competition and facilitation: a synthetic approach to interactions in plant communities, *Ecology*, No 78, pp 1958-1965, 1997.
- [17] J.P. Grime, Benefits of Plant Diversity to Ecosystems: Immediate, Filter and Founder Effects, *Journal Of Ecology*, Vol.6, No 86, pp 902-910, 1998.

- [18] C. Chenost, Y.M. Gardette, J. Demenois, N. Grondard & M. Perrier, Les marchés du carbone forestier/Bringing forest carbon projects to the market, Guide pour les marchés de carbone forestier, 1^{ère} éd. PNUE, AFD, BioCF de la Banque mondiale et ONF International, 2010.
- [19] Y.M. Gardette & B. Locatelli, Comment un projet forestier peut-il vendre des crédits carbone ? Cirad et ONF International, Paris, 2007.
- [20] F. Bernhard-Reversat, D. Diangana & M. Tsatsa, Biomasse, minéralomasse et productivité en plantation d'*Acacia mangium* et *A. auriculiformis* au Congo. Bois et Forêts des Tropiques, Vol.4 n°238, pp 35-44, 1993.
- [21] M. Coe & C. Coe, Large herbivores, *Acacia's* trees and bruchid beetles, South African Journal of Science, No 83, pp 624–635, 1987.
- [22] S. Ashkenazi, *Acacia* trees in the Negev and the Arava, Israel: A review following reported large-scale mortality (in Hebrew, with English summary), Hakeren HaKayemet LeIsrael, p. 121, XVII, Jerusalem, 1995.
- [23] S. Derbel, Z. Noumi, K. Anton & M. Chaieb, Life cycle of the coleopter *Bruchidius raddianae* and the seed predation of the *Acacia tortilis* Subsp. *raddiana* in Tunisia. CR Biologies, No 330, pp 49–54, 2007.
- [24] Z. Noumi, B. Touzard, R. Michalet & M. Chaieb, The Effects of Browsing on the Structure of *Acacia Tortilis* (Forssk) Hayne Ssp. *Raddiana* (Savi) Brenan along a gradient of Water Availability in arid zones of Tunisia, Journal of Arid Environments, No 74, pp 625-631, 2010.

Systèmes d'information, performance et maturité des processus: Élaboration d'un modèle théorique basé sur l'approche sociotechnique

[Information Systems, performance and Process maturity: Elaboration of a theoretical model based on the socio-technical approach]

Khalid CHAFIK¹ and Omar BOUBKER²

¹Professeur de l'Enseignement Supérieur, Groupe de recherche : Management & Systèmes d'information (GRMSI),
Coordinateur de la formation doctorale : Gestion, Economie et Développement Durable,
Ecole Nationale de Commerce et de Gestion,
Université Abdelmalek Essaadi, Tanger, Maroc

²Doctorant en Sciences de Gestion, Groupe de recherche : Management & Systèmes d'information (GRMSI),
Ecole Nationale de Commerce et de Gestion,
Université Abdelmalek Essaadi, Tanger, Maroc

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

ABSTRACT: This paper aims to develop a theoretical model to explain the logistics information systems process that contributes to the performance and the logistics processes maturity, taking into account the logistics providers' point of view (users of logistics information system).

Methodologically, we mobilized a theoretical exploration based on a meta-analysis of the researches assessing benefits resulting from the use of logistics information systems.

Findings allow us to justify the choice of the socio-technical approach and the extension variable of the reference model.

KEYWORDS: Information Systems, Process Maturity, User, managerial support, training quality.

RESUME: Ce papier a pour objectif d'élaborer un modèle théorique permettant d'expliquer le processus par lequel les systèmes d'information logistiques contribuent à la performance et la maturité des processus logistiques, en s'attachant au point de vue des logisticiens (utilisateurs du système d'information logistique).

Sur le plan méthodologique, nous avons mobilisé une exploration théorique basée sur une méta-analyse des travaux de recherche portant sur l'évaluation des gains apportés par l'utilisation des systèmes d'information logistiques.

Les résultats de cette recherche nous ont permis de justifier le choix de l'approche sociotechnique et des variables d'extension du modèle de référence.

MOTS-CLEFS: Systèmes d'information, Maturité des processus, Utilisateur, Support managérial, qualité de la formation.

1 INTRODUCTION

Le contexte économique actuel est caractérisé par une concurrence permanente, marquée par une forte exigence de la clientèle, pour des solutions logistiques sophistiquées et immédiates. Il oblige les entreprises industrielles à réviser leurs activités internes (dont celles associées à la logistique), en passant d'une logique de flux poussés à une logique de flux tirés

par la demande des clients, [1]. Dans ce cadre, les SIL¹ constituent un composant stratégique essentiel des entreprises. Ils participent de façon cruciale au niveau de la rationalisation des coûts logistiques, d'amélioration de niveau de satisfaction des clients et d'amélioration des pratiques logistiques, [2].

La croissance des investissements SI a été exponentielle ces dernières années, en raison de la pression en demande d'équipements informatiques et de développements de nouvelles applications orientées métiers logistiques [3]. Cependant, les managers des entreprises, s'interrogent sur la pertinence de ces investissements en raison du poids financier qu'ils représentent, ainsi que du risque qu'encours l'entreprise en cas d'échec.

Les entreprises industrielles marocaines ne font pas l'exception et continuent à investir massivement dans leur SIL, sans avoir d'instrument pour l'évaluer. Ces constats, nous conduisent à assigner à cette recherche l'objectif suivant : proposition d'un modèle théorique permettant d'évaluer la contribution des SIL à la performance et la maturité des processus logistiques.

Au cours de ces dernières années, de très nombreuses publications scientifiques ont vu le jour pour souligner l'importance d'évaluation de la contribution des SI à la performance des entreprises [4], [5]. Cette problématique reste centrale pour les académiciens et les dirigeants des entreprises, [6].

Notre recherche s'inscrit dans la continuité des travaux de recherche portant sur la problématique d'évaluation des SI, qui occupe une place déterminante au niveau de la recherche globale en management des SI, [7]. Dont, l'objectif est d'étudier, plus particulièrement, le lien entre deux champs disciplinaires: le management des SI et le management logistique. Elle s'inscrit dans la continuité des travaux de recherches qui ont mis en avant la relation entre les SI et la performance de l'entreprise du point de vue logistique, [8], [9], [2], [10], [11], [12], [13].

A cet égard, notre recherche mobilise les travaux portant sur le succès des SI, [14],[15], ainsi que ceux traitant la relation entre la performance et la maturité des processus logistiques [16], [17], [18], [19].

Plusieurs chercheurs en management des SI s'orientent vers le niveau d'analyse portant sur les utilisateurs, [20], [21]. Notre recherche s'aligne avec cette perspective, en se focalisant sur le point de vue des logisticiens (utilisateurs du SIL). Ce choix est motivé par le fait que les utilisateurs appartenant au département logistique sont les mieux placés pour évaluer les gains logistiques induits par l'utilisation du SIL.

A travers cette recherche, nous étudierons les variables qui favorisent la contribution des SIL à la performance et la maturité des processus logistiques de l'entreprise, telles que: les caractéristiques du SIL, les variables d'attitudes et de comportement ainsi que les variables managériales.

Cette recherche présente, dans un premier temps, le contexte et la problématique de recherche et le cadre théorique propre à l'évaluation des SIL. Ensuite, les modèles de succès des SI seront présentés. En formulant, dans un troisième temps, notre cadre de référence, via la justification du choix des variables d'extension du modèle choisi et nous dévoilons les principaux résultats obtenus. Enfin, nous discuterons quelques perspectives de notre recherche.

2 CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE DE RECHERCHE

Pour toute entreprise, la maîtrise et l'amélioration continue des processus logistiques restent des conditions indispensables pour réussir. De ce fait, de très nombreuses entreprises à travers le monde s'efforcent de tirer profit via l'utilisation des SIL permettant l'intégration de leur gestion logistique. En effet, plusieurs entreprises industrielles investissent de manière intensive dans des SIL, qu'elles intègrent dans leurs processus fonctionnels pour se focaliser sur les aspects métiers.

Les intérêts d'une évaluation spécifique des SIL des entreprises industrielles marocaines (secteur de l'industrie automobile et aéronautique), sont multiples et proviennent à la fois des spécificités du SIL utilisé dans le contexte marocain, mais aussi des spécificités du secteur de l'industrie automobile et aéronautique en termes stratégiques et concurrentiels.

¹ Nous utiliserons l'abréviation SIL dans la suite du texte pour désigner les Systèmes d'Information Logistiques.

A ce niveau, l'industrie automobile représente aujourd'hui un secteur à forte valeur ajoutée. Nombreux sont les acteurs qui interagissent au sein de cette industrie: concepteurs, assembleurs, fournisseurs de pièces, équipementiers, transporteurs, commerciaux... [22]. Elle représente l'une des industries dynamiques du tissu économique au Maroc. Elle a enregistré durant ces dernières années une performance à l'export très remarquable, expliquée par le développement de l'activité du câblage et l'essor du segment de la construction automobile à partir de 2012². De même, le secteur de l'aéronautique a été identifié comme un moteur de croissance pour l'économie marocaine (avec près de 90 opérateurs employant plus de 7500 salariés hautement qualifiés), [23].

Ainsi, la recherche de l'excellence logistique semble aujourd'hui au cœur des stratégies des entreprises de l'industrie automobile et aéronautique au Maroc. Concrètement, la logistique tient une place prépondérante à tous les niveaux. Pour répondre aux besoins logistiques, les intervenants du secteur utilisent des SIL sophistiqués. Dans cette optique, ces entreprises sont équipées par des progiciels de gestion intégrée, [24]. Pour ces entreprises le SIL constitue la pierre angulaire permettant l'augmentation du niveau de performance globale.

Dans ce sens, notre recherche s'oriente vers l'évaluation de la contribution des SIL à la performance et la maturité des processus logistiques. Notre problématique générale de recherche peut alors s'énoncer: **De quelle manière l'utilisation des SIL influence-t-elle le niveau de performance et de maturité des processus logistiques dans le cas des entreprises de l'industrie automobile et aéronautique au Maroc?**

3 CADRE THÉORIQUE DE RECHERCHE

L'objectif de cette revue de littérature est de présenter le cadre théorique de recherche, permettant d'approcher la question de la contribution des SIL à la performance et la maturité des processus logistiques.

Il est important de noter que malgré la richesse de la littérature portant sur la contribution des SI à la performance, l'intérêt des entreprises industrielles pour ce thème et le besoin de l'approfondir restent toujours d'actualité [25]. A ce niveau, malgré l'émergence d'un accord sur la contribution des SI à la performance, les conditions et les modalités d'influence continuent aujourd'hui à susciter la curiosité des chercheurs en management des SI.

Le présent travail s'intègre dans cette perspective, en cherchant à élaborer un modèle théorique d'évaluation de la contribution des SIL à la performance et la maturité des processus logistiques. A cet égard, notre recherche mobilise les travaux portant sur l'évaluation des SI, [14],[15], ainsi que ceux portant sur l'analyse de la relation entre la performance et la maturité des processus logistiques, [16].

Nous pouvons noter que la littérature s'intéresse à l'évaluation des SI/ Technologies de l'information (TI) sans distinction entre ces deux notions. La définition de [26, p. 3]: «*Un système d'information est un ensemble organisé de ressources: matériel, logiciel, personnel, donnée, procédure [...] permettant d'acquérir, de traiter, de stocker des informations dans et entre les organisations*», nous permet d'englober les TI comme une composante du SI.

3.1 MANAGEMENT DES PROCESSUS LOGISTIQUES

Ces dernières années, la logistique est considérée comme une fonction stratégique de l'entreprise permettant la maîtrise des coûts et l'acquisition d'avantage concurrentiel, [27].

La notion de la logistique renseigne sur le processus assurant la circulation physique des marchandises en combinant le transport, la manutention, l'emballage et toutes les opérations physiques, administratives, informationnelles et organisationnelles liées à ces mouvements, [28]. Elle met en œuvre un ensemble de méthodes pour mettre à la disposition du client la marchandise qu'il attend, au moindre coût, dans les délais, états et quantités demandées, [29].

Aujourd'hui, on parle de la chaîne logistique, qui représente l'ensemble des activités permettant: "*la gestion des flux physiques et d'information du client au fournisseur, afin d'offrir une réponse la plus satisfaisante possible aux besoins des clients*", [30, p. 31]. Dans ce cadre, plusieurs chercheurs parlent de l'entreprise *archipel* [31], qui doit gérer de multiples flux avec d'autres entreprises et dont la réussite individuelle est largement conditionnée par la réussite des partenaires.

² Office des Changes, Département des Statistiques des Echanges Extérieurs. (Décembre 2013)" Rapport sur l'industrie automobile au Maroc : Performance à l'export".

Le fonctionnement de la chaîne se base sur des processus liant l'ensemble des intervenants dans la dite chaîne. Il se base sur la circulation des flux informationnels en interne ainsi qu'en externe. Cette circulation est rendue possible grâce à l'utilisation des SIL, qui représentent la colonne vertébrale de la fonction logistique, [32].

Afin d'optimiser la gestion de cette chaîne, l'accent a été mis depuis plusieurs années sur l'optimisation des flux physiques et informationnels. Dans ce sens, l'informatisation des données et l'apparition de technologies, permettant à l'entreprise adoptrice de gérer la relation avec ses clients et ses fournisseurs. A ce niveau, les progiciels de gestion intégrée, ont facilité la gestion des flux informationnels. Ainsi, plusieurs chercheurs parlent de la relation entre ces deux champs, en signalant que ; « La relation entre logistique et SI est intime,[...] que de nombreuses entreprises ont fusionné les fonctions: le directeur logistique étant aussi directeur des SI, et inversement », [33, p. 2]. La figure suivante présente la structure générale de l'organisation logistique au sein des entreprises [10, p. 61].

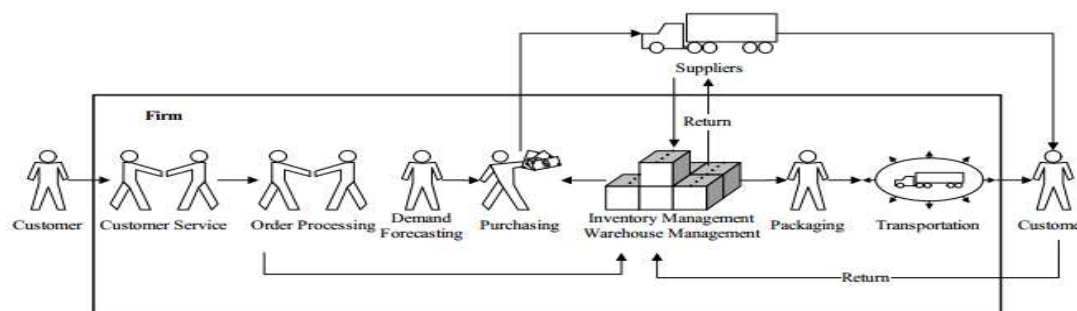


Fig. 1. Structure générale d'organisation logistique au sein de l'entreprise

L'utilisation de la notion du processus comme outil de management n'est pas nouvelle, [34]. Selon [35]: "les processus sont des relations entre des entrées et des sorties, où les entrées sont transformées en sorties par le biais d'une série d'activités, qui apportent de la valeur aux entrées".

La maturité de la chaîne logistique est basée sur le concept de la maturité des processus logistiques. Ce qui signifie que, les processus ont des cycles de vie, avec des étapes clairement définies, qui peuvent être gérées, mesurées et contrôlées [17]. A ce niveau, le *Business Process Orientation* indique cinq étapes de maturité des processus.

L'accomplissement de chaque niveau de maturité conduit à un niveau plus élevé. Toute tentative de sauter des niveaux de maturité sera contre-productif, [17], car chaque niveau construit une fondation à partir de laquelle s'atteindre le niveau suivant (fig. 2).

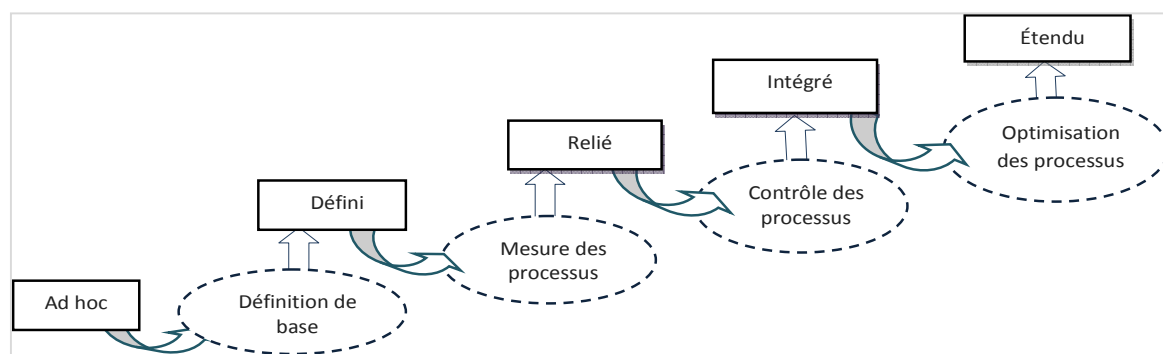


Fig. 2. Stades de développement de la maturité des processus

Le *Supply Chain Management Maturity Model (SCMM)* fournit une méthode pour déterminer le niveau de maturité des processus et suggère les étapes appropriées pour passer d'un niveau de maturité à un autre, [36].

Les cinq étapes du modèle de maturité, représentent des groupes de pratiques qui peuvent être employés à différents niveaux de maturité des processus (fig. 3), et qui produisent des niveaux de performance de la chaîne logistique, [37].

- Le premier niveau du modèle, (Ad hoc), est caractérisé par des pratiques mal définies et non structurées. A ce niveau, la performance est imprévisible, ainsi les coûts logistiques sont élevés.

- Au deuxième niveau, (défini), les processus de base de la chaîne logistique sont définis et documentés.
- Au troisième niveau, (relié), les structures organisationnelles deviennent plus orientées horizontalement.
- Au quatrième niveau, (intégré), l'entreprise, les fournisseurs et les clients coopèrent stratégiquement sur les niveaux des processus. De même, la satisfaction du client et l'esprit d'équipe deviennent un avantage concurrentiel.
- Au dernier niveau, (étendu), la confiance et l'auto-dépendance construisent la base de soutien de la chaîne logistique étendue. Ainsi, la chaîne logistique est dominée par une culture horizontale axée sur le client. Ainsi, les investissements dans les améliorations du système sont partagés, [37].

Selon [36], l'évolution de l'entreprise à travers le passage par ces niveaux pourra l'aider à bâtir une culture d'excellence des processus.

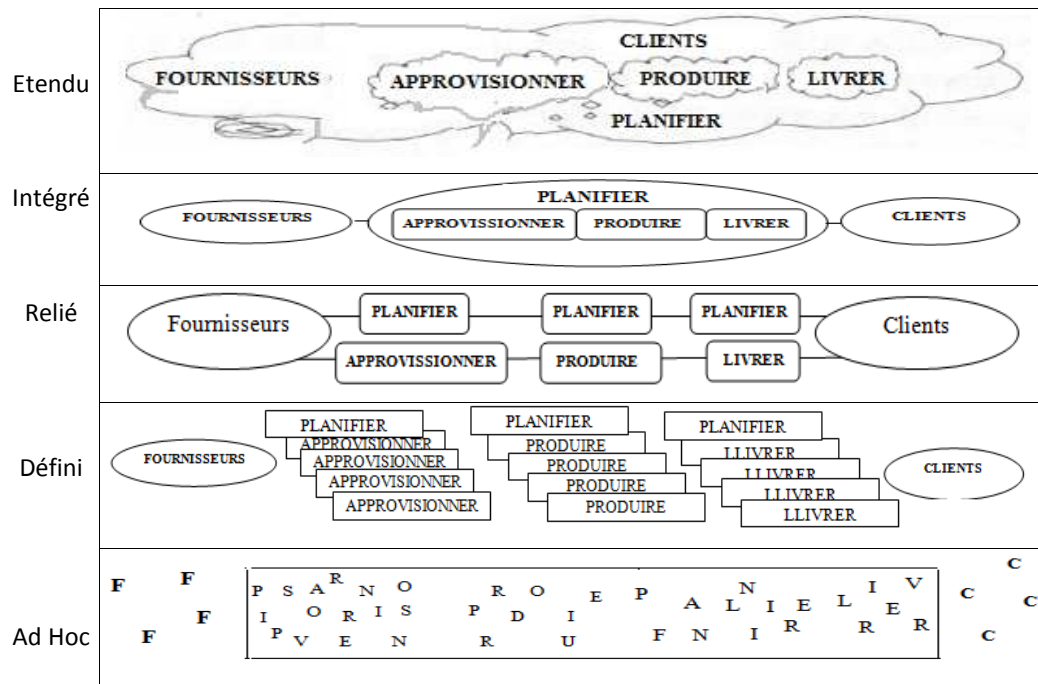


Fig. 3. Modèle de maturité de la chaîne logistique [37]

Il est important de noter que, l'utilisation du modèle SCOR (*Supply Chain Operations Reference Model*) pour organiser et classer les processus logistiques. Ce dernier modèle, développé par le *Supply Chain Council*, a été utilisé en raison de leur orientation processus.

SCOR propose un modèle de référence de processus et un ensemble de métriques associés, pouvant être utilisés dans le développement d'un système d'indicateurs de performance. Il se décompose en cinq types de processus: planification (*Plan*), approvisionnement (*Source*), fabrication (*Make*), livraison (*Deliver*) et gestion de retours (*Return*), [38]. Il peut être symbolisé par une pyramide de quatre niveaux, représentant les étapes d'amélioration de la performance des chaînes logistiques, [39].

3.2 LES SIL ET LA GESTION DE LA CHAÎNE LOGISTIQUE

Au sein d'une chaîne logistique, nous pouvons faire la distinction entre deux types d'intégration complémentaire: l'intégration inter-fonctionnelle et l'intégration inter-organisationnelle. Le premier type se base sur l'intégration de l'ensemble des processus logistiques internes, [40]. En revanche, le second type est construit autour d'une série de relations entre les entreprises partenaires qui partagent mutuellement les informations, les risques et les récompenses qui amènent à l'avantage compétitif, [41]. Cette double intégration peut être schématisée de la façon suivante (Fig. 4), [42], [43].

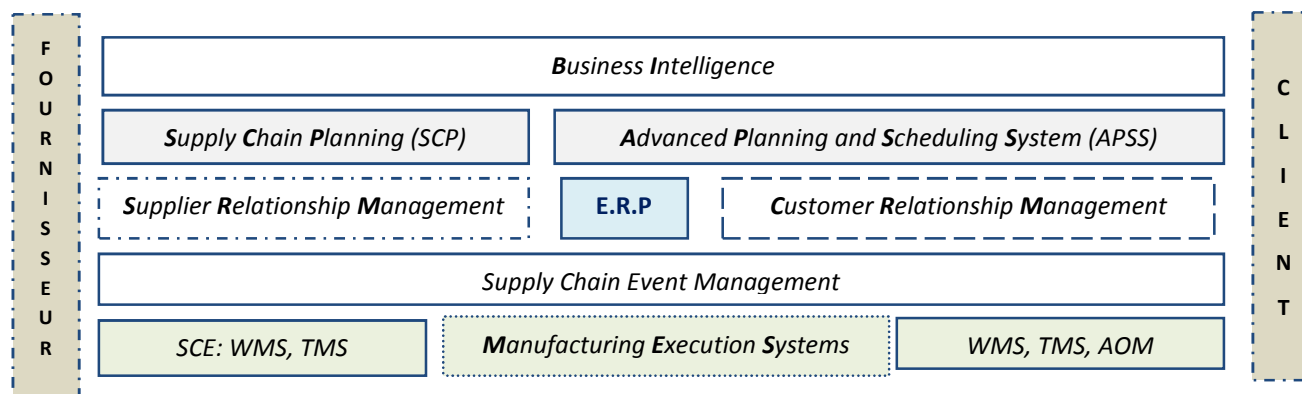


Fig. 4. Composantes du SIL

Pour résumer, nous pouvons regrouper les SI utilisés dans la chaîne logistique en se référant à la classification de [44]. Cette classification est synthétisée dans le tableau suivant.

Tableau 1. Les SI utilisés dans la chaîne logistique

Type	Composants	Rôle	Adapté de
SIL Entreprise étendue	<i>Enterprise Resource Planning (E.R.P)</i>	Permettent l'intégration des données transactionnelles mobilisées par les différents services de l'entreprise, et les différents partenaires commerciaux (clients, fournisseurs, PSL).	[45].
		Permettent l'intégration et l'optimisation des processus et des transactions au sein d'entreprise.	[46].
SIL Intégrateurs	<i>SCP et APS</i>	Facilitent l'aide à la décision par une meilleure intégration des informations et permettent l'optimisation de la chaîne logistique.	[43].
	<i>Supply Chain Execution</i>	Assurent une bonne gestion opérationnelle de la chaîne logistique : Gestion des entrepôts et des stocks/ Gestion du transport entre l'entreprise et ses partenaires/ Gestion des commandes des clients.	[47].
	<i>CRM</i>	Assurent la gestion de la relation avec les clients de l'entreprise.	[48].
	<i>SRM</i>	Assurent la gestion de la relation entre l'entreprise et ses clients.	
SIL facilitateurs	Assurent l'accélération, la diffusion et le traitement des informations entre les partenaires de la chaîne logistique.		[49], [50].
	Moyens d'identification automatique.	Permettent de caractériser de manière très précise les flux physiques entre les partenaires. Exemple : les codes à barres...	
	Moyens de transmission	Permettent la transmission automatique des documents commerciaux entre les partenaires de la chaîne logistique. Exemple : EDI,...	

D'autres systèmes viennent pour supporter l'activité logistique de l'entreprise, tels que : le *Business intelligence* qui désigne les infrastructures intégrées qui servent de support au management, [51], et le *Supply Chain Event Management*, qui permet de gérer les événements qui se produisent au sein de la chaîne logistique, [52].

Force est de constater l'existence de très nombreux travaux de recherche traitant la relation entre le management des SI et le management logistique, [53], [11]. Ces travaux montrent que, l'utilisation des SIL influence positivement le niveau de performance de l'entreprise et permettent le partage des informations produites et/ou utilisées par la plupart des fonctions de l'entreprise et de ses partenaires, [54].

Il faut signaler que la notion de performance logistique représente un intérêt majeur pour les chercheurs, dont plusieurs ont essayé à conceptualiser et à tester empiriquement les différentes façons de l'appréhender, [55].

Dans ce cadre, certains chercheurs annoncent que, cette performance renseigne sur la capacité de l'entreprise à optimiser la gestion de ses activités logistiques et mesure la qualité de l'utilisation des ressources, [56]. De même, l'amélioration de la performance des activités logistiques contribue à l'amélioration de la performance globale de l'entreprise, notamment sa performance opérationnelle, commerciale et financière, [56].

4 CADRE DE RÉFÉRENCE

De nos jours, l'évaluation de la contribution des SI à la performance, représente une problématique centrale pour les chercheurs, les praticiens et les dirigeants des entreprises, [6]. Cette problématique, a fait l'objet d'un très grand nombre de contributions scientifiques.

Nous disposons d'une liste de variables entre lesquelles nous pouvons faire le choix. La sélection des variables adéquates sera en fonction des objectifs de notre étude et du contexte organisationnel des entreprises de l'industrie automobile et aéronautique au Maroc.

4.1 ORIENTATION DE NOTRE DÉMARCHE D'ÉVALUATION

Dans le cadre de notre recherche, nous avons fixé quatre critères pour orienter la démarche d'évaluation adaptée à notre contexte de recherche (tableau 2).

Tableau 2. *Positionnement théorique de recherche*

Critère	Justification
Évaluation post-adoption du SIL	L'évaluation est entamée une fois que le SIL est adopté et utilisé de façon régulière par les logisticiens des entreprises de l'industrie automobile et aéronautique au Maroc.
Évaluation multidimensionnelle	De l'utilisation, de la satisfaction et des impacts logistiques perçus ? [14], [15].
Perspective d'évaluation, [57]: - Evaluation de processus, - Evaluation de réponse, - Evaluation de l'impact.	Le chercheur peut attaquer l'une de ces trois perspectives, et il dispose d'une variété d'instruments opérationnels d'évaluation [58]. Notre choix est orienté vers la perspective d'évaluation de la contribution des SIL à la performance et la maturité des processus, dans le cas des entreprises de l'industrie automobile et aéronautique marocaine.
Niveau d'analyse, [59].	Nous pouvons faire la distinction entre plusieurs niveaux d'analyse: organisationnel, collectif, processuel, technique et individuel. Dans le cadre de notre recherche nous nous focalisons sur le point de vue des utilisateurs finaux (utilisateurs du SIL).

4.2 POSITIONNEMENT THÉORIQUE

Nous pouvons faire la distinction entre deux schémas logiques d'évaluation des SI: les approches causales et celles processuelles. Les premières cherchent à démontrer l'existence d'une relation causale entre les investissements en SI et la performance organisationnelle, [60]. Ces approches sont parcourues par un ensemble de recherches, qui se sont distinguées essentiellement par le choix de la mesure de la performance. Dans l'ensemble, ces approches réunissent les mêmes limites relatives à la non-prise en compte des utilisateurs, [61]. Alors que, les secondes cherchent à comprendre le processus par lequel l'investissement en SI apporte une valeur ajoutée à l'entreprise, elles permettent de comprendre le cheminement qui conduit au succès du SI, [61]. Cette approche est parcourue par plusieurs courants, dont le sociotechnique.

Notre positionnement théorique s'inscrit dans les approches processuelles et s'oriente, plus particulièrement, vers la perspective sociotechnique. Comme le précise plusieurs chercheurs, les SI sont mieux évalués lorsqu'ils sont appréhendés comme un ensemble d'interactions, et ils doivent être perçus comme des entités sociotechniques (sociale et technique), inséparables du contexte organisationnel dans lequel ils sont intégrés et utilisés, [62].

4.3 MODÈLES DE RÉFÉRENCE THÉORIQUE

Les travaux de recherche portant sur l'évaluation des SI se sont multipliés au cours de cette dernière décennie. En effet, [14] ont proposé un modèle du succès du SI et l'ont actualisé en 2003.

Le modèle de 2003 propose une articulation entre les variables de qualité du SI (qualité du système, qualité de l'information et qualité du service). Ces trois facteurs déterminent le niveau de satisfaction des utilisateurs, d'utilisation du SI et des bénéfices nets.

La particularité du modèle de 2003, réside dans le fait qu'il a ramené l'utilisateur (être humain) au cœur de la recherche sur l'évaluation de la contribution des SI à la performance. Pourtant, il présentait la principale lacune de ne pas avoir situé les

SI dans le cadre des stratégies concurrentielles des entreprises, chose qui a été développée par l'approche fondée sur l'analyse concurrentielle (Inspirée des travaux de [63]).

4.3.1 LE MODÈLE INITIAL DE 1992

Les deux chercheurs ont examiné cent quatre-vingts (180) articles concernant les différentes alternatives pour mesurer empiriquement le succès des SI. Ces articles provenaient de sept journaux scientifiques couvrant la période comprise entre 1981 et 1987. Ces chercheurs proposent un modèle multidimensionnel reliant entre six catégories de variables (Fig. 5).

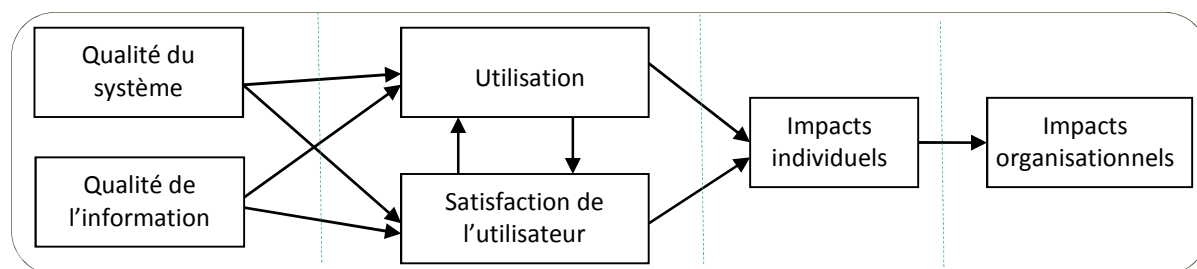


Fig. 5. Modèle du succès des SI [14, p. 87]

Le modèle de 1992, [14, p. 87], peut être expliqué comme suite : la qualité du système et de l'information affectent à la fois l'utilisation du SI et la satisfaction de l'utilisateur. Cette dernière variable peut affecter l'utilisation, et vice versa. De même, l'utilisation du système et la satisfaction des utilisateurs, influencent le niveau des impacts individuels. Ces derniers, engendrent des impacts organisationnels.

4.3.2 LE MODÈLE ACTUALISÉ DE 2003

L'objectif de l'article de 2003 est de présenter un modèle prenant en compte les évolutions dans le domaine de management des SI.

Pour se faire, les deux chercheurs ont apporté des modifications à leur modèle initial, en appliquant ce nouveau modèle pour évaluer la réussite du e-commerce, [64]. Ils réalisent une revue de la littérature permettant de procéder à une synthèse et proposer un modèle révisé. Cette revue de la littérature se concentre essentiellement sur les contributions des chercheurs qui ont essayé de valider leur premier modèle et ceux qui l'ont apporté des critiques.

Le tableau suivant synthétise les différentes critiques apportées par les chercheurs, ainsi que les réponses apportées [15].

Tableau 3. Critiques apportées par les chercheurs/ Réponses aux critiques

Critiques	Réponses apportées [15]
Le non prise en compte des variables contingentes (la stratégie, la structure, l'environnement de l'organisation étudiée, la technologie employée, les caractéristiques individuelles...) .[65].	Les deux chercheurs insistent sur la difficulté d'opérationnaliser leur modèle dans un contexte spécifique.
Le modèle de 1992 est de nature causale, et loin d'être processuel. Ce dernier est trop global et comporte des confusions en mélangeant des explications processuelles et causales du succès d'un SI, [66].	Le choix des variables et leur opérationnalisation ne pourront s'effectuer qu'en fonction du contexte et des objectifs de la recherche.
La double lecture du modèle (causale et processuelle), inspirée de la théorie de la communication, n'est pas justifiée, [65].	Les chercheurs insistent sur la double lecture de leur modèle:
Le cadre conceptuel concernant la variable utilisation est très vague et comporte des confusions, [66].	o Il s'inscrit dans la perspective de création de l'information, de sa production et de son utilisation, donc il est intrinsèquement processuel.

Les critiques méthodologiques [65] :

- o Elaboration d'un modèle sur la base d'un état de l'art : absence de nouvelles variables, ni d'opérationnalisation, ni de validation empirique.
- o Les fondements épistémologiques ne sont pas exposés.
- o Le passage de l'impact individuel à l'impact organisationnel pose problème. A ce niveau, les deux chercheurs ne précisent pas par quels moyens et sous quelles conditions, l'impact au niveau individuel se transforme au niveau organisationnel.

o De même, ce modèle est causal, car il faut pour un contexte donné, chercher les liens de causalité entre des variables précises, tout en respectant le processus.

La variable utilisation a un caractère causal. A ce niveau, la confusion provient d'une définition trop simplifiée de cette variable. Pour éviter cette confusion, les chercheurs doivent considérer la nature de l'utilisation (son étendue, sa qualité...).

Sur la base des critiques apportées au modèle initial et des évolutions managériales dans le domaine des SI, les deux chercheurs effectuent trois modifications (tableau 4).

Tableau 4. Modifications apportées au modèle initial (1992)

Modifications apportées	Justifications
Première modification: l'intégration de la variable « qualité du service/ niveau technique » rendu aux utilisateurs (variable indépendante).	La fonction SI est à la fois fournisseur de l'information et de services (support aux utilisateurs), [67].
Deuxième modification: la Scission de la variable utilisation en deux sous-variables: - o L'intention d'utiliser (variable d'attitude), - o L'utilisation effective (variable de comportement).	Théorie de l'action raisonnée (<i>Theory of Reasoned Action</i>) : qui provient de la psychologie sociale, affirme l'idée que comportement d'une personne est déterminé par son <i>intention</i> comportementale à l'adopter [68]. Modèle de l'acceptation de la technologie (<i>TAM</i>), qui concerne la prédiction de l'acceptabilité d'un SI [69].
Troisième modification: le regroupement de tous les impacts en une seule variable, "bénéfices nets".	Pour ces chercheurs les impacts peuvent être: individuels, organisationnels... Ils choisissent de regrouper tous les impacts en une seule variable.

La figure suivante présente le modèle révisé de [15, p. 24].

Remarque : les variables identifiées en couleur seront pertinentes pour notre recherche.

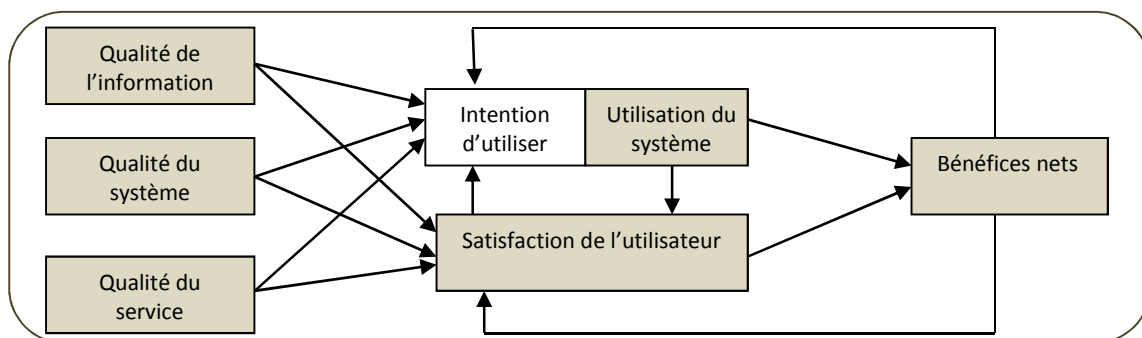


Fig. 6. Modèle réactualisé du succès des SI, [15, p. 24]

Ce modèle peut être expliqué de la façon suivante (Fig.6) : les trois premières variables de qualité se manifestent les premières. Ensuite, elles entraînent la satisfaction et l'utilisation du système. Enfin, le succès s'exprime par des bénéfices nets.

Le nouveau construit bénéfices nets engendre trois questions différentes: Qu'est-ce qui peut être qualifié de bénéfices ? Par qui ? Et, à quel niveau d'analyse? [15, p. 22]. De même, le choix du niveau d'impact doit être déterminé par le chercheur qui utilise le modèle en fonction du contexte et des objectifs, [15, p. 25].

Le modèle actualisé, peut être appliqué à de multiples niveaux d'analyse en fonction de la nature du SI en question [70].

Notre recherche s'inscrit dans le cadre d'évaluation de la contribution des SI à la performance et la maturité des processus logistiques dans le secteur de l'industrie automobile et aéronautique au Maroc, dont l'objectif est de comprendre le processus par lequel les SIL contribuent à la performance et la maturité des processus logistiques.

Il est important de noter que, ce modèle est devenu une référence dans le champ de recherche en management des SI et plus précisément en matière d'évaluation des SI (avec plus de 6432 citations: Google Scholar, 28/02/2016 à 09^h00). C'est pourquoi nous faisons le choix de retenir le cadre d'analyse présenté par [15].

4.4 EXTENSION DU MODÈLE DE BASE

L'objectif de cette section est de présenter le cadre théorique concernant les variables d'extension du modèle de base. Plusieurs variables comme la formation de l'utilisateur, son expérience, le soutien des dirigeants peuvent influencer la facilité d'utilisation du SI, [69].

4.4.1 LA FORMATION

La formation des utilisateurs du SIL renseigne sur : « *les efforts fournis pour transmettre un savoir relatif aux SIL* », [71]. Elle fournit aux logisticiens (utilisateurs du SIL) les compétences et les capacités nécessaires à utiliser les SIL pour effectuer leur travail.

Les chercheurs en management des SI tentent de vérifier la relation entre la formation et les variables de succès des SI (utilisation, satisfaction, impacts...). Ils concluent que plus un utilisateur final du SI est formé, plus il utilisera la technologie et plus il deviendra satisfait. Dans le même sens d'idées, des auteurs défendent l'idée que: plus la formation est de bonne qualité, plus la perception du niveau de qualité du système et celle du service varie, [72],[73], [74], [75].

Dans notre modèle théorique, nous intégrons la variable "qualité de la formation" entant que variable explicative exogène.

4.4.2 LE SOUTIEN DES MANAGERS INTERMÉDIAIRES

Le soutien des managers intermédiaires reflète : « *le degré par lequel un individu croit que ses supérieurs directs soutiennent l'utilisation du SI* », [76].

Parlant du SIL, ce soutien représente le degré par lequel le logisticien (approvisionneur, planificateur de production, planificateur de transport, gestionnaire de stocks...) croit que ses supérieurs directs (superviseur planning et approvisionnement, coordinateur approvisionnement...) soutiennent l'utilisation du SIL.

Plusieurs sont les chercheurs en SI, qui indiquent que le soutien des managers a une influence positive sur : la participation des utilisateurs, la satisfaction, l'utilité perçue et sur l'utilisation du système, [73], [77], [75], [78]. Ce soutien peut prendre différentes formes: fourniture de ressources nécessaires à l'utilisation, encouragement des utilisateurs...

Nous rappelons que nous souhaitons évaluer la contribution des SIL à la performance et la maturité des processus logistiques, en nous référant à la perception des utilisateurs finaux (les logisticiens).

Nous avons retenu pour notre modèle théorique l'ensemble des variables du modèle de [15, p. 24]. Plus précisément, nous avons choisi d'intégrer les trois variables de qualité (la qualité du système, la qualité de l'information et la qualité du service- département IT).

Nous choisissons de ne pas prendre en compte l'intention d'utiliser, car notre recherche s'inscrit dans le secteur de l'industrie automobile et aéronautique au Maroc, où l'utilisation du SIL est obligatoire pour accomplir les différentes opérations logistiques (planification de production, gestion des stocks, approvisionnement, planification transport...).

4.4.3 MATURITÉ DES PROCESSUS ET PERFORMANCE LOGISTIQUE

Aujourd'hui, la logistique constitue un élément crucial des stratégies des entreprises, [79], [80], [81], [82], [83], [84]. Plusieurs chercheurs ont testé empiriquement la relation entre la maturité des processus et la performance logistique, leur résultat affirme qu'il existe une corrélation forte et positive entre ces deux variables, [16]. Pour notre recherche, nous

choisissons d'intégrer la variable maturité des processus logistiques (impacts organisationnels du SIL), ainsi que la variable performance logistique (variable dépendante du modèle).

5 MODÈLE THÉORIQUE ET HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

Sur le plan théorique, cette recherche a permis d'identifier l'importance que l'on devrait porter à la maturité des processus logistiques, vu qu'elle admet une influence directe sur le niveau de performance logistique. De plus, notre étude présente la particularité d'être parmi les travaux faites au Maroc, visant à établir un lien entre deux domaines; le management des SI et le management logistique.

5.1 LES HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

Les réflexions théoriques sont indispensables pour comprendre l'interaction entre les variables de notre modèle théorique. A ce niveau, nous pouvons distinguer trois groupes d'hypothèses: celles relatives aux variables du modèle d'évaluation du succès des SI, celles relatives aux influences des variables managériales et celles relatives à l'influence de la maturité des processus sur la performance logistique (Tableau 3).

Tableau 5. Hypothèses de recherche

Hypothèses	Adapté de
H1. Il existe une relation positive et significative entre la qualité perçue de la formation et la qualité perçue du SIL.	[72], [73], [74], [75].
H2. Il existe une relation positive et significative entre la qualité perçue de la formation et la qualité perçue du service.	[74], [75].
H3. Il existe une relation positive et significative entre la qualité perçue du SIL et la qualité perçue de l'information.	[85], [70], [75], [86].
H4. Il existe une relation positive et significative entre la qualité perçue du service et la qualité perçue de l'information.	[85], [75].
H5. Il existe une relation positive et significative entre la qualité perçue de l'information et l'utilisation du SIL.	[14], [66], [15], [87], [21], [58], [75].
H6. Il existe une relation positive et significative entre la qualité perçue de l'information et la satisfaction des utilisateurs.	[88], [89], [21], [90], [91], [78], [92].
H7. Il existe une relation positive et significative entre le soutien des managers intermédiaires et l'utilisation du SIL.	[93], [73], [77], [75], [78].
H8. Il existe une relation positive et significative entre le soutien des managers intermédiaires et la satisfaction des utilisateurs.	[73], [77], [78].
H9. Il existe une relation positive et significative entre l'utilisation du SIL et la satisfaction des utilisateurs.	[14], [15], [94], [88], [89], [21]
H10. Il existe une relation positive et significative entre l'utilisation du SIL et la maturité des processus logistiques.	[49], [13].
H11. Il existe une relation positive et significative entre la satisfaction et la maturité des processus logistiques.	
H12. Il existe une relation positive et significative entre la maturité des processus et la performance logistique	[16], [18], [19].
H13. Il existe une relation positive et significative entre la performance logistique et la satisfaction des utilisateurs.	[87], [58].

5.2 PRÉSENTATION DU MODÈLE THÉORIQUE

Sur la base de la revue de la littérature, nous pouvons proposer notre modèle théorique, obtenu à travers l'extension du modèle de [15], via l'ajout des variables managériales (qualité de la formation, support managérial de département logistique) et des variables liées au management logistique (performance et maturité des processus logistiques), (Tableau 9).

Tableau 6. Description des variables

Variables	Définition retenue	Adapté de
Qualité du SIL	"La croyance des logisticiens utilisateurs relative à la qualité technique du SIL".	[95].
Qualité de l'information	"La qualité des informations que le SIL produit sous forme de rapports".	[15].
Qualité du service	"Le degré de divergence entre les attentes normatives des utilisateurs pour le service et leurs perceptions de la performance du service IT (Département IT)".	[70].
Utilisation	"La consommation de l'output d'un SIL".	[14].
Satisfaction	"L'attitude effective d'un utilisateur final envers une application informatique (SIL) interagissant avec elle".	[77].
Formation	"Les efforts fournis afin de transmettre un savoir relatif aux SI".	[71].
Soutien des managers intermédiaires	"Représente le degré par lequel un individu croit que ses managers intermédiaires soutiennent l'utilisation du SI".	[76].
Maturité des processus	"Les processus ont des cycles de vie, avec des étapes clairement définies, qui peuvent être gérées, mesurées et contrôlées".	[18].
Performance logistique	"Renseigne sur la capacité de l'entreprise à optimiser la gestion des activités logistiques et mesure la qualité de l'utilisation des ressources".	[56].

Le modèle théorique est élaboré en suivant les recommandations de [15, p. 19]. Il fait recours à un ensemble de variables dérivées de la revue de la littérature, (Fig. 7).

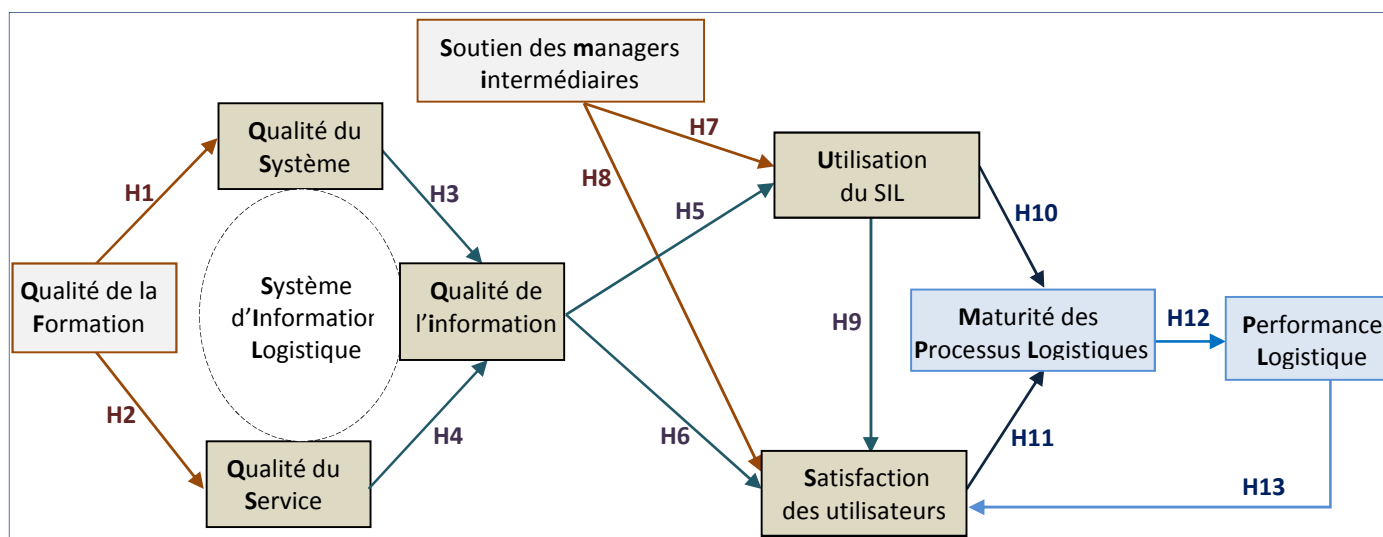


Fig. 7. Modèle théorique d'évaluation de la contribution des SIL à la performance et la maturité des processus logistiques

Ce modèle intègre, entre autre, des variables liées aux qualités du SIL (qualité du système, du service et de l'information contenue dans le SIL), des variables managériales (qualité de la formation et support des managers intermédiaires de département logistique) et des variables liées au management de l'activité logistique (maturité des processus logistique et performance logistique-variable dépendante du modèle).

6 CONCLUSION ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Sur la base d'une revue critique de la littérature, nous avons élaboré un modèle théorique de recherche structuré en trois niveaux (les préalables de succès, l'utilisation du SIL/satisfaction des utilisateurs et la maturité des processus/performance logistique).

Notre travail, s'adresse aux chercheurs en management des SI et principalement ceux qui travaillent sur la problématique d'évaluation de la contribution des SIL à la performance logistiques des entreprises industrielles.

L'apport de notre recherche réside essentiellement dans l'intégration des variables managériales, qui peuvent augmenter le niveau de satisfaction des utilisateurs du SIL, le niveau de maturité des processus et celui de performance logistique.

Les prochaines étapes de notre recherche, consisteront à adapter notre modèle théorique aux entreprises de l'industrie automobile et aéronautique au Maroc, via une approche qualitative exploratoire hybride, [96], afin d'affiner le modèle conceptuel de recherche. Ce dernier sera testé, par la suite, en adoptant une approche quantitative confirmatoire.

RÉFÉRENCES

- [1] P. Lièvre et F. Coutarel, « Sciences de gestion et ergonomie: pour un dialogue dans le cadre d'une économie de la connaissance », *Économies et sociétés*, vol. 47, n° 1, p. 123–146, 2013.
- [2] S. Asadi, « Logistics system: Information and communication technology », *Logistics Operations and Management: Concepts and Models.*, 2011, p. 221–245.
- [3] D. Elidrissi et A. Elidrissi, « Contribution des systèmes d'information à la performance des organisations : le cas des banques », *La Revue des Sciences de Gestion*, n° 241, p. 55–61, févr. 2010.
- [4] N. Melville, K. Kraemer, et V. Gurbaxani, « Information technology and organizational performance: An integrative model of IT business value », *MIS quarterly*, vol. 28, n° 2, p. 283–322, 2004.
- [5] J. Peng, J. Quan, G. Zhang, et A. J. Dubinsky, « Mediation effect of business process and supply chain management capabilities on the impact of IT on firm performance: Evidence from Chinese firms », *International Journal of Information Management*, vol. 36, n° 1, p. 89–96, févr. 2016.
- [6] J. C.-J. Chang et W. R. King, « Measuring the performance of information systems: a functional scorecard », *Journal of Management Information Systems*, vol. 22, n° 1, p. 85–115, 2005.
- [7] F. Rodhain, B. Fallery, A. Girard, et S. Desq, « Une histoire de la recherche en systèmes d'information à travers 30 ans de publications », *Entreprises et histoire*, vol. 3, n° 60, p. 78–97, 2010.
- [8] H. A. Akkermans, P. Bogerd, E. Yücesan, et L. N. Van Wassenhove, « The impact of ERP on supply chain management: Exploratory findings from a European Delphi study », *European Journal of Operational Research*, vol. 146, n° 2, p. 284–301, 2003.
- [9] K. Lai, C. W. Y. Wong, et T. C. E. Cheng, « Institutional isomorphism and the adoption of information technology for supply chain management », *Computers in Industry*, vol. 57, n° 1, p. 93–98, janv. 2006.
- [10] V. Tilokavichai, P. Sophatsathit, et A. Chandrachai, « Analysis of Linkages between Logistics Information Systems and Logistics Performance Management under Uncertainty », *European Journal of Business and Management*, vol. 4, n° 9, p. 55–65, 2012.
- [11] S. MAQBOOL, M. RAFIQ, S. LECTURER, M. IMRAN, A. QADEER, et T. ABBAS, « Creating competitive advantage through Supply Chain Management (Role of Information & Communication Technology in Supply Chain Management to create competitive advantage: a literature base study) », *International Journal of Research in Commerce, IT & Management*, vol. 4, n° 2, p. 47–52., 2014.
- [12] D. Macharia Ngombo Wilson, M. A. Iravo, O. I. Tirimba, et K. Ombui, « Effects of Information Technology on Performance of Logistics Firms in Nairobi County », *International Journal of Scientific and Research Publications*, vol. 5, n° 4, p. 1–26, avr. 2015.
- [13] A. P. de Barros, C. S. Ishikiriya, R. C. Peres, et C. F. S. Gomes, « Processes and Benefits of the Application of Information Technology in Supply Chain Management: An Analysis of the Literature », *Procedia Computer Science*, vol. 55, p. 698–705, 2015.
- [14] W. H. DeLone et E. R. McLean, « Information Systems Success: The Quest for the Dependent Variable », *Information Systems Research*, vol. 3, n° 1, p. 60–95, mars 1992.
- [15] W. H. DeLone et E. R. McLean, « The DeLone and McLean Model of Information Systems Success: A Ten-Year Update », *Journal of Management Information Systems*, vol. 19, n° 4, p. 9–30, avr. 2003.
- [16] Marcos Paulo Valadares de Oliveira, Kevin McCormack, et Marcelo Bronzo Ladeira, « AN EMPIRICAL APPROACH FOR THE RELATIONSHIP BETWEEN LOGISTICAL PERFORMANCE AND LOGISTICAL PROCESS MATURITY », présenté à 14th International Annual EurOMA Conference, Ankara, Turkey, 2007, vol. 312, p. 17–20.
- [17] A. Lockamy Iii, P. Childerhouse, S. M. Disney, D. R. Towill, et K. McCormack, « The impact of process maturity and uncertainty on supply chain performance: an empirical study », *International Journal of Manufacturing Technology and Management*, vol. 15, n° 1, p. 12–27, 2008.
- [18] Kevin McCormack, Marcelo Bronzo Ladeira, et Marcos Paulo Valadares de Oliveira, « Supply chain maturity and performance in Brazil », *Supp Chain Mnagmnt*, vol. 13, n° 4, p. 272–282, juin 2008.

- [19] P. Trkman, M. B. Ladeira, M. P. V. D. Oliveira, et K. McCormack, « Business Analytics, Process Maturity and Supply Chain Performance », in *Business Process Management Workshops*, F. Daniel, K. Barkaoui, et S. Dustdar, Éd. Springer Berlin Heidelberg, 2011, p. 111-122.
- [20] S. Desq, R. Reix, F. Rodhain, et B. Fallery, « La spécificité de la recherche francophone en systèmes d'information », *Revue française de gestion*, n° 176, p. 63-79, nov. 2007.
- [21] N. Urbach, S. Smolnik, et G. Riempp, « A methodological examination of empirical research on information systems success: 2003 to 2007 », in *AMCIS 2008 Proceedings*, Toronto, ON, Canada A, 2008, p. 1-14.
- [22] V. Frigant et J.-B. Layan, « Géographie d'une industrie automobile modulaire: le cas des équipementiers français en Europe de l'Est », *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, n° 4, p. 711-737, 2009.
- [23] « GIMAS : Groupement des industries marocaines aéronautiques et spatiales ». [En ligne]. Disponible sur: <http://www.gimas.org/fr/home.aspx>. [Consulté le: 09-mars-2016].
- [24] « Marques présentes au salon - Med-IT SkhiratMed-IT Skhirat ». [En ligne]. Disponible sur: <http://www.med-it.com/Skhirat/marques/>. [Consulté le: 11-mars-2016].
- [25] H. Jomaa, « Contribution de l'usage des systèmes d'information à la performance des organisations », Télécom ParisTech, 2009.
- [26] Reix Robert, *Systèmes d'information et management des organisations*, Vuibert. France., 2004.
- [27] Chee-Chuong Sum, Chew-Been Teo, et Kwan-Kee Ng, « Strategic logistics management in Singapore », *Int Jnl of Op & Prod Mngemnt*, vol. 21, n° 9, p. 1239-1260, sept. 2001.
- [28] G. Wackermann et E. Corbin, *La logistique mondiale: transport et communication*. Ellipses, 2005.
- [29] Keutgen P., « Les parcs logistiques en Europe du Nord-Ouest », Université de Liège., Mémoire de fin d'études en Sciences géographiques, 2005.
- [30] A. Spalanzani, *Evolution et perspectives de l'organisation et de la gestion industrielle: l'impact des systèmes d'information*, Presses Universitaires de Grenoble. 2003.
- [31] N. Fabbe-Costes, « Supply Chain Management et pratiques inter-organisationnelles de gestion des connaissances. Contribution à une réflexion sur le IKM (Inter-organisational Knowledge Management) », *Vers le KM 2.0, quel management des connaissances imaginer pour faire face aux défis futurs*, p. 93-121, 2008.
- [32] L. C. Wood, T. Reiniers, et J. Pahl, « Manufacturing and logistics information systems », *Encyclopedia of Information Science and Technology*. Hershey, PA: IGI Global, p. 5136 - 5144, 2015.
- [33] L. Livolsi et N. Fabbe-Costes, « La centralité des systèmes d'information (SI) dans la fonction logistique: validation empirique et interrogations sur l'impact d'Internet », in *8 e Colloque de l'AIM*, 2003.
- [34] F. B. Gilbreth et L. M. Gilbreth, « Process charts and their place in management », *Mechanical engineering*, vol. 70, p. 38-41, 1922.
- [35] R. S. Aguilar-Saven, « Business process modelling: Review and framework », *International Journal of production economics*, vol. 90, n° 2, p. 129-149, 2004.
- [36] Archie Lockamy III et Kevin McCormack, « Linking SCOR planning practices to supply chain performance: An exploratory study », *Int Jnl of Op & Prod Mngemnt*, vol. 24, n° 12, p. 1192-1218, déc. 2004.
- [37] Archie Lockamy III et Kevin McCormack, « The development of a supply chain management process maturity model using the concepts of business process orientation », *Supp Chain Mngmnt*, vol. 9, n° 4, p. 272-278, sept. 2004.
- [38] S. C. Council, « Supply chain operations reference (SCOR) model version 10.0 », *The Supply Chain Council, Inc. SCOR. The Supply Chain Reference (binder)*, 2010.
- [39] A. Ramaa, T. M. Rangaswamy, et K. N. Subramanya, « A review of literature on performance measurement of supply chain network », in *icetet*, 1899, p. 802-807.
- [40] G. Tyndall, C. Gopal, W. Partsch, et J. Kamauff, *Supercharging supply chains. New ways to increase value through global operational excellence*, John Wiley & Sons. New York, 1998.
- [41] Martha C. Cooper et Lisa M. Ellram, « Characteristics of Supply Chain Management and the Implications for Purchasing and Logistics Strategy », *Int Jnl Logistics Management*, vol. 4, n° 2, p. 13-24, juill. 1993.
- [42] V. Botta-Genoulaz, P.-A. Millet, et B. Grabot, « A survey on the recent research literature on ERP systems », *Computers in industry*, vol. 56, n° 6, p. 510-522, 2005.
- [43] P.-A. Millet et V. Botta-Genoulaz, « Un référentiel pour l'alignement des systèmes d'information aux processus logistiques », in *6ème Conférence francophone de MOdélisation et SIMulation*, Rabat Maroc, 2006, vol. 2, p. pp-1702.
- [44] E. Bayraktar, M. Demirbag, S. L. Koh, E. Tatoglu, et H. Zaim, « A causal analysis of the impact of information systems and supply chain management practices on operational performance: evidence from manufacturing SMEs in Turkey », *International Journal of Production Economics*, vol. 122, n° 1, p. 133-149, 2009.

- [45] P. M. Swafford, S. Ghosh, et N. Murthy, « Achieving supply chain agility through IT integration and flexibility », *International Journal of Production Economics*, vol. 116, n° 2, p. 288-297, déc. 2008.
- [46] Y. B. Moon, « Enterprise Resource Planning (ERP): a review of the literature », *International Journal of Management and Enterprise Development*, vol. 4, n° 3, p. 235-264, janv. 2007.
- [47] K. E. Samuel, M.-L. Goury, A. Gunasekaran, et A. Spalanzani, « Knowledge management in supply chain: An empirical study from France », *The Journal of Strategic Information Systems*, vol. 20, n° 3, p. 283-306, sept. 2011.
- [48] S. Chopra et P. Meindl, *Supply chain management. Strategy, planning & operation*, 3rd edition, Prentice Hall, New Jersey, USA. Springer, 2007.
- [49] E. W. T. Ngai, K.-H. Lai, et T. C. E. Cheng, « Logistics information systems: The Hong Kong experience », *International Journal of Production Economics*, vol. 113, n° 1, p. 223-234, mai 2008.
- [50] S. Mejjiaoui et R. F. Babiceanu, « RFID-wireless sensor networks integration: Decision models and optimization of logistics systems operations », *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 35, p. 234-245, avr. 2015.
- [51] H. Baars, H.-G. Kemper, et M. Siegel, « Combining RFID technology and business intelligence for supply chain optimization scenarios for retail logistics », in *Hawaii International Conference on System Sciences, Proceedings of the 41st Annual*, 2008, p. 73-73.
- [52] R. Liu, A. Kumar, et W. van der Aalst, « A formal modeling approach for supply chain event management », *Decision Support Systems*, vol. 43, n° 3, p. 761-778, avr. 2007.
- [53] K. E. Samuel et S. Ruel, « Systèmes d'information et résilience des chaînes logistiques globales », *Systèmes d'information & management*, vol. me 18, n° 1, p. 57-85, mars 2013.
- [54] BOUBKER Omar, *Contribution des TIC à la performance de la logistique de distribution*, Editions Universitaires Européennes. 2015.
- [55] S. E. Griffiths, T. J. Goldsby, M. Cooper, et D. J. Closs, « Aligning logistics performance measures to the information needs of the firm », *Journal of Business Logistics*, vol. 28, n° 2, p. 35-56, 2007.
- [56] B. S. Fugate, J. T. Mentzer, et T. P. Stank, « Logistics performance: efficiency, effectiveness, and differentiation », *Journal of Business Logistics*, vol. 31, n° 1, p. 43-62, 2010.
- [57] V. Grover, S. R. Jeong, et A. H. Segars, « Information systems effectiveness: The construct space and patterns of application », *Information & Management*, vol. 31, n° 4, p. 177-191, déc. 1996.
- [58] S. Petter et E. R. McLean, « A meta-analytic assessment of the DeLone and McLean IS success model: An examination of IS success at the individual level », *Information & Management*, vol. 46, n° 3, p. 159-166, avr. 2009.
- [59] M. Azzouz, « Évaluation de la réussite des intranets: Application d'un modèle contextuel d'évaluation multidimensionnelle au sein d'un établissement bancaire français – Étude orientée "utilisateur final" », Thèse de doctorat en Sciences de Gestion, Université de Picardie Jules Verne, 2012.
- [60] F. X. D. Vaujany, *Les grandes approches théoriques du système d'information*, Lavoisier. Hermès sciences, 2009.
- [61] S. Uwizeyemungu et L. Raymond, « Linking the Effects of ERP to Organizational Performance: Development and Initial Validation of an Evaluation Method », *Information Systems Management*, vol. 27, n° 1, p. 25-41, janv. 2010.
- [62] S. V. et S. S., « Requirements for an IT Investment Appraisal Framework for the 1990s: Towards a More Rigorous Solution ». », *European Conference on Information Technology Investment Evaluation. Greenlands.*, 1995.
- [63] M. E. Porter et V. E. Millar, *How information gives you competitive advantage*. Harvard Business Review, Reprint Service, 1985.
- [64] W. H. DeLone et E. R. McLean, « Measuring e-Commerce Success: Applying the DeLone & McLean Information Systems Success Model », *International Journal of Electronic Commerce*, vol. 9, n° 1, p. 31-47, oct. 2004.
- [65] J. Ballantine, M. Bonner, M. Levy, A. Martin, I. Munro, et P. L. Powell, *Developing a 3-D model of information systems success*, In Information Systems Success Measurement, Ed. Garrity E., Sanders G L. Hershey. USA: Idea Group Publishing, 1998.
- [66] P. B. Seddon, « A Respecification and Extension of the DeLone and McLean Model of IS Success », *Information Systems Research*, vol. 8, n° 3, p. 240-253, sept. 1997.
- [67] L. F. Pitt, R. T. Watson, et C. B. Kavan, « Service Quality: A Measure of Information Systems Effectiveness », *MIS Quarterly*, vol. 19, n° 2, p. 173-187, 1995.
- [68] M. Fishbein et I. Ajzen, « Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research », 1977.
- [69] F. D. Davis, « Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology », *MIS quarterly*, p. 319-340, 1989.
- [70] N. Gorla, T. M. Somers, et B. Wong, « Organizational impact of system quality, information quality, and service quality », *The Journal of Strategic Information Systems*, vol. 19, n° 3, p. 207-228, sept. 2010.
- [71] R. R. Nelson et P. H. Cheney, « Training End Users: An Exploratory Study », *MIS Quarterly*, vol. 11, n° 4, p. 547-559, 1987.

- [72] T. Guimaraes, D. S. Staples, et J. D. Mckeen, « Empirically testing some main user-related factors for systems development quality », *The Quality Management Journal*, vol. 10, n° 4, p. 39-54, 2003.
- [73] R. Sabherwal, A. Jeyaraj, et C. Chowa, « Information System Success: Individual and Organizational Determinants », *Management Science*, vol. 52, n° 12, p. 1849-1864, déc. 2006.
- [74] R. V. Bradley, J. L. Pridmore, et T. A. Byrd, « Information systems success in the context of different corporate cultural types: an empirical investigation », *Journal of Management Information Systems*, vol. 23, n° 2, p. 267-294, 2006.
- [75] S. Michel et F. Cocula, « Adaptation au domaine bancaire du modèle d'évaluation du succès des systèmes d'information (ISSM) de Delone et McLean », *Systèmes d'information & management*, vol. me 19, n° 1, p. 7-49, juin 2014.
- [76] V. Venkatesh et H. Bala, « Technology acceptance model 3 and a research agenda on interventions », *Decision sciences*, vol. 39, n° 2, p. 273-315, 2008.
- [77] N. Urbach, S. Smolnik, et G. Riempp, « Industry-Specificity of Employee Portal Success: A Multi-Group Comparison. », in *AMCIS*, Lima, Peru, 2010, vol. 2010, p. 1-11.
- [78] Y. H. Al-Mamary, A. Shamsuddin, et N. Aziati, « Investigating the key factors influencing on Management Information Systems adoption among Telecommunication Companies in Yemen: The Conceptual Framework Development », *Management*, vol. 6, n° 1, p. 59-68, 2015.
- [79] P.-P. Dornier et M. Fender, *La logistique globale et le supply chain management: enjeux, principes, exemples*. Paris: Eyrolles-Éd. d'Organisation, 2007.
- [80] P. Médan, A. Gratacap, et O. Labasse, *Logistique et supply chain management: intégration, collaboration et risques dans la chaîne logistique globale*. Dunod, 2008.
- [81] Y. Pimor et M. Fender, *Logistique et supply chain-6ème edition*. Dunod, 2013.
- [82] J. Sohier, *La logistique*. Vuibert, 2010.
- [83] M. H. Hugos, *Essentials of supply chain management*, vol. 62. John Wiley & Sons, 2011.
- [84] D. B. Grant, A. Trautrim, et C. Y. Wong, *Sustainable Logistics and Supply Chain Management (Revised Edition)*. Kogan Page Publishers, 2015.
- [85] Y. Ding et D. Straub, « Quality of IS in services: Theory and validation of constructs for service, information, and system », *ICIS 2008 Proceedings*, p. 101, 2008.
- [86] Y. H. Al-Mamary, A. Shamsuddin, et A. H. Nor Aziati, « The Relationship between System Quality, Information Quality, and Organizational Performance », *International Journal of Knowledge and Research in Management & E-Commerce*, vol. 4, n° 3, p. 07-10, 2014.
- [87] S. Petter, W. DeLone, et E. McLean, « Measuring information systems success: models, dimensions, measures, and interrelationships », *Eur J Inf Syst*, vol. 17, n° 3, p. 236-263, 2008.
- [88] H. Almutairi et G. H. Subramanian, « An empirical application of the DeLone and McLean model in the Kuwaiti private sector », *Journal of Computer Information Systems*, vol. 45, n° 3, p. 113-122, 2005.
- [89] J.-H. Wu et Y.-M. Wang, « Measuring KMS success: A respecification of the DeLone and McLean's model », *Information & Management*, vol. 43, n° 6, p. 728-739, sept. 2006.
- [90] H. C. Wang et Y. F. Chiu, « Assessing e-learning 2.0 system success », *Computers & Education*, vol. 57, n° 2, p. 1790-1800, sept. 2011.
- [91] W.-T. Wang et Y.-J. Lai, « Examining the adoption of KMS in organizations from an integrated perspective of technology, individual, and organization », *Computers in Human Behavior*, vol. 38, p. 55-67, sept. 2014.
- [92] H. Mohammadi, « Factors affecting the e-learning outcomes: An integration of TAM and IS success model », *Telematics and Informatics*, vol. 32, n° 4, p. 701-719, nov. 2015.
- [93] V. Venkatesh, M. G. Morris, G. B. Davis, et F. D. Davis, « User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View », *MIS Quarterly*, vol. 27, n° 3, p. 425-478, 2003.
- [94] E. Mao et P. Ambrose, « A theoretical and empirical validation of is success models in a temporal and quasi volitional technology usage context », in *AMCIS 2004 Proceedings*, 2004, p. 476.
- [95] R. R. NELSON, P. A. TODD, et B. H. WIXOM, « Antecedents of Information and System Quality: An Empirical Examination Within the Context of Data Warehousing », *Journal of Management Information Systems*, vol. 21, n° 4, p. 199-235, avr. 2005.
- [96] R.-A. Thiéart, *Méthodes de recherche en management-4ème édition*. Dunod, 2014.

RESPONSABILITE DES PERSONNES PRIVEES EN MATIERE ENVIRONNEMENTALE : CAS DE LA SOCIETE BRALIMA BUKAVU

[RESPONSIBILITY OF PRIVATE PEOPLE IN ENVIRONMENTAL MATTERS: CASE OF THE COMPANY BRALIMA Bukavu]

John CIZA BYERUNGU

Assistant de deuxième mandat à l'Institut Supérieur de Techniques de Développement « ISTD-MULUNGU », Bukavu, Sud-Kivu, RD Congo

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

ABSTRACT: A study of the responsibility of individuals in environmental matters: If the company BRALIMA Bukavu, allowed us to discover the context in which its liability may be incurred on environmentally in terms of its activities (brewery). The responsibility on private persons (legal) is very important. Prevent the involvement of this responsibility is essential: anticipate, inform and train staff can neutralize the risk at source, and if it occurs nonetheless, evidence of efforts upstream will be useful for defense eventually then a trial for damages.

However, it is clear that the BRALIMA Company is not cleared of some environmental responsibilities origin in the sense that the operation of this facility is inconsistent with environmental standards at national and international level (Art.53 and according to the Constitution of DR. Congo of 18 February 2006) and certain international conventions ratified (United Nations Conference on environment and development, Rio de Janeiro, Brazil, 3-4 Juin1992, STOCKHOLM conference in 1972) and law No. 11/009 09 July 2011 basic principles on environmental protection in DR Congo (s.68, 69, 70, 75,76, 77,78 and 79) and art. 258 and following of the Civil Code Book III Congolese and show how this company would be guilty. This total disregard of environmental standards entails an accountability mechanism for ecological damage covering all the effects of pollution, that is to say, covering not only the effects on property and people but also their impact on nature.

KEYWORDS: Responsibility, People, Private; Environmental, Society, Bralima, Bukavu.

RESUME: Une étude portant sur la responsabilité des personnes privées en matière environnementale : cas de la société BRALIMA Bukavu, nous a permis de découvrir dans quel contexte sa responsabilité peut être engagée sur la plan environnemental au regard de ses activités (brassicoles).

La responsabilité qui pèse sur les personnes privées (morales) est très importante. Prévenir la mise en jeu de cette responsabilité est donc indispensable : anticiper, s'informer et former le personnel permet de neutraliser le risque à la source et s'il survient malgré tout, la preuve des efforts fournis en amont seront utiles pour se défendre éventuellement alors d'un procès en responsabilité.

Cependant, force est de constater que la Société BRALIMA n'est pas dédouanée des certaines responsabilités d'origine environnementale en ce sens que le fonctionnement de cette usine va à l'encontre des normes environnementales tant au niveau national qu'international (Art.53 et suivant de la Constitution de la RD. Congo du 18 février 2006) ainsi que certaines conventions internationales ratifiées (Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement, Rio de Janeiro, Brésil, 3-4 Juin1992, conférence de STOCKHOLM en 1972) et la loi n° 11/009 du 09 juillet 2011 portant principes fondamentaux relatifs à la protection de l'environnement en RD Congo (art.68, 69, 70, 75,76, 77,78 et 79) et art. 258 et suivants du Code Civil Congolais Livre III. et qui prouvent combien cette société serait coupable.

Cette méconnaissance totale des normes environnementales entraîne un mécanisme de responsabilité pour dommage écologique couvrant tous les effets d'une pollution, c'est-à-dire couvrant non seulement les effets sur les biens et les personnes mais également leurs effets sur la nature.

MOTS-CLEFS: Responsabilité, Personnes, Privées ; Environnemental, Société, Bralima, Bukavu.

1 INTRODUCTION

La libéralisation des marchés de biens et de services et le développement constant des communications et des transports ont conduit à la montée en puissance des sociétés y compris même celles transnationales ou entreprises multinationales. Ces dernières exercent une influence croissante sur les structures économiques et sociales des Pays où elles opèrent, avec un impact particulier dans le domaine environnemental.

Dans ces circonstances, il est logique qu'elles aient à répondre des dommages qu'elles causent à l'environnement du fait de leurs activités. C'est dans cette perspective que l'Etat doit élaborer une législation nationale concernant la responsabilité de la pollution et d'autres dommages causés à l'environnement et l'indemnisation des victimes. Il doit aussi coopérer diligemment et plus résolument pour développer davantage le droit international concernant la responsabilité et l'indemnisation en cas d'effets néfastes de dommages causés à l'environnement dans des zones situées au-delà des limites de sa juridiction par des activités menées dans les limites de sa juridiction ou sous son contrôle.

Ainsi, nous avons choisi d'aborder cette étude sous l'angle de responsabilité en matière d'environnement d'une personne privée à l'instar de la société BRALIMA BUKAVU, qui du reste est une société à caractère industrielle et commerciale ou mieux brassicole qui joue un rôle socio-économique tant au niveau de la Province du Sud-Kivu que national. Cependant, il s'observe, au-delà de ce rôle qu'elle joue, une dégradation avancée de l'environnement dans la ville de Bukavu et ses environs, suite à la pollution atmosphérique (ou de l'air) mais aussi celle des eaux du Lac Kivu causée par les activités régulières de cette société et qui affecte directement la population riveraine mais aussi les espèces halieutiques du lac Kivu dans lequel sont déversés certains déchets provenant de cette usine ainsi que les eaux usées, et qui risqueraient de compromettre l'esprit du Principe de Pollueur-Payeur voire conduire directement à la violation des certains droits garantis par la constitution de la RD Congo (**Art.53 et suivant de la Constitution de la RD. Congo du 18 février 2006**) ainsi que certaines conventions internationales ratifiées (**Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement, Rio de Janeiro, Brésil, 3-4 Juin 1992, conférence de STOCKHOLM en 1972**) et la loi n° 11/009 du 09 juillet 2011 portant principes fondamentaux relatifs à la protection de l'environnement en RD Congo (art.68, 69, 70, 75,76, 77,78 et 79).

C'est dans cette perspective que nous voudrions connaître en termes d'objectif fondamental dans quelles conditions une personne privée à l'instar de la Société BRALIMA BUKAVU pourrait-elle être tenue pour responsable des préjudices causés à l'environnement ?, et quelles conséquences entrainera cette responsabilité du point de vue de réparation du dommage causé ?

Nous référant au mode de fonctionnement de la Société BRALIMA BUKAVU, sa responsabilité peut être engagée sur base des mécanismes classiques (portant de façon directe ou indirecte sur la responsabilité civile et pénale des personnes morales privées causant un dommage à l'environnement) soit de façon moins classique du fait du développement d'un nouveau type de responsabilité préventive découlant des textes internationaux : la responsabilité sociétale des entreprises.

2 TECHNIQUE ET METHODES

2.1 MILIEU D'ETUDE

La ville de BUKAVU est le chef lieu de la Province du Sud Kivu. Elle est composée de trois communes dont : Ibanda, Kadutu et Bagira. Elle est limitée au Nord par le Lac Kivu, au Sud par le territoire de Kabare, à l'Est par la rivière Ruzizi et qui la sépare de la République Rwandaise et à l'Ouest par le territoire de Kabare qui semble entourer cette ville.

Sa latitude est de 2° 30 secondes et longitude de 26° 50 secondes et l'altitude est de 1612 mètres (**Climatologie du CRSN-LWIRO 2014**).

Entant que chef lieu de Province, la ville de Bukavu est composée d'une population cosmopolite, ce qui implique une forte diversité culturelle. Il convient de préciser que la ville de Bukavu connaît deux saisons principales dont la saison sèche

de mi-juin à la mi-septembre, et celle de pluie de la mi-septembre à la mi-juin, et ce qui entraîne deux saisons culturelles avec une pluviosité de 1476.mm/an

2.2 METHODES

Pour mener à bon port cette étude, nous avons recouru à la méthode herméneutique (juridique) qui consiste en interprétation de textes légaux mais aussi nous nous sommes appuyé de la technique documentaire qui nous a mis en contact avec les doctrines en présence et nous renseigner sur le degré de responsabilité d'une personne privée à l'instar de la société BRALIMA Bukavu en matière d'environnement à l'aide d'une interview libre.

3 RESPONSABILITE DE LA SOCIETE BRALIMA EN MATIERE D'ENVIRONNEMENT

Comme précédemment esquissé, la responsabilité internationale voire nationale des personnes privées, envisagées ici sous l'angle des firmes ou entreprises multinationales (ou nationales) peut être engagée sur base de mécanismes classiques, soit de façon moins classique du fait de développement d'un nouveau type de responsabilité préventive découlant des textes nationaux et internationaux : la responsabilité sociétale des entreprises.

3.1 LES MECANISMES CLASSIQUES DE RESPONSABILITE DES ENTREPRISES EN MATIERE D'ENVIRONNEMENT

De nombreuses conventions portent de façon directe ou indirecte sur la responsabilité civile et pénale des personnes morales privées causant un dommage à l'environnement. Le législateur Congolais n'est pas resté aux antipodes d'une telle philosophie protectrice de l'environnement en ce sens qu'il a pris soins de légiférer dans ce domaine.

Ainsi, la Loi N° 11/009 du 09 juillet 2011 fixe et détermine les principes fondamentaux relatifs à la protection de l'environnement.

Aux termes de l'art 68 de la loi précitée, « est responsable toute personne qui ; par l'exercice de ses activités, a causé un dommage à l'environnement et à la santé en violation de la présente » (**loi n° 11/009 du 09 juillet 2011 portant principes fondamentaux relatifs à la protection de l'environnement**).

De plus l'art. 78 et suivants dispose que « Est punie d'une servitude pénale de six mois à trois ans et d'une amende de cinq millions à cinquante millions de francs congolais ou l'une de ces peines seulement toute personne qui pollue, de quelque manière que ce soit, tant les eaux continentales que les espaces maritimes, ou dégrade les écosystèmes côtiers en violation des dispositions de la présente loi et de ses mesures d'exécution » (**loi n° 11/009 du 09 juillet 2011 portant principes fondamentaux relatifs à la protection de l'environnement**).

3.1.1 LA MISE EN ŒUVRE DE LA RESPONSABILITE CIVILE DE LA SOCIETE BRALIMA BUKAVU.

PRÉSENTATION DE LA BRALIMA BUKAVU

La BRALIMA Bukvu est située dans la commune de Bagira environ 4km de la ville de Bukavu sur la route vers GOMA en face de la Société SEP CONGO et la brigade marine. Elle est située à une altitude de plus de 5m à celle du lac Kivu considéré comme niveau zéro et s'étend sur une superficie de plus ou moins 3.5km².

La BRALIMA qui est une société par action à responsabilité limitée(SARL) ; est une filiale de la multinationale de HEINEKEN(Hollande) et de la compagnie industrielle de Boisson(CIB) Belge. Elle fut créée le 23 octobre 1923 à Léopoldville actuel Kinshasa et l'agence de Bukavu fut créée en 1951 pour bien ravitailler en boissons cette partie du Pays.

Cette société lors de sa création s'est assignée les objectifs tels que :

- La production et la commercialisation de ses produits dont la bière et boisson gazeuse,
- La fabrication et la vente d'eau de table ainsi que les blocs de glaces pour une bonne commercialisation de ses produits,
- Atteindre le plus grand nombre de consommateurs mais aussi satisfaire sa clientèle.

De ce qui précède, il est évident voire incontestable qu'au regard du secteur d'intervention de cette usine(Société), que l'environnement de la ville de Bukavu ne soit pas aux antipodes de toutes formes de dégradation et qui rend victime la population riveraine dans le processus d'atteinte de ces objectifs ci-haut épinglés dont se serait assignée la société et surtout au regard des méthodes de fabrications(toutes les matières qui interviennent dans la fabrication de la bière) qui affecteraient

aussi directement l'espèce halieutique car l'usine étant riveraine du lac Kivu qui reçoit certains déchets émanant de l'usine (Eau usée, drèche, morceaux des bouteilles cassés, des matières plastiques....) et qui dégrade l'environnement.

Il revient donc de préciser que dans la fourniture de ses prestations, la société Bralima viole d'une manière flagrante le droit de l'environnement cela avec la pollution des eaux et celle atmosphérique (de l'air).

LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE FAITE PAR LA SOCIETE BRALIMA

La pollution de l'air (ou pollution atmosphérique) est un type de pollution caractérisée par une altération des niveaux de qualité de pureté de l'air. Cette dégradation est généralement causée par un ou plusieurs éléments tels que des matières particulaires, ou autres substances..., dont les degrés de concentration et les durées de présence sont suffisants pour produire un effet toxique et :ou écotoxique.

Selon l'OMS, elle est responsable (en 2012) de près de 7 millions de morts prématurées par an, surtout dans les Pays à revenus faibles et intermédiaires, en particulier en Asie, plus de la moitié sont dues à la pollution intérieure (en particulier à la cuisine sur des réchauds à charbon, à bois ou à combustibles de la biomasse) et près de la moitié à la pollution extérieure. 80% des décès liés à la pollution extérieure sont causés par des maladies cardiovasculaires (40% accident vasculaire cérébral (AVC) et 40% cardiopathies ischémiques) ainsi que 60% de ceux dus à la pollution intérieure (34% AVC et 26% cardiopathies ischémiques) (**Rapport de l'OMS : 7 millions de décès prématurés sont liés à la pollution de l'air chaque année** (archive), sur le site de l'OMS, 25 mars 2014)

Au regard des activités de la BRALIMA Bukavu, qui se trouve au centre de la ville et spécifiquement au milieu de deux communes les plus peuplées de la ville de Bukavu dont Bagira et Kadutu et en le confrontant au rapport de l'OMS précité, force est de constater qu'il y a une grande pollution de l'air faite par cette usine qui fonctionne 24h/24h et sans arrêt. La qualité de l'air de cette ville et des habitations est souvent critiquée, l'air intérieur de nombreux logements est nocif pour la santé des résidents (riverains) car il suffirait de passer à côté de cette usine pour constater le degré de pollution de l'air avec une mauvaise odeur et une fumée dégagée par cette usine et qui se propage dans la zone, et ce la ne fait qu'engager la responsabilité tant civile que pénale même de cette société selon l'esprit de la loi **n° 11/009 du 09 juillet 2011 portant principes fondamentaux relatifs à la protection de l'environnement** spécialement à son **art.79 et suivants** qui dispose que « est punie d'une servitude pénale de six mois à trois ans et d'une amende de cinq millions à cinquante millions de francs congolais ou de l'une de ces peines seulement toute personne qui altère la qualité de l'air en violation des dispositions de la présente loi et de ses mesures d'exécution ».

Lors de notre investigation, nous avons pu constater que jusque là, la population n'a pas encore pris conscience du danger que présente cette usine au regard de l'ampleur de ses activités et qui l'expose à des sérieuses maladies à la longue. L'Etat devrait prendre des mesures urgentes et positives voire appropriées pour la sécurité de cette population (**Art.53 de la constitution de la RD. Congo du 18 Février 2006**) pour ne pas tomber au même titre que la BRALIMA sous le coup des dispositions légales du code civil congolais Livre III ou mieux code civil des obligations (**Art. 258 et suivants CCCLIII**) qui constituent le siège de la matière concernant le fondement de la responsabilité civile en droit congolais ainsi que des **art.68, 69, 70,76 ; 78** et suivants (**loi n° 11/009 du 09 juillet 2011 portant principes fondamentaux relatifs à la protection de l'environnement**).

POLLUTION DES EAUX DU LAC KIVU FAITE PAR LA BRALIMA

Dans de nombreux Pays en développement, de 80 à 90% des eaux déversées sur les côtes sont des effluents bruts, c'est-à-dire des rejets qui n'ont pas été traités. La pollution liée à une démographie galopante dans des zones côtières et à des infrastructures d'assainissement et de traitement des déchets inadéquates, constitue une menace pour la santé publique, les espèces sauvages ainsi que pour les sources de revenu comme la pêche et le tourisme.

Dans la ville de Bukavu en RDC, les eaux du Lac Kivu sont polluées par l'usine BRALIMA au regard des déchets y jetés provenant de l'usine et l'Etat ne prend pas des dispositions pour rendre effectif certains droits garantis aux nationaux en l'occurrence du droit de vivre dans un environnement sain (**Art 53 de la constitution de la RDC du 18 février 2006**).

L'eau qui demeure un élément essentiel pour le développement de la vie continue à poser problème dans la ville de Bukavu car une grande partie de cette ville n'a pas accès à l'eau potable et ne recourt qu'à cette eau qui demeure polluée par l'usine BRALIMA pourtant consommée par une portion de la population du Sud Kivu et du Nord Kivu qui est une région volcanique dépourvue de toutes sortes d'eaux à part celles du Lac Kivu quoi que polluées.

Force est de constater que, du fait de la mauvaise gestion, de moyens limités et des changements environnementaux, quasiment un habitant de la planète sur cinq n'a toujours pas accès à l'eau potable et 40% de la population mondiale ne disposent pas d'un service d'assainissement de base, indique le deuxième Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau.

Le manque d'accès à l'eau potable et à l'assainissement tue 8 millions d'être humains chaque année et représente à ce titre la première cause de mortalité dans le monde, un défi majeur et crucial pour l'humanité. Ce la prouve combien l'autorité congolaise ne doit pas se soustraire dans cette vision mondiale prônée par les Nations Unies dans la gestion des certaines ressources (eaux, forêts....).

Tous ces problèmes environnementaux sont liés à la concentration des activités économiques dans des milieux urbains quoiqu'il en soit les acteurs principaux ne soient pas conscients de ces dangers ou mieux aptes à les reconnaître ou les identifier.

Aussi, le lac Kivu par exemple est confronté à une série des crises en l'occurrence celle de pêche qui risque de compromettre la survie des communautés littorales. En effet, les problèmes de la pêche ne se posent plus seulement en terme économique, ils intègrent dorénavant la dimension environnementale en raison de la dégradation des ressources halieutiques qui s'accroît sous l'effet combiné de l'accroissement rapide de la population ; de la croissance économique et des instruments archaïques ne répondant pas aux normes de pêche, la surexploitation des ressources halieutiques du lac Kivu due à la pression démographique, à l'approvisionnement en poissons et aux pratiques de pêche destructive, menace les zones de nourrissage et de frayère du Lac.

3.1.2 LA MISE EN ŒUVRE DE LA RESPONSABILITE PENALE DE DES PERSONNES PRIVEES

Il n'existe pas de régime de responsabilité pénale qui trouverait à s'appliquer en cas de dommages environnementaux. En droit régional et mondial de l'environnement par exemple, les conventions renvoient au droit interne des Etats membres qui ont l'obligation de prendre toutes les mesures internes (tant en ce qui concerne les incriminations, les poursuites, que les sanctions) pour assurer le respect des dispositions conventionnelles.

C'est dans cette dynamique que s'inscrit le législateur congolais pour une bonne protection de l'environnement en RD. Congo, il a pris soin de légiférer en réservant une mention particulière à l'environnement (Code forestier, code minier et certaines dispositions légales du code pénal congolais ainsi que la loi n° 11/009 du 09 juillet 2011 portant principes fondamentaux relatifs à la protection de l'environnement) en prévoyant des sanctions à qui conque porterait atteinte à l'environnement.

Ainsi, l'art. 77 et suivants dispose que « Est punie d'une servitude pénale de six mois à trois ans et d'une amende de deux millions cinq cent mille à vingt-cinq millions de francs congolais ou l'une de ces peines seulement toute personne qui pollue, dégrade le sol ou sous-sol en violation des dispositions de la présente loi et de ses mesures d'exécution » (**loi n° 11/009 du 09 juillet 2011 portant principes fondamentaux relatifs à la protection de l'environnement**).

Dans le cadre du conseil de l'Europe, la Convention sur la protection de l'environnement par le droit pénal adoptée à Strasbourg le 4 novembre 1988 rappelle l'importance que le droit pénal doit jouer en matière de protection de l'environnement. Son article 9 prévoit la responsabilité des personnes privées qui la composent. De même, dans de nombreuses conventions universelles font référence elles aussi à des infractions environnementales tout en laissant aux Etats le soin de les rendre effectives en droit interne.

La criminalité environnementale ne cessant de se répandre à l'échelle internationale, des juristes de tous Pays en appellent à la reconnaissance d'un crime contre l'environnement qui serait appelé « l'écocide ». En 2010, la juriste britannique, Polly Higgins, a proposé que le crime d'écocide soit reconnu. Elle a ainsi proposé à la commission du droit international des Nations unies que le crime d'écocide devienne le cinquième crime-contre la paix, au côté des crimes contre l'humanité ou des crimes de guerre. Pour le Professeur Laurent Neyret, « le terme d'écocide doit être réservé aux cas les plus graves d'atteinte à l'environnement, car il renvoie à l'homicide et au génocide » et révélerait selon d'une criminalité extraordinaire, laquelle serait en pleine expansion à l'échelle internationale : affaire d'argent orange utilisé par l'armée américaine au Vietnam, l'affaire du Probo Koala (déversement des déchets dangereux à Abidjan) ou encore l'affaire Chevron, dans le cadre de laquelle la société américaine exploitante de pétrole a été condamnée à une amende de 8 milliards de dollars par un tribunal équatorien.

La question de responsabilité pénale des entreprises transnationales voire nationales est ainsi posée, le crime d'écocide serait alors pour le professeur Neyret l'occasion d'étendre aux personnes morales la possibilité d'être poursuivies devant la Cour Pénale Internationale (CPI)

3.2 LA RESPONSABILITE SOCIETALE DES ENTREPRISES

La multiplication des crises économiques sociales et environnementales fragilise l'avenir de la planète et suscite une prise de conscience de plus en plus forte en faveur de la définition de nouveaux modes de production, de consommation, de transports ... afin d'accélérer le pas dans cette direction, il est souvent fait référence à la prise en compte des normes internationales universelles et à la responsabilité sociétale des entreprises qui repose sur différents instruments. Cette responsabilité se situe en aval de l'atteinte susceptible d'être causée à l'environnement (Avis CESE. La RSE : une voie pour la transition économique, sociale et environnementale, juin 2013, http://www.lecese.fr/sites/default/files/pdf/Avis/2013/2013_14_rse.pdf

Ainsi, la responsabilité sociétale des entreprises postule une intégration volontaire, par des entreprises, de préoccupations sociales et environnementales à leurs activités commerciales et leurs relations avec leurs parties prenantes. C'est donc la responsabilité des entreprises vis-à-vis des effets qu'elles exercent sur la société. La responsabilité sociale ou sociétale des entreprises concerne toutefois les actions de celles-ci qui vont au-delà des obligations juridiques qui leur incombent à l'égard de société et de l'environnement (**Vanessa RICHARD ; « L'accountability comme alternative à la responsabilité ? Réflexions en droit international de l'environnement », in E. VERGES (dir.) Droit, sciences et techniques, quelles responsabilités ? Paris, LexisNexis, 2011, pp. 523-541.**

Certaines mesures réglementaires peuvent créer des conditions plus propices à inciter les entreprises à s'acquitter volontairement de leurs responsabilités sociales.

4 CONCLUSION

Nous voici au terme de notre étude qui a porté sur **la responsabilité des personnes privées en matière environnementale : cas de la société BRALIMA Bukavu** et dont il nous revient pour le moment d'en esquisser les conclusions.

La responsabilité étant plurivoque, implique tant les obligations incombant à une personne que sa situation face aux conséquences nées de la méconnaissance de celles-ci ou mieux encore le fait pour un sujet de droit de répondre de ses actes, lorsque ceux-ci aboutissent à une rupture de l'ordre juridique ou éventuellement de l'équilibre matériel prévu par celui-ci.

Ainsi, dans le labyrinthe des textes multiples, techniques et éparpillés du droit de l'environnement, certaines personnes ignorent parfois à quels risques judiciaires elles peuvent être exposées et ne se croient pas toujours visées par certaines sanctions légales (<http://www.kesicavocats.com>).

C'est dans cette dynamique que force était de constater lors de l'analyse de notre objectif principal que la Société BRALIMA Bukavu viole dans ses prestations en voulant à tout prix à accroître ses activités (ou mieux atteindre son but), plusieurs textes tant nationaux qu'internationaux applicables pour une bonne protection de l'environnement entre autres **la constitution de la RD Congo du 18 février 2016, loi n° 11/009 du 09 juillet 2011 portant principes fondamentaux relatifs à la protection de l'environnement en RD Congo, le code civil congolais Livre III, le code pénal congolais, les conférences des Nations Unies sur l'environnement tenues respectivement à Stockholm, en 1972 et à Rio de Janeiro en 1992.** Et ce la engage mains et pieds joints la responsabilité tant civile que pénale de la Société BRALIMA Bukavu au regard de ses activités qui porte atteinte à l'environnement dans son ensemble à BUKAVU et cela devrait même réveiller les autorités tant locales que nationales à prendre des mesures urgentes et positives avant la survenance d'une catastrophe écologique de grande envergure, car nous avons en outre constaté que les pouvoirs publics semblent abandonnés le secteur environnemental dans la ville de Bukavu et pourtant il doit jouer un rôle important dans la protection de l'écosystème.

REMERCIEMENTS

Merci et bravo à tous les promoteurs et protecteurs de droit de l'environnement en RD. Congo en général et ceux qui travaillent avec acharnement pour défendre ce droit de troisième génération violé par plus d'une personne. Leur activité est le support de ce travail et par leur disponibilité, ils l'ont rendu possible.

REFERENCES

- [1] Rapport de l'OMS : 7millions de décès prématurés sont liés à la pollution de l'air chaque année (archive), sur le site de l'OMS, 25mars 2014.
- [2] Vanessa RICHARD ; « L'accountability comme alternative à la responsabilité ? Réflexions en droit international de l'environnement », in E. VERGES (dir.) *Droit, sciences et techniques, quelles responsabilités ?* Paris, LexisNexis, 2011, pp. 523-541.
- [3] Avis CESE. La RSE : une voie pour la transition économique, sociale et environnementale, juin 2013, [http://www.lecese.fr/sites/default/files/pdf:Avis/2013/2013_14_rse.pdf](http://www.lecese.fr/sites/default/files/pdf/Avis/2013/2013_14_rse.pdf)
- [4] Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement, Rio de Janeiro, Brésil, 3-4 Juin1992.
- [5] Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement de STOCKHOLM en 1972.
- [6] loi n° 11/009 du 09 juillet 2011 portant principes fondamentaux relatifs à la protection de l'environnement, publiée au J.O 52^{ème} année, n° spécial 16 juillet 2011.
- [7] La constitution de la RDC, du 18 fév.2006, publiée au J.O, 47^{ème} année, n° spécial 2006.
- [8] WWW.kesicavocat.com
- [9] NADAUD, S. ; Cours de responsabilité internationale en matière d'environnement, Université de Limoges, 2015, inédit.

VIOLENCE A L'EGARD DE LA FEMME, UNE REALITE FACE AUX TRADITIONS BASHI DANS LE GROUPEMENT DE BUGORHE

[VIOLENCE AGAINST WOMEN, TO FACE REALITY BASHI TRADITIONS IN THE CLUSTER OF BUGORHE]

John CIZA BYERUNGU

Assistant de deuxième mandat, Institut Supérieur de Techniques de Développement « ISTD-MULUNG »,
Bukavu, Sud-Kivu, RD Congo

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

ABSTRACT: A study on violence against women, a reality facing the Bashi traditions in the cluster of Bugorhe, allowed us to discover the value and the place of women in traditional society Bashi. However, force is to note that women's rights are violated or trampled in the Bashi traditions in the group Bugorhe. Most of the violence whose victims are women in the group Bugorhe are rooted in traditional practices (habits and customs), harmful and infringing certain rights for women like those in the legal instruments Bugorhe both national and international (Art.1er, 2 (1), 7; 10 UDHR, art .2 (1); 3PIDCP; art.2 (2) ICESCR .2,3 art of the African Charter of human rights Human and Peoples art.1er, 14 of the Convention on the elimination of all forms of discrimination against women and art.11,12,13 and 14 of the Constitution of 18 February 2006 and article 8 career status of the civil service in DR Congo). In addition, other violence come from use with impunity of violence or coercion, abuse in the family, forced marriages, the wife of adultery murders....

KEYWORDS: Violence; Wife; reality; tradition; Bashi; Cluster; Bigorhe.

RESUME: Une étude portant sur la violence à l'égard de la femme, une réalité face aux traditions Bashi dans le groupement de Bugorhe, nous a permis de découvrir la valeur ainsi que la place de la femme dans la société traditionnelle de Bashi. Cependant, forcer est de constater que les droits de la femme sont violés voire bafoués dans les traditions Bashi dans le groupement de Bugorhe. La plupart des violences dont se trouvent victimes les femmes dans le groupement de Bugorhe trouvent leur fondement dans certaines pratiques traditionnelles(us et coutumes), nuisibles et portant atteinte à certains droits reconnus aux femmes à l'instar de celles de Bugorhe par les instruments juridiques tant nationaux qu'internationaux (Art.1^{er}, 2(1),7;10 DUDH, art .2(1) ; 3PIDCP ; art.2(2) PIDESC, art .2,3 de la charte africaine des droits de l'Homme et des Peuples ; art.1^{er}, 14 de la convention sur l'élimination de toutes formes de discrimination à l'égard des femmes et art.11,12,13 et 14 de la Constitution du 18 février 2006 et art.8 du statut de carrière de la fonction publique en RD Congo). De plus, d'autres violences proviennent de l'usage en toute impunité de la violence ou contrainte, les sévices dans la famille, les mariages forcés, les meurtres d'épouse par adultère....

MOTS-CLEFS: Violence; Femme; Réalité; Tradition; Bashi; Groupement; Bugorhe.

1 INTRODUCTION

Les Nations Unies ont toujours eu à cœur la promotion des droits de la femme ainsi que l'amélioration de la condition de cette dernière dans le monde entier.

Cet engagement est inscrit dans la charte de l'Organisation signée en 1945. Il en est de même dans la Déclaration Universelle des droits de l'Homme en 1948 (**Art. 1^{er}**) qui, dispose que « Tous les êtres humains naissent libres et égaux en dignité et en droits. Ils sont doués de raison et de conscience et doivent agir les uns envers autres dans un esprit de fraternité ». De ce fait, les droits humains sont donc universels tel que l'avait affirmé d'ailleurs dans son discours d'ouverture de la conférence mondiale sur les droits de l'homme de 1993 à Vienne, l'ancien Secrétaire Général de l'Organisation des Nations Unies(ONU) Boutros Boutros-Ghali, en soutenant plusieurs principes que , les droits humains « pensées à l'échelle universelle, nous confrontent à la dialectique de l'identité et de l'altérité , du « moi » et de « l'autre ». Ils nous renseignent, sans détour que nous sommes tous à la fois identiques et différents ». De plus ; les droits de l'homme ne sont pas le plus petit dénominateur commun de toutes les nations, mais, au contraire, ce que je voudrais appeler « irréductible humain »,c'est-à-dire , la quintessence des valeurs par lesquelles nous affirmons ensemble, que nous sommes une seule communauté humaine avec un langage commun de l'humanité grâce auquel tous les peuples peuvent comprendre les autres et écrire leur propre histoire (**B .Boutros-Ghali,1993**)

Pendant les années a prévalu la thèse selon laquelle les principes et le droit, surtout international, des droits de la personne humaine s'appliquent uniquement ou principalement à la médiation des rapports entre les citoyens et l'Etat. C'était la vision que défendaient notamment les universitaires, les juristes et les avocats, ainsi qu'un nombre d'Organisations Non gouvernementales (ONG) et des défenseurs des droits de l'homme.

Le fait de dissocier les conduites, traditions (Us et coutumes) et lois qui concernent d'autres sphères (acteurs étatiques /non étatiques, sphère privée) peut sembler logique et même commode. Néanmoins, cette dissociation a eu pour effet de créer une sorte de « méthodologie internationale » qui fait que les violations perpétrées à l'endroit des femmes et des filles et, dans certains cas, l'endroit des personnes vulnérables échappent à toute surveillance et sanction (NIGELS R, (**Can armed opposition groups violate human rights, ed. Martinus ; Amsterdam, 1995**).

Cette dichotomie persiste encore aujourd'hui, ce qui nous pousse à mener la présente étude sur cette considération d'homme, femme, quelle égalité, quelle parité face aux violences par cette dernière relativement aux traditions Bashi dans le groupement de Bugorhe.

Il est clairement établi par des instruments juridiques internationaux (Chartes et autres déclarations) que les êtres humains naissent libres et égaux en dignité et en droits. La constitution de la RD .Congo n'est pas restée aux antipodes de cette réalité, en dépit de sa révision intervenue le 20 janvier 2011, réserve une mention à son Art.14, qui dispose que « les pouvoirs publics veillent à l'élimination de toute forme de discrimination à l'égard de la femme et assurent la protection et la promotion de ses droits. Ils prennent dans tous les domaines, notamment dans les domaines civil, politique, économique, social et culturel, toutes les mesures appropriées pour assurer le total épanouissement et la pleine participation de la nation. Ils prennent des mesures pour lutter contre toute forme de violences faites à la femme dans la vie privée. La femme a droit à une représentation équitable, au sein des institutions nationales, provinciales et locales. L'Etat garantit la mise en œuvre de la parité homme-femme dans lesdites institutions. La loi fixe les modalités d'application de ces droits » (**Art. 14 de la constitution de la RD. Congo du 18 février 2006**)

Malgré toutes ces dispositions constitutionnelles ainsi favorables, assurément un avantage qui serait un motif de fierté légitime pour la femme congolaise en général et celle du groupement Bugorhe en particulier, ces dispositions ne sont pas observées.

Dans le groupement de Bugorhe, ces femmes qui sont nos mères ,sœurs et filles suites aux traditions Bashi établies et leurs pensées, leur vie se trouve anéantie, brisée et privée de toute espérance, que ce soit pendant la période de guerre de 1996 , 1998, 2004 et celle de la paix précaire supposées.

Les inégalités et discriminations de tous ordres édictées par les traditions Bashi continuent à perpétuer des rapports inéquitables entre femmes et les hommes et surtout basées sur la condition et la position sociale de la femme.

C'est dans cette perspective que nous voudrions connaître en terme d'objectif fondamental, face à la dichotomie traditionnelle entre l'homme et la femme, la stratégie pour relever le défi de la femme en vue de lutter contre les violences de tous genres dont elle est victime dans le groupement de Bugorhe et promouvoir l'essor socio-économique de cette contrée.

La persistance de certaines pratiques traditionnelles Bashi favoriserait les violences perpétrées contre les femmes dans ce milieu. Elle constituerait également un véritable goulot d'étranglement pour un leadership féminin dans ce groupement.

Ainsi , la femme de Bugorhe, devrait s'organiser pour que ses droits garantis par la constitution ne soient pas considérés comme faveur, elle devrait elle-même garantir son indépendance en toute circonstance en refusant d'être utilisée comme un pion dans les jeux politiques et les pratiques traditionnelles, la priorité à accorder à la scolarisation de la jeune fille en vue de

l'égalité des chances pour mieux la préparer aux responsabilités, l'application de la loi dans toute sa rigueur en cas de violence sexuelle, l'implication de prise de décisions politiques, économiques et culturelles, l'auto-prise en charge de femme de Bugorhe par les activités assurant son indépendance économique et enfin, la lutte contre la pandémie du VIH/Sida.

2 TECHNIQUE ET METHODES

2.1 MILIEU D'ETUDE

Le groupement de Bugorhe est situé entre 2° et 3° de latitude Sud et entre 28° et 20' et 29° de longitude Est sur le flanc du massif de Kahuzi-Biéga, entre 1470m et 2200m d'altitude et bénéficiant d'un climat tropical humide comprenant une longue saison de pluie de 9 mois (septembre à mai) et une courte saison sèche de 3mois (juin à août). La température moyenne annuelle varie entre 18 et 20°C et l'humidité de l'air entre 68 et 75% (**Climatologie du CRSN-LWIRO 2014**).

La végétation est constituée d'une savane herbeuse de montagne dominée par de graminées fortement diversifiée et quelques arbustes, les lieux de pâturage des animaux d'élevages(bovins, caprin et ovins) a été dégradé par suite d'une très grande concentration des habitants et des diverses activités qu'ils exercent(agriculture, reforestation et reconstruction des habitations et des conséquences qui en découlent en l'occurrence de route, école ; église).

Cette anthropisation a conduit à ce que la végétation actuelle constituée de savane ait remplacé une autre primitive qui était constituée de forêt primaire *Albizia grandibracteata original* (**Bisusa et al .2014**). Ainsi, l'espace pâturable est très réduit à cause de la densité élevée de la population (plus de 350hab. /km² (Balagizi et al.2013). La population de ce deux groupements vit sur un prolongement de terroir qui s'étend entre le PNKB et le Lac Kivu, y exerçant l'agriculture et la pêche (**Balagizi et al.2013**)

2.2 METHODES

Pour mener à bon port cette étude, nous avons recouru à la méthode herméneutique qui consiste en interprétation de textes légaux mais aussi nous nous sommes appuyé de la technique documentaire qui nous a mis en contact avec les doctrines en présence et nous renseigner sur la considération (ou mieux l'image) de la femme face aux traditions Bashi à l'aide d'une interview libre.

3 CONSIDERATIONS SUR L'EGALITE HOMME-FEMME, VIOLENCE ET DISCRIMINATION

Dans cette optique, nous allons traiter en premier lieu la notion de l'égalité homme-femme, les violences ainsi que les discriminations qui peuvent s'observer dans la pratique ou mieux l'effectivité du principe d'égalité homme-femme.

3.1 L'EGALITE HOMME-FEMME

Le plan d'action de Beijing(Chine), en 1995 met le doigt sur la plaie des violations des droits des femmes, préconise l'égalité entre les hommes et les femmes comme élément indispensable du processus des socialisations au sein des foyers , sur les lieux de travail et plus largement au sein de communautés nationales et internationales , ainsi que le principe de partage de pouvoirs et des responsabilités au sein du genre des tâches domestiques et des soins aux malades appliquées par tous les Pays enregistrés tant à travers le monde qu'en RD Congo en général , et en groupement de Bugorhe en particulier , le changement devrait impliquer les programmes de sensibilisation des hommes pour que l'application effective des textes aient la même ampleur du point de vue financier et engagement social que pour les programmes d'autonomisation des femmes ou de renforcement des capacités pour déterminer leurs besoins stratégiques par rapport aux intérêts dans un temps raisonnable.

Le principe d'égalité qui est constitutionnel, se trouve posé dans plusieurs textes tant nationaux qu'internationaux (**Art.1^{er}, 2(1) ,7 ; 10 DUDH, art .2(1) ; 3PIDCP ; art.2(2) PIDESC, art .2,3 de la charte africaine des droits de l'Homme et des Peuples et art.11,12 et 13 de la Constitution du 18 février 2006 et art.8 du statut de carrière de la fonction publique en RD Congo**)

L'égalité impose seulement qu'à des situations (ou catégories) semblables soient appliquées les mêmes règles. Une différence de traitement est possible, mais doit être soit justifiée par des situations non semblables, soit l'intérêt général l'exige ; et ne doit pas être incompatible avec la finalité de la loi.

La socialisation et l'éducation des garçons et des jeunes filles opposent que les manuels scolaires intègrent les droits de l'homme en général, bannissent les images sexistes et encouragent l'égalité de chances dans le sens de voir toutes les forces vives citoyennes ; femmes et hommes apporter leur pierre au développement des communautés.

3.2 LES VIOLENCES

Aujourd'hui, il est communément admis que les droits humains doivent gouverner les rapports entre citoyen et l'Etat, et que ce dernier a l'obligation de veiller à ce qu'on n'y porte pas atteinte. Mais il y a plus, l'Etat a tout autant l'obligation de surveiller et de prévenir les violations des droits qui sont perpétrées, et l'Etat est tenu de faire appliquer le droit pénal c'est-à-dire punir les contrevenants. Les violences commises contre des femmes constituent des infractions criminelles, et l'Etat a par conséquent compétence pour intervenir. La violence à l'égard des femmes est toujours un crime, mais certains régimes de droit ne reconnaissent pas ou ne s'y attaquent pas avec la rigueur nécessaire (**J.MERTUS, learning about the human Right of women and Girls, UNIFEM, New York, 1999, P. 254**)

C'est dans cette dynamique qu'en 2008 les peuples et les gouvernements du monde entier sous les auspices des Nations Unies avaient lancé la campagne de s'unir pour mettre fin à la violence à l'égard de la femme. Le secrétaire de l'ONU, Ban Ki-Moon avait déclaré « nous devons faire cesser cette violence ordinaire, profondément ancrée dans la société, qui détruit des vies, ruine la santé, entretient la pauvreté et entrave la réalisation de l'égalité entre hommes et femmes ainsi que l'émancipation des femmes »

Le mouvement international des femmes a fait d'importantes percées en recourant au système des droits humains, ce qui met l'homme au centre de leurs préoccupations. Ces droits mettent en lien les femmes, la violence et les textes légaux ; ce qui permet à la femme de revendiquer les droits de l'égalité et la non-discrimination.

3.3 LES DISCRIMINATIONS

Ce concept renvoie à toute forme de distinction, d'exclusion ou de restriction à l'égard d'une personne en fonction d'une caractéristique inhérente à celle-ci avec justification ou non. De là, nous pouvons distinguer :

- La discrimination légale : qui tient compte de la justification en matière d'intention, toute différence de traitement entre personnes,
- la discrimination arbitraire : Celle qui se base à aucun critère,
- discrimination institutionnelle : celle fondée sur des lois, des règlements, des procédures internes ou externes et,
- la discrimination basée sur certaines relations fondées sur des caractéristiques réelles ou supposées des individus visés.

La compréhension de cette terminologie nous permet de saisir le principe de non-discrimination qui exige que toutes les personnes dans la situation similaire soient d'égale façon (**Art.1^{er}, 2(1),7 ;10 DUDH, art .2(1) ; 3PIDCP ; art.2(2) PIDESC, art .2,3 de la charte africaine des droits de l'Homme et des Peuples et art.11,12 et 13 de la Constitution du 18 février 2006 et art.8 du statut de carrière de la fonction publique en RD Congo**)

Il convient de signaler que la discrimination à l'encontre des femmes viole les principes de l'égalité des droits et du respect de la dignité humaine, entrave la participation des femmes, dans les mêmes conditions que les hommes à la vie politique, sociale, économique et culturelle et fait obstacle à l'accroissement du bien-être de la société et de la famille et empêche les femmes de servir leur pays et l'humanité dans toute la mesure de leurs possibilités.

De plus, l'expression « discrimination à l'égard des femmes » vise toute distinction, exclusion ou restriction fondée sur le sexe qui a pour effet ou pour but de compromettre ou de détruire la reconnaissance, la jouissance ou l'exercice par les femmes, quel que soit leur état matrimonial, sur base de l'égalité de l'homme et de la femme, des droits de l'homme et des libertés fondamentales dans les domaines politique, économique, social, culturel et civil ou dans tout autre domaine (**Art.1^{er} Convention sur l'élimination de toutes formes de discrimination à l'égard des femmes**)

4 VISION TRADITIONNELLE SUR LA FEMME DANS LE GROUPEMENT DE BUGORHE

Traditionnellement, la femme a un rôle fixe et limité. Elle existe pour la procréation et cela étant, elle constitue un objet de plaisir. Elle est à la fois objet, le bœuf et la charrue qu'on utilise pour la production agricole. C'est la maternité qui lui accorde certaines valeurs et favorise non seulement son intégration dans le ménage mais également son épanouissement devenant du fait la grandeur du foyer.

C'est la même logique dans le groupement de Bugorhe où l'on accorde une grande valeur à la masculinité, la femme n'est femme que quand elle est féconde car elle va accroître la progéniture avec un accent particulier sur des garçons. Cette vision traditionnelle est à la fois anthropologique qui se justifierait par le fait que la progéniture male pérenniserait la continuité de la lignée. La structuration patriarcale des communautés installe confortablement l'indispensable masculinité et sur le plan de la politique, les personnes de sexe masculin assureraient non seulement la gestion de la communauté mais également la protection contre les agressions externes.

En cas de stérilité, la femme est assimilée à un monstre, un vaurien. La valeur de la femme est donc dépendante de la volonté divine ou ancestrale qui dispose selon les cultures et autres us. La femme est sujette à des obligations sociales dont la réalisation relève plus de la chance que de la participation individuelle. Une activité hors du foyer est contraire à la vision patriarcale qui veut que les affaires externes au domaine ménager soient une préoccupation exclusive de seuls hommes. Cette perception écarte la femme de participer aux séances différentes qui surviennent dans la communauté. Elle est interdite à siéger sous l'arbre à palabre, elle n'a ni droit à dire mot en présence de son mari comme le souligne un proverbe populaire « Poule ne chantera point en présence du coq ».

Il ressort de ce qui précède que le patrimoine culturel renferme des formes variées d'expressions traditionnelles dont les tabous et les interdits. C'est au cœur de toutes ces expressions que découlent les différentes violences perpétrées à l'encontre de la femme. Les interdits et tabous constituent des barrières érigées pour empêcher l'expression libre de la femme dans le groupement de Bugorhe.

4.1 LA FEMME DANS LA SOCIÉTÉ TRADITIONNELLE BASHI

La vision traditionnelle de la femme dans le groupement de Bugorhe ne s'écarte pas trop loin de ce qu'est la femme dans les traditions Bashi évoluant dans le groupement de Bugorhe.

Pour rappel, les Bashi constituent l'une des tribus de l'ethnie Bantou, qui peuplait le Bushi notamment en territoires de Walungu, Kalehe ainsi que Kabare où se trouve le groupement de Bugorhe. Les traditions ici se transmettent oralement et les pratiques ancestrales remontent de plusieurs années. Et la femme ici a une considération dérisoire, elle est beaucoup plus « chosifiée » à telle enseigne que sa valeur se confond souvent à celle d'une vache.

Elle représente la vache à la dot, d'où certains noms lors de naissance d'une fille : « NANKAFU » (celle des vaches), « ZIRAJE » (les vaches viennent), toutes ces expressions traditionnelles constituent des violences préconçues contre la dignité de la femme.

Dans les traditions Bashi on accorde aussi beaucoup de valeur à la masculinité dès sa naissance, la fille est discriminée, par rapport à son ensemble garçon, qui, lui jouit déjà au départ des certains privilèges. Si l'on revient aux dénominations dans cette catégorie du sexe (masculin), on s'empresse à attribuer même des noms aux garçons nés : « HERITIER », « PRINCE » ou carrément on lui colle le nom du père de la famille.

Comme nous venons de le relever ; la femme du Bushi en général, et celle de Bugorhe en particulier, subit des violences vraisemblablement préétablies avant sa naissance par des traditions et qui lui sont perpétrées presque toute sa vie.

Dans le groupement de Bugorhe, sans extrême exhaustives, nous avons pu constater que les violences perpétrées contre les femmes rattachées aux indices traditionnels nuisibles qui affectent négativement l'épanouissement socio-économique des ménages dans cette contrée, il y a entre autres : les violences domestiques, les violences sexuelles, les violences économiques, les diverses discriminations.

Grosso modo, les pratiques traditionnelles obsolètes observées dans les ménages en groupement de Bugorhe établissent que la femme est l'objet d'oppression par l'homme, son mari, elle travaille pour lui et sous ses ordres. Elle est à la fois objet de production et de reproduction que l'homme exploite à son gré. Elle est soumise à des multiples tâches quotidiennes qu'elle doit accomplir avec délicatesse afin de mériter l'estime de sa belle-famille et de surcroît de son mari qui attend d'elle des enfants parmi lesquels des garçons. Les poids des us et coutumes pèsent lourd sur ses épaules, il n'y a pas longtemps des interdits et autres tabous notamment d'ordre alimentaire et de succession était par elle un mythe, l'inégalité dans la répartition et l'exécution des activités, culte, l'accès à la scolarisation...

4.2 LA FEMME ACTUELLE FACE AUX TRADITIONS DANS LE GROUPEMENT DE BUGORHE

Quoiqu'il y ait encore beaucoup de chose à faire, il s'observe, quand même, une nette évolution vers le changement positif de comportements dans le chef de l'homme « Mushi », actuellement vis-à-vis de son semblable, la femme. Non

seulement cela est très visible dans les ménages de Bashi en milieu urbain, avec l'acculturation, mais aussi dans le groupement de BUGORHE en dépit de quelques tares traditionnelles persistantes.

L'accès à l'instruction ou mieux à l'éducation est aussi bien accordé aux garçons comme aux filles, donc ils jouissent dorénavant de la même égalité de chances quoique les filles y subissent quelques violences inhérentes à leur genre notamment lorsqu'il s'agit de torchonner la classe, ou autres petits travaux de vaisselles. Il ya même, une avancée significative car certains parents commencent à accorder des responsabilités de gestion de biens à leurs filles surtout lorsque les garçons manifestent des pratiques délinquantes.

Le degré de discrimination et de violence faite à la femme diminue de plus en plus car cette dernière bien qu'elle joue un rôle prépondérant dans la production des biens et des services, qu'elle assume d'ailleurs bien, elle se débat par la reproduction responsable malgré l'intransigeance de l'homme.

La femme de Bugorhe, très laborieuse, elle est un peu partout à la fois : au champ, au marché, à la cuisine, organise des restaurants, elle soigne des malades, instructrice, taxatrice ..., c'est devenue une femme de tout faire. C'est une véritable mère nourricière, providence et courageuse au sujet de laquelle BESTRY BROCK dit que « la femme domine les soucis des autres : son grand bonheur est de se dépenser pour ceux qu'elle aime, elle remplit avec succès diverses tâches et ses qualités sont particulièrement appréciées » (**BETSY BROCK, Education à la vie prénatale, éd. St Paul, Kinshasa, 1988, P.18**)

Dans cette perspective, la femme de Bugorhe s'inscrit dans la lignée de la convention relative à l'élimination de toutes formes d discrimination qui constituent des violences à l'égard des femmes adoptées par l'Assemblée Générale des Nations Unies dans sa résolution n°34/180 à son art.14 al2 stipule que « toutes les mesures appropriées pour éliminer les discriminations contre les femmes dans les zones rurales afin d'assurer, sur base de l'égalité de l'homme et de la femme, leur participation au développement rural et à ses avantages et, en particulier, ils leur assurent le droit (...) pour qu'elles participent pleinement au processus de développement dans leurs communautés sur base de l'égalité de l'homme et de la femme » (**Art. 14 al 2 de la Convention sur l'élimination de toutes formes de discrimination à l'égard des femmes**)

Cependant, comme nous l'avons précédemment esquissé, le parcours à rattraper dans le groupement de Bugorhe est encore long pour que la femme ait vraiment accès aux services adéquats dans tous les domaines afin de permettre l'égalité de chances sur le plan économique, qu'ils s'agissent du travail salarié ou indépendant.

Tous ces aspects ci-haut présentés se heurtent à des accords de pratiques traditionnelles dans le groupement de Bugorhe où la femme est trop loin de jouir de toutes ces dispositions de bonnes intentions en tant que tributaire des droits et devoirs envers la communauté et son ménage. L'homme usant de sa position renforcée par certains us même dépassés qui lui accorde la qualité de pilier central de la famille, il en abuse au détriment de la femme, contre la femme et parfois sous la passivité de celle-ci, qui se déconsidère.

Ces tares de pratiques obsolètes persistantes conduisent à considérer la femme comme inférieure ou mieux moins intelligente par rapport à l'homme, tous les travaux domestiques lui sont exclusivement presque réservés, la partialité dans la sélection en cas d'emploi, exclusion à l'héritage...,

5 CONCLUSION

Nous voici au terme de notre étude qui a porté sur la « violence à l'égard de la femme, une réalité face aux traditions bashi dans le groupement de bugorhe » et dont il nous revient pour le moment d'en esquisser les conclusions.

Dans la société traditionnelle Bashi, l'image ou la vision de la femme est toujours discriminatoire car, elle est considérée comme un être inférieur, « chosifiée » du reste car comparable à défaut à la valeur d'une vache et n'a pas pleinement droit à la parole ou encore à certaines libertés fondamentales. Ces violences à l'égard de la femme dans le groupement de Bugorhe émanent de certaines pratiques nuisibles puisées de la tradition Bashi. Et pourtant, la femme constitue un maillon essentiel dans le développement de nos communautés rurales et qu'il faille lui éviter toute violence qu'elle subisse car elle ne mérite pas cela. Un effort considérable doit être fourni pour faciliter la femme à évoluer dans les conditions requises dans les prestations en tant que mère, loin de considérer ici, le seul rôle reproductif, il faut aussi tenir compte du rôle social avec tous les rapports de la femme, ne pas la considérer comme bénéficiaire passive du développement mais comme actrice potentielle à l'instar de l'homme.

L'égalité des chances, offrant les opportunités à la femme d'exprimer ses talents, d'apporter sa contribution d'égale à égale, permettant sa participation à part égale avec l'homme pour le développement de communauté, cette démarche tient compte du rôle actif joué par la femme en protégeant le pouvoir avec l'homme dans toutes les sphères des activités de la vie

sur tous les plans : civil, politique, social, économique, culturel et environnemental. La lutte contre la pauvreté avec l'amélioration de la situation socio-économique, accès à l'emploi et aux ressources génératrices des revenus.

L'obtention du pouvoir, implication et représentation de la femme dans tous les organes formels ou informels de prise de décisions, lui accorder le droit à la parole et la participation active à la gestion de la chose publique. Il s'agit de briser totalement tout le mythe de discrimination ; des inégalités que l'on établit à tort sur la situation de la femme qui lui attire mauvais vent de toutes les violences qu'elle subit.

Ainsi, c'est à nous tous simples citoyens, organisations et gouvernements que revient cette tâche, d'œuvrer ensemble pour dire haut et fort, au niveau le plus élevé, que la violence, qu'elles qu'en soient la forme et les circonstances, ne sera plus tolérée. Il nous faudra alors des politiques économico-sociales qui favorisent l'émancipation de la femme tant au niveau national qu'international.

De ce fait, pour bien juguler ces inégalités et violences exercées à l'égard de la femme, nous suggérons :

- A l'Etat de prendre ses responsabilités pour protéger les femmes victimes des plusieurs abus et inégalités dans le groupement de Bugorhe ;
- Aux activistes des droits de l'homme, de renforcer la promotion et la participation de la femme dans les actions de développement dans le groupement de Bugorhe pour une représentativité équitable dans les organes décisionnels.

REMERCIEMENTS

Merci et bravo à tous les promoteurs et protecteurs des droits de la femme congolaise en général et celle de Bugorhe en particulier qui travaillent avec acharnement pour défendre les droits de ces marginalisées et chosifiées afin de mettre fin au système « dominant-dominé » qui émaillait la société traditionnelle de Bashi. Leur activité est le support de ce travail et par leur disponibilité, ils l'ont rendu possible.

REFERENCES

- [1] Déclaration Universelle des Droits de l'Homme, adoptée et proclamée par l'Assemblée Générale dans sa résolution 217(III) du 10 décembre 1948, Bulletin Officiel 194.
- [2] La charte Africaine des droits de l'Homme et des peuples (Nairobi, juillet 1981), ratifiée par RDC le 20 juillet 1987, et publié au J.O, numéro spécial de septembre 1998.
- [3] Pacte International relatif aux Droits Civils et Politiques (New York) : adopté et ouvert à la signature, à la ratification et à l'adhésion par l'Assemblée Générale dans la résolution 2200 A(XXI) du 16 déc.1966, entrée en vigueur : le 23 mars 1976, conformément aux dispositions de l'art.49, ratifié par la RD. Congo le 1^{er} nov.1976, et publié au J.O numéro spécial du 9 avril 1999.
- [4] Pacte International relatif aux Droits Economiques, Sociaux et Culturels : adopté et ouvert à la signature, à la ratification et à l'adhésion par l'Assemblée Générale dans la résolution 2200 A(XXI) du 16 déc.1966, entrée en vigueur : le 3 mars 1976, conformément aux dispositions de l'art.27, ratifié par la RD. Congo le 1^{er} nov.1976.
- [5] La constitution de la RDC, du 18 fév.2006, publiée au J.O, 47^{ème} année, n° spécial 2006.
- [6] Statut de carrière de la fonction publique en RDC, du 17 juillet 1981.
- [7] BETSY BROCK ; Education à la vie prénatale, éd. St Paul, Kinshasa, 1988.
- [8] BODIQUEL B., Le rural en question, éd. L'Harmattan, Paris, 1986.
- [9] MERTUS J., Learning about the human Right of Women and girls, UNIFEM, New York, 1993.
- [10] NIGELS R., Can armed opposition groups violate Human rights, éd. Martinus, Amsterdam, 1993.
- [11] WIDNEY Brown, Program Human right watch, Londres, 2010.

الاعتبارات التصميمية للتحكم في وصول أشعة الشمس في العمارة الخارجية و الداخلية: دراسة تطبيقية لتفادي نقص فيتامين (د) في المسكن الصحي

[Design Considerations that Control Sunlight Access in Exterior and Interior Architecture: An applied study to avoid deficiency of vitamin D in healthy buildings]

د. عبير عبدالعزيز العواد¹، د. إيمان إبراهيم بدر¹، أ.د. رضا بهي الدين¹، د. أيمن عبدالعزيز الضراب²، د. نجاة مليباري³

¹أستاذ مساعد، قسم الإسكان- تصميم داخلي وأثاث، كلية الاقتصاد المنزلي، جامعة الملك عبدالعزيز، جدة

²أستاذ مشارك، قسم استعاضة الفم والوجه والفكين، كلية طب الأسنان، جامعة الملك عبدالعزيز، جدة

³أستاذ مساعد، قسم الإسكان- إدارة السكن والمؤسسات، كلية الاقتصاد المنزلي، جامعة الملك عبدالعزيز، جدة

Abeer Alawad¹, Eman Badr¹, Reda Bahy-Eldin¹, Ayman Al-dharrab², Najat Malibari³

¹Department of Housing, Interior design and furniture, Faculty of Home Economics,
King Abdulaziz University, Jeddah, Saudi Arabia

²Department of Oral and Maxillofacial Prosthodontics, Faculty of Dentistry,
King Abdulaziz University, Jeddah, Kingdom of Arabia

³Department of Housing, Hosing and home management, Faculty of Home Economics,
King Abdulaziz University, Jeddah, Saudi Arabia

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

ABSTRACT: The aim of this research was to examine the design considerations needed to control the access of sunlight in exterior and interior architecture that ensure healthy buildings to avoid deficiency of Vitamin D. The study was conducted in the city of Jeddah, Saudi Arabia through field visits to one hundred and fifty residential buildings for the purpose of measuring the extent of their application considerations in external and internal design. The external considerations usually were imposed on the users and this made them difficult to modify, whilst interior design was shared between the thoughts and experience of designer and the needs and desires of the users.

The research question was: What is the extent of design considerations in residential buildings to ensure sufficient sunlight access inside the house? It was found from the results that there are shortcomings in the application of considerations concerning external design, which is the architect and designer's responsibility, such as the direction of the building, setback, landscaping, window size, direction and height of the building. In terms of internal design, considerations included distribution of spatial activities, functional methods and design of systems and technology. A lot of users failed to utilize this design to their advantage to ensure deficiency of Vitamin D inside the house in order to maintain their health as well as to maintain their culture and privacy.

KEYWORDS: Vitamin D, Public Health, Interior Architecture, external architecture, interior design, design process.

ملخص البحث: يهدف هذا البحث إلى معرفة مدى تطبيق المساكن للاعتبارات التصميمية للتحكم في وصول أشعة الشمس لعناصر العمارة الخارجية والمحتويات الفراغية الداخلية للحصول على مسكن صحي لتفادي نقص فيتامين (د). وقد تمت الدراسة في مدينة جدة بالمملكة العربية السعودية من خلال القيام بزيارات ميدانية

إلى مائة وخمسين مبنى سكني بغرض قياس مدى تطبيقها للاعتبارات التصميمية الخارجية والداخلية حيث تتمثل الاعتبارات التصميمية الخارجية بالتصميم المعماري والذي يدخل في نطاق يكاد يكون مفروض على المستخدم ويصعب معه التعديلات الجوهرية ، بينما تمثل الاعتبارات التصميمية الداخلية تشكيل بيئة التصميم الداخلي والتي يتشارك فيها المصمم بفكره وخبرته والمستخدم باحتياجاته ورغباته.

ويطرح البحث التساؤل التالي : ما مدى تطبيق الاعتبارات التصميمية في المباني السكنية للتحكم في وصول أشعة الشمس داخل المسكن بما يسمح من تحقيق الاستفادة المثلى من الجانب الإيجابي لها؟ وقد تبين من نتائج البحث الحالي أن هناك قصور في تفعيل الاعتبارات التصميمية الخارجية والتي تقع على عاتق المعماري والمصمم مثل اتجاه المبنى، الارتداد، التشجير، مساحات النوافذ واتجاهها و ارتفاعها، والتصميم المعماري للمبنى - أما من ناحية الاعتبارات التصميمية الداخلية وأساليب توزيع الأنشطة الفراغية الوظيفية وما يتبعها من النظم التصميمية والتقنية. فقد أخفق الكثير من المستخدمين في استغلالها لصالحهم للاستفادة من أشعة الشمس الكافية لتأمين فيتامين (د) داخل المنزل وذلك بهدف المحافظة على صحتهم بالإضافة إلى المحافظة عاداتهم وتقاليدهم والمتمثلة في خصوصيتهم.

الكلمات المفتاحية: فيتامين د، الصحة العامة، العمارة الداخلية، العمارة الخارجية، التصميم الداخلي، المعالجات التصميمية.

مقدمة البحث:

رغم التقدم الكبير في مجال الطب في عصرنا الحالي إلا أن نقص فيتامين (د) يعتبر مشكلة صحية عالمية وقد تم تصنيفه كمرض وبائي لخطورته. ويعود السبب الرئيسي في نقص فيتامين (د) لعدم تقدير الناس أن التعرض لأشعة الشمس بالوجه الأمثل يسبب نقص في فيتامين (د) (Holick, Alsuwaida et al., 2013; 2008).

تعد المملكة العربية السعودية واحدة من الدول المشمسة في العالم والتعرض لأشعة الشمس قد يكفي للحفاظ على المستوى المناسب من فيتامين (د) في الجسم، ومع ذلك فإن نقص فيتامين (د) في المملكة العربية السعودية أخذ في الارتفاع بشكل غير متوقع في جميع الفئات العمرية (Alsuwaida et Al-Saleh et al., 2015; Sadat et al., al, 2009; al., 2013). وقد ساهمت عدة عوامل في نقص فيتامين (د) بين سكان المملكة العربية السعودية بسبب تفادي السكان درجة الحرارة العالية والبقاء معظم أوقاتهم داخل الأماكن المغلقة وخاصة النساء (Alsuwaida et al., 2013) حيث أن البعض من النساء ربات منازل إلى جانب ارتداء النساء الحجاب الإسلامي المتمثل في الملابس الطويلة الساترة التي تغطي كامل الجسم مما يحد من الاستفادة من أشعة الشمس المباشرة إضافة إلى وجود الزجاج العازل بالسيارات وتجنب المشي لشدة الحرارة. مما أدى إلى ضرورة مراعاة توفير أشعة الشمس داخل المباني وذلك للحفاظ على خصوصية المجتمع وعاداته وتقاليده.

وتعد علوم العمارة والتصميم الداخلي من العلوم التي يمكن أن تتكامل مع العلوم الطبية في وضع الحلول والمعايير التصميمية للبيئات المعمارية المختلفة بما يتفق والاعتبارات الإنسانية والاحتياجات الصحية في المحتويات الفراغية بتنوع أنشطتها الوظيفية وتنوع مستخدميها بمختلف الأعمار والفئات - وتأتي تلك الحلول التصميمية مواكبة للتوجهات العالمية للعمارة الخضراء في ظل تفعيل مفاهيم الاستدامة والخامات صديقة البيئة.

مشكلة البحث:

- تعتبر المملكة العربية السعودية من أكبر الدول المشمسة في العالم وعلى الرغم من ذلك يعاني كثير من سكانها حسب الدراسات من نقص فيتامين (د) على الرغم من أن المصدر الأساسي له أشعة شمس.
- افتقار التصميم المعماري للمساكن بالمملكة إلى تفعيل منظومة التحكم في نفاذية أشعة الشمس الصحية مما يتسبب في عدم استفادة جسم الإنسان منها و تكوين فيتامين (د).
- قلة الدراسات المتخصصة في نظم التحكم البيئي لتصميم المسكن الصحي بما يتناسب مع الاستفادة من أشعة الشمس الصحية لتكوين فيتامين (د) ومراعاة الخصوصية.

أهداف البحث:

1. التعرف على مدى أهمية فيتامين (د) على صحة الإنسان.
2. التعرف على دور أشعة الشمس في تكوين فيتامين (د).
3. توضيح أساليب ضبط منظومة التحكم في أشعة الشمس الصحية داخل المساكن بهدف تحسين الحالة الصحية للمستخدم بتكوين فيتامين (د).

أهمية البحث:

- يحقق البحث نمط من أنماط الدراسات التكاملية بين العلوم الطبية وعلوم التصميم بهدف خدمة المجتمع ورفع كفاءة البيئات الإنسانية و تشكيل الوعي الصحي بما يتناسب مع التوجهات العالمية ويحترم ثقافة المجتمع وتقاليده وعاداته .
- توفر نتائج الدراسة الحالية المجال أمام إجراء مزيد من الدراسات حول سبل تحقيق الاستفادة من أشعة الشمس الصحية للتخلص من نقص فيتامين (د) من أجل صحة العظام والأسنان والصحة بشكل عام.
- وضع منظومة من الاعتبارات التصميمية من شأنها التحكم في أشعة الشمس داخل المسكن وذلك للفت نظر المعماري والمصمم وكذلك المستخدم.

منهج البحث:

أعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي وذلك من خلال زيارة المباني السكنية وتحليل مجموعة من الاعتبارات التصميمية للتحكم في وصول أشعة الشمس داخل المبنى للحصول على مسكن صحي وتفايدي نقص فيتامين (د).

الحدود الزمنية: تم عمل البحث في الفترة من فبراير 2015م وحتى يناير 2016م. أما الحدود المكانية: اقتصر البحث على محافظة جدة بالمملكة العربية السعودية ولم تشمل جميع المحافظات.

عينة البحث

تم اختيار عينة عشوائية من المباني السكنية في مدينة جدة وهي عبارة عن مائة وخمسون مبنى سكني مأهولة بالسكان. وقد تم اختيار المساكن على طبقاً للمعايير التالية:

- أن تكون مأهولة بالسكان حيث لابد من قياس الاعتبارات الخارجية والداخلية.
- يكون الارتداد حوله من ثلاثة اتجاهات على الأقل لضمان وصول أشعة الشمس.
- فيلا سكنية متعددة الطوابق لمقارنة توزيع الفتحات في الطوابق المختلفة.
- أن لا يزيد عمر المبنى عن عشر سنوات لفرصة تطبيق المعايير الحديثة.
- الحصول على موافقة ساكني المبنى لشموله بالدراسة.

وقد تم شرح فكرة البحث وأخذ الموافقة من قبل ساكني هذه المباني لزيارتها و تصوير بعض الأماكن بالمبنى لغرض الدراسة بعد تحديد المواعيد اللازمة لذلك.

المحاور الاساسية للبحث:



أولاً: المحور النظري:

- التعرف على فيتامين (د) وذلك عن طريق (مفهومه، المشاكل الصحية، العوامل المؤثرة فيه، ومدى احتياج جسم الإنسان).
- طبيعة الإشعاع الشمسي.
- الاعتبارات التصميمية الخارجية والداخلية.

ثانياً: المحور العملي (التصميم):

دراسة الاعتبارات التصميمية الخارجية والداخلية والتي ترتبط بمنظومة التحكم في أشعة الشمس الصحية داخل المساكن بهدف تحسين الحالة الصحية للمستخدم بتكوين فيتامين (د) وهي كالتالي:

- المحور الأول: ويختص بالاعتبارات التصميمية الخارجية:
 - اتجاه المبنى.
 - الارتداد.
 - التشجير.
 - الفتحات: الاتجاه، المساحة والارتفاع.
 - التصميم المعماري للمبنى.
- المحور الثاني: ويختص بالاعتبارات التصميمية الداخلية:
 - أساليب توزيع الأنشطة الفراغية والوظيفية وما يتبعها من النظم التصميمية والتقنية.

ثالثاً المحور التطبيقي (دراسات الحالة)

دراسة قياس مدى تطبيق وتفعيل الاعتبارات التصميمية اللازمة للاستفادة من أشعة الشمس الصحية في التصميم الخارجي والداخلي في مائة وخمسون مبنى سكني مأهولة بالسكان بمدينة جدة

مصطلحات البحث:

الاعتبارات التصميمية: تمثل الأسس والأساليب العلمية لتطبيق منظومة متكاملة معيارية القياس تعمل على تفعيل المعايير الجمالية والوظيفية و الإنسانية في البيئات الداخلية للمنشآت.

المحور النظري:

1. فيتامين (د)

فيتامين (د) (Vitamin D) هو من الفيتامينات الهامة لصحة الإنسان ويعرف باسم فيتامين أشعة الشمس (Holick, 2011; Wacker & Holick, 2013). حيث أن المصدر الرئيسي له أشعة الشمس وكذلك يمكن الحصول عليه عن طريق بعض الأطعمة والمكملات لفيتامين (د) (Holick, 2011; Alshahrani et al., 2013).

ويتكون في الجسم عندما يتعرض الجلد إلى أشعة الشمس والتي تحتوي على الأشعة فوق البنفسجية ب (Ultraviolet B) وتدخل إلى البشرة والأدمة ويتم امتصاصها بواسطة 7-ديهيدروكوليستيرول (7-dehydrocholesterol) والتي يتم تحويلها إلى فيتامين D3 (Holick, 2011) وبمجرد تكونه من أشعة الشمس أو الحصول عليه عن طريق الأغذية الغنية به يتحول إلى الكبد والكلية لتنشيطه بيولوجيا بشكل 1.25 ثنائي هيدروكسي (د) ويتفاعل مع المستقبلات في الأمعاء الدقيقة لزيادة كفاءة الكالسيوم في الأمعاء وامتصاص الفسفور من أجل المحافظة على الهيكل العظمي (Holick, 2011).

ويعتبر نقص فيتامين (د) من المشكلات الصحية العالمية و تم الاعتراف على أنه مرض وبائي (Holick, 2008). وقد وضع وكر وهوليك أن نقص فيتامين (د) يتسبب بهشاشة العظام، والتهاب المفاصل، وأمراض القلب (Wacker & Holick, 2013) وكذلك نقصه قد يساهم في تطور أمراض السرطان (Wacker & Holick, 2013; Grant, 2001; Holick, 2013)، أوضح هيز وآخرون أن نقصه يسبب تصلب العصبي المتعدد (Hayes et al., 1997)، وكذلك أمراض السكري (Wacker & Holick, 2013).

كما أظهرت العديد من الأبحاث الحديثة وجود علاقة وثيقة بين فيتامين (د) وصحة اللثة والأنسجة المحيطة بالأسنان وكذلك الحفاظ على صحة الأسنان (Schroth et al, 2013; Stein & Tipton, 2011; Garcia et al., 2011). كما أن نقص فيتامين (د) يمكن أن يؤدي إلى السمنة، وارتفاع ضغط الدم، والاكتئاب (Naeem, 2010) وأيضا بعض أعراض التعب والإرهاق والأم العظام (Naeem et al, Ali et al., 2012) والعديد من الأمراض الأخرى. (2011; Naeem et al, 2010; Dong et., al., 2013).

ويتأثر تكوين فيتامين (د) بعدة عوامل مثل الموسم، الوقت، وخطوط العرض والارتفاع (Wacker & Holick, 2013; Grant, 2002). وكذلك تلوث الهواء وتصيب الجلد واستخدام واقي الشمس والحواس كالجهاز والبلاستيك بالإضافة إلى عمر الإنسان (Wacker & Holick, 2013; Naeem 2010; Mead, 2008; Grant, 2002). نوع الملابس ومساحة الجلد المعرضة لأشعة الشمس (Yousef et al, 2014; Naeem, 2010; Elsammak, 2010). و زيادة الوزن (Yousef et al, 2014; Naeem, 2010).

ويجب أن يتعرض الإنسان إلى أشعة الشمس كل يوم حتى يتمكن جسمه من تصنيع الكمية المطلوبة من فيتامين (د) للجسم. ولكن بعض الناس تتجنب التعرض لأشعة الشمس خوفاً من الإصابة بسرطان الجلد. وقد أوضح نعيم أنه ينبغي للمرء أن يتعرض لأشعة الشمس المناسبة بدون عوايق من 15-20 دقيقة يوميا (Naeem, 2010) أما الباحث ميد فقد ذكر في دراسته الفرق بين الوقت للتعرض لأشعة الشمس بين البشرة البيضاء والسوداء حيث أن الوقت المناسب للتعرض لأشعة الشمس من 3-15 دقائق للبشرة البيضاء و 15-30 دقيقة للبشرة السوداء (Mead, 2008) وقد أوضح نعيم وميد أنه على الأقل يجب تعريض 40% من سطح الجلد لأشعة الشمس (Naeem, 2010; Mead, 2008). وكلما اتسعت مساحة سطح الجلد المعرضة لأشعة الشمس كلما كان الوقت اللازم أقصر والاستفادة أكثر ولكن لا بد من أخذ الحذر من المكوث تحت أشعة الشمس أكثر من اللازم لتفادي بعض أنواع سرطانات الجلد (Naeem, 2010). عند تعرض الجلد إلى أشعة الشمس يتم تأمين ما بين 50-90% من فيتامين (د)، والباقي يتم تأمينه عن طريق النظام الغذائي (Naeem, 2010). ويعد المستوى الأمثل لفيتامين (د) بجسم الإنسان لا يزال مثيراً للجدل ولكن الأدلة الحالية وآراء الخبراء تشير إلى أن المصل الأمثل 25-هيدروكسي فيتامين (د) يجب أن لا يقل عن (50 nmol/liter) (20 ng/ml) لجميع الأفراد (Roos et al., 2011; Naeem et al., ; Roux et al, 2008).

كما أن أغلب النساء يحاولن تجنب أشعة الشمس بقدر الإمكان أو استخدام واقي الشمس الأمر الذي يقلل من تكون فيتامين (د) بالجلد (Al-Saleh, 2015; Yousef et al, 2014). وبالإضافة إلى نوعية الملابس المستخدمة في منطقة الخليج العربي ومنها المملكة العربية السعودية تقلل من تعرض جسم الإنسان إلى الشمس مما يسبب نقص فيتامين (د) (Yousef et al, 2014). وكذلك العباءة حيث أن النساء في السعودية يرتدين العباءة / الحجاب مما يؤدي إلى تقليل فرصة تعرضهم لأشعة الشمس وهم أكثر الفئات المعرضة لنقص فيتامين (د) (Alsuwaida et al, 2013; Ali et al, 2012; Naeem et al, 2011).

ولتميز المملكة العربية السعودية بشدة حرارة الأجواء حيث لا يستطيع الإنسان المكوث في الخارج لطروف الطقس لذا فإن توفير محتويات فراغية على أسس تصميمية علمية يعد أفضل طريقة لتأمين مكان مريح يسمح للأشخاص بتعرض أجسامهم لأشعة الشمس المناسبة والكافية وكذلك المحافظة على الخصوصية وخصوصاً النساء وذلك حسب العادات والتقاليد. لقد قامت الدراسة في مدينة جدة وهي من المدن الساحلية المشمسة مع ارتفاع في درجة الحرارة نسبياً، وأن الخروج في الهواء الطلق نادر جداً رغم وجود الساحل حيث أن الخروج إلى الساحل يكون مع غروب الشمس لتفادي الحرارة ولارتباط الناس بالأعمال.

المحور العملي:

2. طبيعة الإشعاع الشمسي:

الإشعاع الشمسي يمثل جزء من الأشعة الكهرومغناطيسية تقع ضمن الطيف الكهرومغناطيسي Electromagnetic spectrum وتتميز بأنها موجات مرئية ولها تردد (α) وطول موجة (γ) وتتركز العين الطيف ما بين 4.000 انجسترم ، والذي يمثل اللون البنفسجي إلى 7.000 انجسترم ويمثل اللون الأحمر (Zumtobel, 2013) ، يشمل الضوء المرئي (47%) والأشعة فوق البنفسجية (3%) والأشعة تحت الحمراء (50%) ، والطيف الكهرومغناطيسي يمثل شكلاً عاماً لكل أنواع الإشعاعات المعروفة حتى الآن مرتبة حسب تردداتها وأطوال موجاتها (بدر، 2015) وترتبط بين هاتين القيمتين العلاقة:

$$\text{التردد} \times \text{طول الموجة} = \text{سرعة الضوء}$$

3. الاعتبارات التصميمية للاستفادة من أشعة الشمس المباشرة:

1.1. الاعتبارات التصميمية الخارجية:

1- التوجيه:

هناك ضرورة ملحة لدراسة توجيه الموقع المقترح لإقامة مسكن صحي حيث أن أفضل توجيه هو ناحية الجنوب ، حيث أن حوائط المسكن تكتسب تقريبا نفس كمية الإشعاع الشمسي التي تكتسبها الحوائط الجنوبية في حال تم توجيهها حتى 30° باتجاه الجنوب الغربي أو الجنوب الشرقي. ويعتمد التوجيه النموذجي للبناء على موقع البناء من حيث خطوط العرض. بإمكان المصمم لمعرفة التوجيه الشكل و المثالي عن طريق معرفة الكميات النسبية من الطاقة الشمسية التي تضرب الواجهات المختلفة (علي، 2009).

2 – الارتداد:

الارتداد هو المناطق المحصورة بين حد الملكية وخط البناء لذا يجب وجود مسافات كافية حول المسكن وترك الارتداد الكافي وهناك أنواع للارتدادات منها الأمامي المطل على الشارع والارتداد الجانبي والخلفي والذي يطل على الجوار سواء مبنى سكني أو ممر أو حديقة أو قطعة أرض (أمانة جدة، 2005) لذا لابد أن يكون هناك ارتداد كافٍ لحفظ الخصوصية وخاصة إذا كان هناك مبنى مجاور حتى لا يكون المسكن في ظل المباني الأخرى أو في ظل الأشجار الكثيفة على سبيل المثال مما يقلل من فعالية النظام الشمسي نتيجة لنقص الإشعاع الشمسي المكتسب.

3- التشجير:

يساعد اختيار التشجير المناسب على تنظيم دخول الأشعة الشمسية داخل المسكن بشكل جيد وصحي حيث أن الأشجار الكثيفة حول المبنى من الممكن أن تحجب أشعة الشمس فعلى سبيل المثال فالأشجار المتساقطة الأوراق في الشتاء من الناحية الجنوبية هي اختيار مناسب للسماح بنفاذ أشعة الشمس شتاء والاستفادة منها للتضليل صيفا (أبانمي، 2010).

4- الفتحات:

لابد من مراعاة اتجاه ومساحة وارتفاع النوافذ في المباني والخامات المستخدمة بحيث تسمح بدخول أشعة الشمس مع الاحتفاظ في درجة حرارة المبنى وكذلك المعالجات التصميمية للفتحات للتحكم بأشعة الشمس. منها كاسرات الشمس الخارجية بفضل استخدامها في التظليل مع السماح لضوء الشمس بالدخول للفراغ الداخلي بشكل أكثر فاعلية من وسائل التظليل الداخلية (السقاف، 2009). ولكن يفضل استخدام الكاسرات المتحركة، حيث تتغير زوايا الشمس بسرعة في الشرق والجنوب الشرقي كذلك في الغرب والجنوب الغربي. أو التحكم بوصول أشعة الشمس مباشرة في حالة الحاجة لها. وكما سبق أن الزجاج من الممكن أن يدخل أشعة الضوء ولكن لايتشكل فيتامين (د) إلا عن طريق الضوء المباشر.

5- التصميم المعماري للمبنى:

أن التصميم المعماري للمبنى له أهمية كبيرة في دخول أشعة الشمس إلى المبنى كتصميم المبنى على شكل حرف (L) حيث يزيد من فرصة وصول أشعة الشمس إلى أكثر من فراغ داخل المبنى وذلك نتيجة تعرض المبنى لأشعة الشمس على مساحة أكبر (سعيد و علي، 2010). وتعد الرواشين من أهم العناصر التي يتميز بها الطابع المعماري في المنطقة الغربية بالملكة العربية السعودية، ويعد من أهم عناصر العمارة التقليدية التي تنظم دخول الأشعة الشمسية داخل الفراغات بالدرجة المناسبة من خلال الإيقاع المتباين بين المفتوح والمغلق في المساحات التشكيلية بين العناصر الخشبية، كما أنها توفر إمكانية كبيرة للخصوصية العائلية، ويمكن فتح أجزاء صغيرة من الروشان مما يسمح بالتحكم في كمية الأشعة النافذة للفراغ الداخلي أثناء النهار (الصفدي، 2007) وكذلك مع التقدم التكنولوجي أصبح من الممكن عمل البلكونات الخارجية وتكسيته بالمواد التجميلية الحديثة مثل الحديد والستانلس ستيل والخرسانة المسلحة بالألياف الزجاجية وغيرها من المواد مما يسمح لدخول أشعة الشمس وكذلك الاحتفاظ بخصوصية المستخدم.

ضرورة وجود الفناء الداخلي إذا أمكن ذلك في المساكن الكبيرة حيث يعد الفناء هو المساحة المفتوحة المحاطة بحوائط تقع داخل المبنى وتطل عليها بعض نوافذ الفراغات، ويستخدم كعنصر معماري في تصميم المبنى للسماح لأشعة الشمس بالنفاذ بكمية مناسبة داخل الفراغات الداخلية المختلفة بالمسكن وكذلك لتلطيف درجة الحرارة داخل الفراغات وإضاءةها وتهويتها (الحزمي، 2009؛ السقاف، 2009) وذلك كما هو معمول به في التصاميم المعمارية لوزارة التعليم سابقاً.

2.3.2 الاعتبارات التصميمية الداخلية:

يسهم المسكن في تحقيق حياة صحية لمستخدميه إذا وضعت له منظومة تصميمية سليمة – وقد عرفت منظمة الصحة العالمية المسكن الصحي بأنه المسكن الذي يوفر للإنسان الراحة الجسدية والنفسية ويحقق احتياجاته من الخصوصية أثناء تأدية الأنشطة الوظيفية المختلفة – ويمكن تصنيف المساكن الصحية إلى نمطين:

- المسكن الصحي السلبي: هو الذي تتسبب عناصره الداخلية في تأثيرات سلبية على صحة المستخدم مثل وضع غرف الجلوس وغرف النوم بعيدة عن وصول أشعة الشمس ومثل ارتفاع واختلاف مقاس عتبات السلالم وغيرها من العناصر السلبية.
- المسكن الصحي الإيجابي: هو الذي تؤثر عناصره الداخلية تأثيراً إيجابياً على صحة مستخدميه وتحسن من صحتهم العضوية والنفسية وتعد أشعة الشمس من أهم الاحتياجات العضوية (سعيد و علي، 2010).

وتتمثل الاعتبارات الداخلية لصياغة عناصر التصميم الداخلي منظومة متكاملة معيارية القياس تعمل على تفعيل المعايير الصحية والإنسانية في البيئات الداخلية للمنشآت السكنية في سبيل الاستفادة القصوى من أشعة الشمس الطبيعية بتأمين فيتامين (د) لمستخدمي المحتويات الفراغية وبما يحقق بشكل متكامل الحد من أضرار أشعة الشمس المباشرة، تضم المنظومة المعالجات التصميمية وأساليب توزيع الأنشطة الفراغية ومايتبعها من النظم التصميمية والتقنية لاختيار الخامات ذات المعاملات الإشعاعية المناسبة والصحية.

- المعالجات التصميمية بالمسكن الصحي.

- المحددات التصميمية لتوزيع الأنشطة الوظيفية الداخلية بالمسكن الصحي.

- المعايير التصميمية والتقنية لمنظومة خامات التصميم الداخلي بالمسكن الصحي.

1.2.3 المعالجات التصميمية بالمسكن الصحي :

ترتبط صياغة المعالجات التصميمية على أساليب الاستجابة للمتغيرات المناخية لزوايا أشعة الشمس وحدتها على مدار العام وهو ما يتداخل وظيفياً وشكلياً مع الناتج المعماري ككل، وعند صياغة تلك المعالجات يجب أن يراعي المصمم الموازنة بين التحكم في المحتوى الحراري المتولد عن الأشعة داخل الفراغات وبين الاستفادة القصوى من أشعة الشمس التي تعمل على الامتصاص الأمثل لفيتامين (د) للمستخدمين - وهو ما يؤدي ضمناً إلى رفع أدائية المبنى، كما أن مستوى تحقيق كل معالجة قد يختلف من فراغ إلى آخر، وهذا التنوع في طبيعة المعالجات التصميمية يحتاج من المصمم والمستخدم الخبرة والوعي الكافي لأسلوب التعامل والموازنة في توظيف هذه المعالجات خلال العملية التصميمية.

و تعتمد المعالجات التصميمية في مستويات التصميم الداخلي المختلفة على مراعاة عدة اعتبارات في صياغة المنظومة الشكلية والوظيفية للمستويات الأفقية والراسية بما يسمح بالاستفادة القصوى من أشعة الشمس النافذة إلى المحتويات الفراغية (الزعراني وفكري، 2006).

2.2.3 المحددات التصميمية لتوزيع الأنشطة الوظيفية الداخلية:

يرتبط التصميم الداخلي الجيد بمدى إمكانية توفير أشعة الشمس بشكل صحي وسليم داخل المنشآت السكنية في فصول السنة المختلفة، وهناك اعتبارات تصميمية داخلية للمباني السكنية تساعد على الاستفادة القصوى من أشعة الشمس داخل المحتويات الفراغية فهناك حاجة إلى ضرورة وضع أسس صحيحة لتوزيع الأنشطة الداخلية ومساحتها بالمسكن الصحي بالمملكة بطريقة تتفاعل مع اتجاه الأشعة الشمسية واتجاه المبنى مع حركة الشمس خلال أوقات النهار المختلفة، حيث تأخذ المباني في المملكة التوجه ناحية الجنوب لزيادة التعرض للواجهات للأشعة الشمسية في فصل الشتاء وكذلك تكون أقل في فصل الصيف للتقليل من الأحمال الحرارية التي تسببها الأشعة تحت الحمراء المكونة للأشعة الشمسية والمسؤولة عن الإحساس بالحرارة داخل الفراغ، ولذلك يتم تحديد الأنشطة كالتالي:

- ينبغي أن تكون بجهة الشمال جميع البيئات التي لا تحتاج إلى أشعة شمسية أو اضاءة مباشرة، مثل الدرج، الممرات، والفراغات الخدمية داخل المسكن
- الأنشطة الداخلية التي تحتاج إلى أشعة الشمس وضوء النهار ينبغي أن تكون في الواجهة الجنوبية وهي الأكثر تعرضاً لأشعة الشمس خلال فصول السنة وعلى الأخص فصل الشتاء، ولذلك يتم توزيع غرف المعيشة والاستقبال في هذه الجهة.
- يتم توزيع غرف النوم بحيث تكون مواجهة إلى جنوب شرق أو جنوب غرب، وذلك حتى تتعرض لأشعة الشمس ولكن بنسبة أقل من الجهة الجنوبية نظراً لقلّة الفترات التي يتواجد بها ساكني المنزل في غرف النوم أثناء فترات النهار.
- يتم توزيع الفراغ الوظيفي للمطبخ إلى جهة الشرق لأن الشمس أقل حرارة في الصباح (سليم، 2001).

3.2.3 المعايير التصميمية والتقنية لمنظومة خامات التصميم الداخلي بالمسكن الصحي:

تعد منظومة الخامات في التصميم الداخلي المحور الأساسي في ترجمة مدى ايجابية التصميم وصدافته وارتباطه العضوي بالبيئة وبالنسيج العمراني المرتبط بالمحتوى المناخي لكل منطقة، وفي حال السعي للاستفادة من أشعة الشمس الصحية فإن الاستراتيجية التصميمية لاختيار الخامات تعتمد على مجموعة من الأبعاد الوظيفية والأدائية للمحتويات الفراغية طبقاً لاختلاف موقع الفراغ بالنسبة للمبنى وبالنسبة لاتجاه أشعة الشمس حيث ترتبط الخامات بمدى الثبات الفيزيائي والكيميائي لها أمام مواجهة أشعة الشمس وارتفاع درجات الحرارة وفي نفس الوقت قدرتها على نفاذية الأشعة المفيدة داخل فراغات المسكن.

الدراسات السابقة:

الشهراني وآخرون قاموا بدراسة تهدف إلى تحديد الوقت الأمثل للتعرض لأشعة الشمس في المنطقة الوسطى- الرياض، في المملكة العربية السعودية وذلك عن طريق تعرض أوعية تحتوي على 7 دي هيدروكوليستيرول (7-dehydrocholesterol) في الإيثانول (Ethanol) لأشعة الشمس كل ساعة ابتداءً من شروق الشمس وحتى غروبها وذلك في شهر يوليو تموز و كانون الأول (July & December). وقد أظهرت نتائج الدراسة أن الوقت المناسب للتعرض لأشعة الشمس مهم في إنتاج فيتامين (د). و بعد الوقت الأمثل للتعرض لأشعة الشمس في الرياض في فترة الصيف من الساعة 9:00 صباحاً وقبل الساعة 10:30 صباحاً وكذلك من الساعة 2:00 مساءً وحتى الساعة 3:00 مساءً. وخلال فترة الشتاء من 10:00 الساعة صباحاً وحتى 2:00 مساءً وتعدّ هذه الأوقات مهمة للصحة العامة حيث أن الأشعة آمنة وأكثر متعة وهذه الاستراتيجية تعتبر وسيلة فعالة للغاية للمحافظة على المستويات المطلوبة لفيتامين (د) بالجسم وهي مهمة للأطفال والكبار وكذلك للوقاية من نقص فيتامين (د) (Alshahrani et al, 2013).

سكروث وآخرون قاموا بدراسة تهدف إلى تحديد العلاقة بين فيتامين (د) والتسوس الشديد للأسنان في مرحلة الطفولة المبكرة وقد قامت الدراسة في مدينة مدنية وينبيغ، مانيتوبا بأحد المراكز الصحية المحلية بكندا وذلك بين عامي 2009 و 2011م لعدد 144 طفل لمرحلة ما قبل المدرسة لديهم تسوس الأسنان وعدد 122 طفل لا يوجد لديهم تسوسات حيث تم سحب عينات من الدم للكشف عن مستوى فيتامين (د) والكالسيوم وهرمون الغدة الدرقية مع عمل مقابلات واستبيان لتقييم عادات الأطفال الغذائية وصحة الفم والأسنان حيث كان متوسط أعمار العينة المختارة 40.8 شهراً ± 14. وأظهرت الدراسة وجود علاقة واضحة بين مستويات فيتامين (د) و تسوس الأسنان للأطفال لمرحلة ما قبل المدرسة. وتكمن أهمية هذه الدراسة لمقدمي الرعاية الصحية الأولية (بما في ذلك أطباء الأسنان والأطباء) لاعتبار معدل فيتامين (د) عند تقييم صحة الطفل العامة. والتوصية بحصول الأطفال المعرضين لخطر تسوس الأسنان على فيتامين (د) لتقليل معدل انتشار تسوسات أسنان الأطفال (Schroth et al., 2013).

سادات وآخرون قاموا بدراسة لتقييم مستوى فيتامين (د) بين الأصحاء في المنطقة الشرقية في المملكة العربية السعودية وتمت الدراسة على مائة من الذكور تم اختيارهم بشكل عشوائي والذين تتراوح أعمارهم بين 25-35 سنة وكذلك مائة من الذكور التي تتراوح أعمارهم من 50 وأكثر وقد تم قياس الكالسيوم في الدم، وهرمون الغدة الدرقية ومستويات 25 (هيدروكسي) د. وقد تم تعريف قصور فيتامين (د) كمستوى مصل 25 (هيدروكسي) د ≥ 20 نانوغرام / مل، والنقص كمستوى المصل بين 20 و > 30 نانوغرام / مل، والمستوى الطبيعي ≥ 30 نانوغرام / مل. وأشارت نتائج الدراسة إلى أن (28%) من العينة المختارة للعمر 25-30 سنة لديهم مستويات 25 (هيدروكسي) د منخفضة، حيث أن (10%) منهم لديهم قصور في فيتامين (د) بمتوسط 16.6 نانوغرام / مل و (18%) المتبقين كانت فيتامين (د) لديهم بمستوى متوسط 25.4 نانوغرام / مل. أما في الفئة العمرية الأكبر سناً فأظهرت الدراسة أن (37%) لديهم انخفاض 25 (هيدروكسي) د، حيث أن (12%) لديهم نقص بمتوسط مستوى 25 (هيدروكسي) د 16.7 نانوغرام / مل و (25%) المتبقين بمتوسط مستوى 25 (هيدروكسي) د 25.3 نانوغرام / مل. واستخلصت الدراسة أن إهمال معالجة النقص بفيتامين (د) يمكن أن يؤدي إلى عواقب صحية خطيرة (Sadat et., al, 2009).

علي وآخرون قاموا بدراسة في المنطقة الشرقية لتقييم مستوى فيتامين (د) لطالبات كلية التمريض بجامعة الدمام. لتحديد ما إذا كانت هناك علاقة بين مستويات فيتامين (د) وبعض الأعراض مثل التعب والأرق وآلام العظام. وقد أجريت الدراسة على مدى أربعة أشهر وشملت ستة وتسعون طالبة تتراوح أعمارهن بين 18-23 عاماً وقد أجابوا على استبيان عن تاريخهم الطبي، بما في ذلك تناول فيتامين (د) والعادات الغذائية والتعرض لأشعة الشمس وكذلك أخذ عينات من الدم. وأشارت نتائج الدراسة إلى أن ثلاثون طالبة (31%) لديهم قصور في فيتامين (د) و سبعة وعشرون طالبة (28%) لديهم نقص في فيتامين (د) وكذلك تسعة وثلاثون طالبة (41%) لديهم مستويات طبيعية من فيتامين (د). وقد وجد أن نسبة الطالبات الذين يشكون من أعراض التعب والأرق وآلام العظام هم من لديهم قصور/ نقص في فيتامين (د) أكثر من الطالبات التي لا يعانون من نقص فيتامين (د) وأن هذا النقص في مستويات فيتامين (د) لدى الفتيات يمثل هذه المرحلة العمرية يمكن أن يكون بسبب الاختلافات العرقية أو أن يكون هناك عوامل وراثية تساهم في حدوث هذا النقص. وقد أوصى الباحثين على أنه ينبغي إعادة النظر في الحصول على فيتامين (د) سواء من الغذاء أو المكملات الغذائية لفيتامين (د) للوقاية مستقبلاً من نقصه (Ali et., al, 2012).

نجيب و أبو المجد، بمستشفى الملك فهد العام في منطقة المدينة المنورة. قاما بتقييم 25 (هيدروكسي) د في مصل الدم باستخدام معايرة المناعة الإشعاعية وكذلك تم تقييم الكالسيوم والفوسفور والفوسفاتاز القلوي في مصل الدم. وأجريت الدراسة على ستون من النساء اللاتي تتراوح أعمارهن بين 18-40 عاماً. وأظهرت النتائج أن ستة من النساء (10%) لديهن نقص فيتامين (د) حيث أن المستوى 25 (هيدروكسي) د أقل من 20 نانوغرام/ مل، بينما 54 منهن (90%) أظهرت النتائج أن لديهن

قصور شديد بمستوى فيتامين (د) حيث أن مستوى 25 (هيدروكسي) د أقل من 10 نانوغرام/مل. وقد أظهرت النتائج أن جميع المشتركين بالدراسة لديهم نقص/ قصور في مستوى فيتامين (د) وهذا شائع جداً في السعودية وخصوصاً الإناث بسبب سوء التعرض لأشعة الشمس (Nagib & Abulmagd, 2012).

نعيم وآخرون، في منطقة القصيم بالمنطقة الوسطى في المملكة العربية السعودية وهدفت الدراسة لتقييم مستوى 25 (هيدروكسي) د بين سكان القصيم الأصحاء ، وكذلك تم تقييم الجوانب الاجتماعية و الديموغرافية، والعادات الغذائية، والتعرض لأشعة الشمس والأعراض الشائعة لنقص فيتامين (د). وقد تم اختيار مائة وثمانون من الذكور والإناث فوق سن 18 عاماً من خمسة مراكز للرعاية الصحية الأولية في منطقة القصيم وقد تمت الإجابة على استبيان مصمم مسبقاً من قبل الطبيب في مركز الرعاية الصحية الأولية وتم الحصول على عينة من الدم. واعتبر أن مستوى نقص في فيتامين (د) يتراوح من 20 إلى 29 نانوغرام / مل، في حين أن أقل من 20 نانوغرام يعتبر قصور. وقد نتج من الدراسة أن 51 من أفراد العينة المختارة (28.3%) لديهم قصور في فيتامين (د) بينما 71 (39.4%) لديهم نقص فيتامين (د) و 58 فرداً (32.2%) لديهم مستوى طبيعي مستوى من فيتامين(د). ومن الأعراض الشائعة للأشخاص الذين لديهم قصور في فيتامين (د) آلام العظام (20%) والتعب (11.1%). وقد ختمت الدراسة بأن قصور/ نقص فيتامين (د) يعتبر مشكلة صحية عامة رئيسية في المجتمع السعودي. وأن نقص / قصور فيتامين (د) بين السكان في منطقة القصيم هو 67.8%. إذا لم تعالج على وجه السرعة فإنه يمكن أن يؤدي إلى عواقب صحية خطيرة. وكذلك ذكر الباحثين أن الأشخاص الذين يعيشون بالريف لديهم مستوى فيتامين كافي عكس الذين يعيشون في المدن وأن النساء أكثر عرضة لنقص فيتامين (د) من غيرهم (Naeem et al, 2011).

صديقي و كمفر، قاما بدراسة في المنطقة الغربية بالتحديد في مدينة جدة لتحديد مدى انتشار نقص فيتامين (د) بين المراهقات وتقييم علاقته كمية الكالسيوم والتعرض لأشعة الشمس. وقد تم اختيار أربع مئة وثلاثة وثلاثين طالبة من مدرسة للبنات و تتراوح أعمارهن بين 12-15 عاماً بشكل عشوائي من مختلف المدارس في جدة، وقد تم تحديد أعراض الكساح وتحديد العادات الغذائية وعادات التعرض لأشعة الشمس، وعمل الفحوص المختبرية. وقد تبين أنه من أصل 433 حالة المختارة للدراسة أن 350 (81%) لديهم مستويات منخفضة من فيتامين (د). وكان 40% تقريباً لديهم مستويات منخفضة جداً من فيتامين (د) ، و 61% لا توجد لديهم أي أعراض جانبية. وأشارت الدراسة إلى وجود ارتباط إيجابي بين انخفاض الكالسيوم في النظام الغذائي مع قلة التعرض لأشعة الشمس وعلاقته بانخفاض مستويات فيتامين (د). وقد نتج من الدراسة كذلك أن هناك نقص في فيتامين (د) شائع بين المراهقات في مدينة جدة، لذا يجب أن تعطى الأولوية في أي برنامج تنقيفي صحي للتغذية الغذائي في المدارس مع التركيز على أهمية تناول الحليب الكافي والتعرض للشمس (Siddiqui & Kamfar, 2007).

المحور التطبيقي (دراسات الحالة):

لقد اتضح من خلال الزيارات الميدانية للمساكن محل الدراسة بالعينة والبالغ عددها مائة وخمسون منزل أن الاعتبارات التصميمية الخارجية تؤثر على الأداء الوظيفي للفراغ الداخلي بشكل مباشر سواء بانعدام وصول أشعة الشمس أو الحد من الاستفادة منها. وقد تبين من خلال الزيارات المتنوعة في توزيع الأنشطة الوظيفية وذلك بعدد تسعون مبنى بما يعادل 60% من هذه المباني وضعت غرف استقبال الضيوف في الطابق الأرضي أما غرفة المعيشة وغرف النوم في الطابق الأول بينما حددت السون مبنى المتبقية بما يعادل 40% جزء لغرف استقبال الضيوف وجزء لغرفة المعيشة في الدور الأرضي بينما اشغلت الدور الأول في غرف النوم والمستودعات.

لقد تبين من خلال الزيارات المتنوعة في توجه المباني حيث أن 40% منها كان باتجاه الشمال و 30% اتجاهها جنوبي و 15% غربي و 5% على واجهتين جنوبي غربي و 10% جنوب شرق. وتعود محدودية اتجاه المبنى والتصميم المعماري لارتباطه بمساحة الأراضي وتخطيطها المعتمد من قبل الجهات المعنية حيث أن معظم هذه الأراضي تكون أبعادها على الشارع صغيرة وعميقة من الداخل مما يقيد المعماري والمصمم عند تصميم كتلة المبنى.

وقد اتضح أن 30% من العينة المختارة من المباني لم تتقيد بالاشتراطات البلدية للارتدادات حيث أنها استغلت هذه المساحات في توزيع الفراغ الداخلي مما أدى إلى التأثير المبنى وكذلك المبنى المجاور من السماح لدخول أشعة الشمس إلى الداخل بسبب صغر المسافة أو انعدامها بين المبنيين.

وقد اتضح أن 40 % لديهم ارتداد حسب الاشتراطات البلدية ولكن تم وضع حواجز على السور لضمان الخصوصية مما أثر سلباً على المبنى من ناحية حجب أشعة الشمس وخصوصاً للمساكن التي تستخدم الدور الأرضي . واتضح أن 5% من هذه المباني تم وضع غرف الجلوس في الدور الأرضي ولكن تم وضع مضلات حاجبة للشمس في الارتدادات مما أدى إلى انعدام وصول أشعة الشمس إلى الفراغ الداخلي.

وتم استخراج نسبة 5 % من المساكن تقع في نطاق ظل المبنى المجاور حيث تم إنشاء حواجز فوق الأسطح مثل الملاحق والخيام المبنية مما أدى إلى ارتفاع المبنى وبالتالي حجب دخول أشعة الشمس إلى المبنى . وبما يعادل نسبة 20% كان الارتداد نظامياً وبالتالي أدى إلى إمكانية دخول أشعة الشمس للمبنى.

وقد وجد من خلال الزيارات الميدانية أن 10% من المباني تهتم بعملية التشجير وخاصة الأشجار المتسلسلة بهدف تحقيق قيم جمالية للمبنى ولكن على الجانب الآخر أدى هذا إلى حجب أشعة الشمس عن المبنى أما في باقي المباني فكانت الأشجار قصيرة نوعاً ما وتعطي فقط قيمة جمالية للواجهة. وقد لوحظ قلة التشجير في بعض المباني وذلك لصغر مساحة الارتدادات الأمامية واستخدامها كمواقف للسيارات. كما لوحظ أن نسبة 75% من العينة المختارة قامت بتشجير الرصيف الخارجي باستخدام أشجار الزينة ذات الحجم الصغير لكي لا تؤثر على مداخل المبنى الخارجية أو مدخل موقف السيارات بينما ، 15% من المباني كانت بدون تشجير وتبين أن السبب يكون بسبب شح المياه أو عدم توفر من يقوم بالعناية بها.

كما لوحظ أن الفتحات بالمباني مختلفة ومتنوعة سواء في الارتفاع أو المساحة أو الشكل التصميمي ، فعلى سبيل المثال 25% من النوافذ ب الناحية الغربية مرتفعة وصغيرة جداً لا تسمح بدخول أشعة الشمس و 40% من هذه النوافذ كبيرة ولكن متقابلة مع المبنى المجاور مما يحد من استفادة الفراغات الملحقة من أشعة الشمس لعدم إمكانية فتحها حرصاً على عامل الخصوصية ، كذلك وجد أن 35% من النوافذ ارتفاعها ومساحتها مناسبة ولكن المحتويات الفراغية الملحقة بها اتخذت أنشطة وظيفية خدمية مما لا يجعلها مناسبة للاستخدام في جلوس أفراد الأسرة حيث يتم استخدام هذا الفراغ كمستودع أو غرفة من الغرف الغير مستخدمة بشكل مستمر ويومي .

وقد لوحظ أن هناك قصور في توزيع الفراغات الوظيفية طبقاً لهدف الاستفادة من أشعة الشمس الصحية ومما ترتب عليه من اختيار منظومة الخامات والمعالجات التصميمية الداخلية. وقد قام بعض المستخدمين بتغيير الأنشطة الوظيفية للفراغات الداخلية بعد شغل المبنى كوضع غرف النوم في الواجهة الجنوبية أو المستودعات وغرف الجلوس في الواجهة الشمالية.

الاستنتاجات:

- يعود السبب الرئيسي في نقص فيتامين (د) لعدم تعرض الناس لأشعة الشمس الصحية بالوجه الأمثل.
- أن نقص فيتامين (د) أخذ في الارتفاع بشكل غير متوقع في جميع الفئات العمرية.
- نقص فيتامين (د) يؤدي إلى أضرار صحية ونفسية كثيرة.

- ضرورة تعرض مساحة سطح الجلد لأشعة الشمس بشكل شبه يومي مع مراعاة عدم وجود حاجز مثل واقى الشمس أو أقمشة أو من وراء الزجاج.
- ضرورة تفعيل منظومات تصميمية من شأنها عدم تعارض نفاذية أشعة الشمس داخل المباني مع الحفاظ على خصوصية المجتمع وعاداته وتقاليده.
- لابد من توزيع الأنشطة الفراغية الداخلية طبقاً لتوجه المبنى بحيث تكون الفراغات المعيشية هي أكثر الفراغات استفادة من نفاذية أشعة الشمس الصحية.
- وجد أنه من الضروري تفعيل أساليب معمارية تضمن التزام المستخدمين باشتراطات البناء الصحي والذي يتحكم في زيادة معدل الاستفادة من نفاذية أشعة الشمس الصحية مثل استغلال مساحة الارتداد.
- إهتمام المستخدم بجمال المبنى يمنع وصول أشعة الشمس الكافية للمبنى مثل وضع الأشجار المتسلقة.
- وجد في الوحدات المتوازية أن وضع النوافذ بنفس الارتفاع والاتجاه تخترق خصوصية المستخدم مما يجعله لا يستفيد من أشعة الشمس حيث تكون النوافذ مغلقة طوال الوقت.
- استخدام الخامات المناسبة التي تسمح بالتحكم في امتصاص أشعة الشمس الصحية النافذة إلى فراغات المبنى مع عدم رفع المحتوى الحراري والمحافظة على الخصوصية.
- وجود بعض الملاحظات على تخطيط الأراضي كصغر عرض الأرض على الشارع مقارنة بطول عمقها.
- عدم الاستفادة من الفراغات بالشكل الصحيح وذلك بسبب التصميم المعماري الغير مناسب للمستخدم واحتياجاته.
- عدم الاستفادة من اساليب التطور التقني في التحكم في نفاذية أشعة الشمس الصحية وتحقيق الخصوصية على حد سواء.

التوصيات:

- ضرورة تبني القطاعات المختصة بالملكة القضايا المتعلقة بالاعتبارات الصحية والتصميمية عند تشييد المنشآت السكنية.
- الحاجة إلى زيادة الأبحاث التخصصية التي تتناول أسباب نقص فيتامين (د) في المجتمع السعودي وسبل الحلول العلمية لها.
- دعم الأبحاث العلمية التكاملية بين العلوم الطبية والتصميمية لما تحققه من فائدة تعمل على رفع كفاءة الوعي المجتمعي والأداء الوظيفي للبيئات الإنسانية.
- يوصي البحث بتفعيل الاعتبارات الجمالية والوظيفية لعناصر العمارة الإسلامية لما تمثله من نموذج صحي وآمن ومتوافق مع البيئة المحيطة عند تصميم المنشآت السكنية.

المراجع العربية

- أبانمي وليد (2010) تأثير نوع المواد المستخدمة في الأرضيات على درجة حرارة البيئة المحيطة في المناطق المفتوحة والواقعة في مناخ حار وجاف، مجلة العلوم الهندسية، أسبوط 38(1) 271-284
- الحزمي أحمد (2009)، النمط المعماري للمدن الأثرية في الوطن العربي - دراسة مقارنة، المؤتمر الهندسي الثاني، جامعة عدن، الجمهورية اليمنية.
- السقاف محمد عبدالله (2009)، عمارة المناطق الحارة ومدى الاستفادة والحماية من الطاقة الشمسية (دراسة حالة المناخ في مدينة المكلا إحدى مدن الساحل في محافظة حضرموت)، مجلة العلوم الهندسية، 37(5)، 1209-1234.
- الصفدي جهاد (2007)، توثيق المدينة المنورة عمرانياً في الفترة الزمنية ما بين 1850 الى 1950، مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية، 23(1)، 229-270
- الزعفراني محمد عباس و فكرى أحمد أحمد (2006)، الزجاج ذو النفاذية الاختيارية للإشعاع الشمسى مدخل للتصميم البيئي للفتحات الخارجية فى المباني. مؤتمر قسم الهندسة المعمارية ، جامعة القاهرة.
- أمانة جدة (2005)، بشأن تحديد الاشتراطات التنظيمية للتعمير بمختلف مناطق المملكة، <https://services.jeddah.gov.sa> (1437/5/22هـ).
- بدر أيمن إبراهيم (2015)، النظم والاساليب العلمية لقياسات الإضاءة الصناعية في مشروعات التصميم الداخلي، مجلة التصميم الدولية، 2(5)، 401-413.
- سعيد صلاح خالد و على محمد عبد المطلب (2010)، المعايير الصحية لتصميم المسكن والعلاقات المتبادلة بينها، مجلة العلوم الهندسية ، المجلد 38 العدد 9
- سليم يونس (2011) تصميم المانعة الشمسية الأفقية في مباني مدينة بغداد، المجلة العراقية للهندسة المعمارية، 22
- علي عبدالمنطل (2009)، تأثير الظروف المناخية على تشكيل عمارة جنوب الوادي بمصر " مدينة الخارجة بالوادي الجديد بالصحراء الغربية كمثال " ، مجلة العلوم والتكنولوجيا 14(1)، 4-48.

REFERENCES

- [1] Al-Saleh, Y., Al-Daghri, M. N., Khan, N., Alfawaz, H., Al-Othman M. A., Alokail S. M., and Chrousos P. G (2015), Vitamin D status in Saudi school children based on knowledge, *BMC Pediatrics*, 15(53)2-6
- [2] Al-Shahrani, F.M., Almalki, M.H., Aljohani, N., Alzahrani, A., Alsaleh, Y., and Holick, M.F.(2013), Vitamin D: Light side and best time of sunshine in Riyadh, Saudi Arabia, *Dermato-Endocrinology*, 5(1)177-80.
- [3] Ali, A., Amin, L. And Al-Ali, A.(2012), Vitamin D level Among Female Students in College of Nursing in Saudi Arabia and its Relation to Students' Symptoms, *Journal of American Science*, 8(11): 132-38.
- [4] Alsuwaida , A.O., Farag, Y.M., Al Sayyari, A.A., Mousa, D.H., Alhejaili, F.F., Al-Harbi, A.S., Housawi A.A., Mittal B.V., and Singh, A.K.(2013), Prevalence of vitamin D deficiency in Saudi adults, *Saudi Med J*, 34 (8):814-8.
- [5] Dong, J. Y., Zhang, W., Chen, J. J., Zhang, Z., Han, S., and Qin L.(2013), Vitamin D Intake and Risk of Type 1 Diabetes: A Meta-Analysis of Observational Studies. *Nutrients* 5(9): 3551-3562.

- [6] Elsammak, M.Y., Al-Wosaibi, A.A., Al-Howeish, A., and Alsaeed, J. (2010) Vitamin D deficiency in Saudi Arabs. *Horm Metab Res* 42(5):364-8.
- [7] Garcia, M.N., Hildebolt, C.F., Miley, D.D., Dixon, D.A., Couture, R.A., Spearie, C.L., Langenwalter, E.M., Shannon, W.D., Deych, E., Mueller, C., and Civitelli, R. (2011) One-year effects of vitamin d and calcium supplementation on chronic periodontitis. *J Periodontol*, 82(1):25-32.
- [8] Grant, W.B.(2002), An estimate of premature cancer mortality in the U.S. due to inadequate doses of solar ultraviolet-B radiation. *Cancer* 94(6):1867-75.
- [9] Holick, M. F.(2011) Vitamin D: A D-Lightful Solution for Health, *J Investig Med*, 59(6)872-80.
- [10] Wacker, M & Holick, M.F(2013) Sunlight and Vitamin D, *N Eng J Med, Dermato-Endocrinology* 5(1)51-108.
- [11] Hayes, C.E., Cantorna, M.T., DeLuca, H.F.,(1997), Vitamin D and multiple sclerosis. *Proc Soc Exp Biol Med*, 216(1):21-7.
- [12] Holick, M.F., Chen, T.C.(2008) Vitamin D deficiency a worldwide problem with health consequences. *Am J Clin Nutr*, 87(4):10805-68.
- [13] Stein, S.H., Tipton, D.A., (2011), Vitamin D and its impact on Oral Health - An Update, *Journal of Tennessee Dental Association*, 91(2): 30-33.
- [14] Mead MN (2008) Benefits of Sunlight: A Bright Spot for Human Health. *Environ Health Perspect*, 116(4): A161-67.
- [15] Naeem, Z. (2010), Vitamin d deficiency- an ignored epidemic, *Int J Health Sci (Qassim)*. 4(1):V-VI.
- [16] Naeem,Z., AlMohaimeed, A., K, F,Sharaf ., Ismail, A., Shaukat, F. and Inam, B (2011). Vitamin D status among population of Qassim Region, Saudi Arabia, *International Journal of Health Sciences, Qassim University*, 5(2):116-24.
- [17] Nagib, E and Abulmagd, A. M. (2012). Screening for vitamin D deficiency in females in Madina Region; Saudi Arabia. vitamin D deficiency in a sunny environment, *The Egyptian Journal of Hospital Medicine*, 49:891-95.
- [18] Ross, A.C., Manson, J.E., Abrams, S.A., Aloia, J.F., Brannon, P.M., Clinton, S.K., Durazo-Arvizu, R.A., Gallagher, J.C., Gallo, R.L., Jones, G., Kovacs, C.S., Mayne, S.T., Rosen, C.J. and Shapses, S.A. (2011). The Report on Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D from the Institute of Medicine: What Clinicians Need to Know. *J Clin Clin Endocrinol Metab.*, 96 (1): 53-8.
- [19] Roux, C., Bischoff-Ferrari, H.A., Papapoulos, S.E., de Papp, A.E., West, J.A., and Bouillon, R. (2008), New insights into the role of vitamin D and calcium in osteoporosis management: an expert roundtable discussion. *Curr Med Res Opin* 24(5):1363-70.
- [20] Sadat-Ali M., AlElq A., Al-Turki H., Al-Mulhim F., and Al-Ali A. (2009),Vitamin D levels in healthy men in eastern Saudi Arabia. *Ann Saudi Med*, 29(5):378-82.
- [21] Schroth, R.J., Levi, J.A., Sellers, E.A., Friel, J., Kliwer, E., and Moffatt, M.E.,(2013) Vitamin D status of children with severe early childhood caries: a case-control study. *BMC Pediatr*, 13(174):2-8.
- [22] Siddiqui, A.M., and Kamfar, H.Z.(2007) Prevalence of vitamin D deficiency rickets in adolescent school girls in Western region, Saudi Arabia. *Saudi Med J*.28(3):441-44.
- [23] Yousef, M.F., Jacobs, T.E., Yousef, M. J., and Al-Raddadi, M. R.(2014), association between vitamin D status in normal weight versus obese women residing in Western Saudi Arabia, *Nature and Science.*, 12(1):131-38.
- [24] Zumtobel, (2013), *The Lighting Handbook*, Zumtobel, Dornbirn, Austria.

تحليل محتوى الوجبات الغذائية من الطاقة والعناصر الغذائية الكبرى والكالسيوم والصوديوم والحديد المقدمة للمرضى في مستشفى للأمراض النفسية بمدينة عمان، الأردن

[Diet analysis content of energy macronutrients, calcium, sodium and iron provided to patients in a mental hospital in Amman, Jordan]

جعفر محمد القضاة

قسم التغذية والتصنيع الغذائي، كلية الزراعة التكنولوجية،
جامعة البلقاء التطبيقية، السلط، الأردن

Jafar Muhammad El-Qudah

Department of Nutrition and Food Processing,
Faculty of Agricultural Technology, Al-Balqa Applied University, Al-Salt, 19117, Jordan

تم قبول الملخص ونشره في كتاب وقائع المؤتمر السعودي السادس للغذاء والتغذية، 17-19 / 11 / 2015 جدة، المملكة العربية السعودية

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

ABSTRACT: It is fundamental that hospitals provide appropriate food and nutritional care to manage any nutritional risk, to improve nutritional health and well-being and optimise the wider clinical management of all patients. This study was done in a mental governmental hospital located in Amman, Jordan. In this hospital, two types of diets were offered to patients: Regular diet and therapeutic diet (menu1 and menu 2, respectively). In this work, these diets were evaluated by calculating their mean content of energy, carbohydrates, protein, fat, calcium, sodium and iron, then compared with standards. The estimated content of these nutrients were analyzed using a nutrition analysis software program (ESHA) and other food composition tables in the region. Our results revealed that the mean energy content was less than 2000 Kcal in both diets. In menu 1, the mean content of energy, CHO, protein, fat, calcium, sodium and iron were 1346.4 kcal, 198.7 g, 59.5 g, 45.9 g, 349.1 mg, 890.1 mg and 8.9 mg, respectively. In menu 2 the mean content were 1641.2 kcal, 235.4 g, 69.9 g, 57.6 g, 491.9 mg, 1204.8 mg and 13.6 mg, respectively. On average, both menus provided a diet low in all studied nutrients and did not meet the nutritional standards, except iron which contain 123.6% of the standard in menu 2. The percentage of energy and macronutrients contribution in breakfast, lunch and dinner meals served in regular diet were 29%, 39% and 32% for energy, 25%, 45% and 30% for CHO, 18.1%, 53.1% and 28.8% for protein and 52.6%, 20.2 % and 27.2 % for fat, respectively. In therapeutic diet, the percentage were 26.7%, 29.9 and 29.1% for energy, 25.8%, 37.1 % and 26% for CHO, 18.1%, 48.4% and 27.4% for protein and 42.1%, 24.2 % and 23.8 % for fat , respectively. The snack served in this diet, contribute 14.3% of the total energy, 11.1% of CHO, 6.1 % of protein and 9.9% of the total fat. On the basis of this study, we conclude that the hospital do not design suitable diets to meet dietary recommendations. Careful menu planning should be emphasized and followed. Menus should be evaluated and updated continuously to reflect the changes of the patients' preferences and requirement.

KEYWORDS: Therapeutic diet, regular diet, hospital diets, meals, menu, mental disease.

الملخص : من المعلوم أن المستشفيات تقدم الرعاية الصحية والتغذية لجميع المرضى المقيمين فيها وتوفر الغذاء المناسب لكل منهم حسب حالته المرضية. أجريت هذه الدراسة في أحد المستشفيات الحكومية للأمراض النفسية بمدينة عمان، الأردن . يقدم في هذا المستشفى نوعين من الوجبات الغذائية للمرضى: النظام الغذائي العادي (القائمة 1) والنظام الغذائي العلاجي (القائمة 2) . تم في هذا البحث تقييم لهذه الوجبات عن طريق حساب متوسط محتواها من الطاقة والكربوهيدرات والبروتين والدهون والكالسيوم والصوديوم والحديد، ثم مقارنة هذا المحتوى مع المعايير (الكمية الموصى بتناولها) ، حيث تم تحليل المحتوى المقدّر لهذه العناصر

الغذائية باستخدام برنامج تحليل غذائي (ESHA) وجدول مكونات الأغذية في المنطقة. بينت النتائج أن محتوى الطاقة كان أقل من 20004 كيلو كالوري (ك.ك.) في جميع الوجبات الغذائية. في القائمة (1)، كان متوسط المحتوى من الطاقة والكربوهيدرات والبروتين والدهون والكالسيوم والصوديوم والحديد 1346,4 (ك.ك.)، 198,7 غرام، 59,5 غرام، 9,45 غرام، 349,1 ملغ، 890,1 ملغ و 8,9 ملغ، على التوالي. بينما في القائمة (2) كان متوسط المحتوى 1641,2 (ك.ك.)، 235,4 غرام، 69,9 غرام، 57,6 غرام، 491,9 ملغ، 1204,8 ملغ و 13,6 ملغ على التوالي. في المتوسط، قدم كلا النوعين من القوائم نظام غذائي منخفض في جميع العناصر الغذائية التي تم دراستها ولم تستوف المعايير الغذائية، باستثناء عنصر الحديد في القائمة (2) الذي احتوى على 6,123% من المستوى المقترح في المعايير الغذائية. كان نسبة مساهمة الطاقة والعناصر الغذائية الكبرى في وجبات الإفطار، الغذاء والعشاء في النظام الغذائي العادي 29%، 39% و 32% للطاقة، 25%، 45% و 30% للكربوهيدرات، 18%، 1% و 53%، 8 و 28% للبروتين و 52,6%، 20,2% و 27,2% للدهون، على التوالي. بينما في النظام الغذائي العلاجي، كانت النسبة 26,7%، 29,9 و 29,1% للطاقة، 28,8%، 37,1% و 2% للكربوهيدرات، 18,1%، 48,4% و 27,4% للبروتين و 42,1%، 24,2% و 23,8% للدهون، على التوالي. وساهمت الوجبة الخفيفة في هذا النظام الغذائي، بنسبة 14,3% من الطاقة الإجمالية، 11,1% من الكربوهيدرات، 6,1% من البروتين و 9,9% من إجمالي الدهون.

يستنتج من هذه الدراسة، أن المستشفى لا يقوم بتصميم وجبات غذائية مناسبة لاحتياجات المرضى، وبناء عليه ينبغي التأكيد على التخطيط المناسب لهذه الوجبات ومراعاة اتباعها للمعايير الغذائية، كما ينبغي تقييم القوائم وتحديثها باستمرار لتعكس الاحتياجات الحقيقية للمرضى من مختلف العناصر الغذائية.

الكلمات المفتاحية: الغذاء العلاجي، الغذاء العادي، أغذية المستشفيات، وجبة، قائمة طعام، الأمراض النفسية

المقدمة

تلعب التغذية دوراً هاماً للمرضى المقيمين في المستشفيات، حيث توفر المستشفيات الغذاء المناسب والرعاية التغذوية اللازمة لكل مريض، كل حسب مرضه، مما يساهم في سرعة العلاج، وتحسين الوضع الصحي والتغذوي للمرضى (Dumlu, et al., 2014 ; The Scottish Government, Edinburgh 2008). ويعتبر الطعام المقدم للمرضى في المستشفى من العوامل الهامة التي تؤثر على مراحل العلاج (Capra et al., 2005). كما يعتبر الغذاء المناسب وذو النوعية الجيدة من المتطلبات الأساسية لتلبية احتياجات المرضى، حيث يتوقع المرضى من العاملين في المستشفيات تقديم الطعام المناسب لكل منهم وذلك ضمن أعلى درجات معايير الجودة (Stanga, et al., 2003). ويحتاج مرضى الأمراض النفسية إلى رعاية إضافية خاصة، حيث لهم احتياجات قد تكون مختلفة عن باقي المرضى الآخرين في المستشفى (Agency for Clinical Innovation, 2013) حيث تم وضع معايير للمرضى المقيمين في مستشفيات الأمراض النفسية، والتي اقرت بوجود اختلافات في احتياجات هؤلاء المرضى مقارنة مع باقي المرضى الذين يعانون من أمراض أخرى (Williams, P., Hazlewood, T. & Pang, G., 2014 ; Ratcliffe et al., 2011).

في دراسة أجرتها (The Australasian Nutrition Care Day Survey) (ANCDS)، تبين أن اثنين من كل خمسة مرضى في المستشفيات الأسترالية ونيوزيلندا تستهلك أقل من 50% من المواد الغذائية المقدمة لهم. كما وجدت ANCDS وجود علاقة وثيقة بين قلة تناول الطعام وزيادة معدل الوفيات في المستشفى (Agarwal Ekta et al., 2013). وتؤثر الحالة المزاجية لهؤلاء المرضى على خياراتهم ونظرتهم للغذاء مما يؤدي إلى نقص أو زيادة في تناول المواد الغذائية بين فترة وأخرى مما يؤدي إلى الإصابة بالانكسار، والأرق، والتعب، والإجهاد، وفقدان الذاكرة وغيرها من الأعراض.

يوجد في الأردن، 64 عيادة خارجية تتبع للمستشفيات متخصصة في حالات الأمراض النفسية والعصبية، حيث عالجت هذه العيادات في عام 2009-2010، حوالي 303 مراجع لكل 100,000 من السكان. معظم مرافق الصحة النفسية موجودة في أو بالقرب من المدن الكبيرة (The National Mental Health Team, 2010). في الأردن، أجريت سابقاً بعض الدراسات المتعلقة بتقديم الرعاية التغذوية، وأهمية دور اختصاصي التغذية في عملية تقديم الرعاية الصحية والتغذية للمرضى المقيمين في المستشفيات (Takruri et al., 1990؛ الدومي وآخرون، 2011). إلا أنه لم يتم تقييم الوجبات الغذائية المقدمة للمرضى المقيمين في مستشفيات الأمراض النفسية، من حيث احتوائها على الطاقة والعناصر الغذائية الكبرى والصغرى. لذا، فقد هدفت هذه الدراسة إلى تقييم الوجبات الغذائية المقدمة للمرضى المقيمين في أحد المستشفيات الحكومية للأمراض النفسية بمدينة عمان، الأردن، عن طريق حساب متوسط محتواها من الطاقة والكربوهيدرات والبروتين والدهون والكالسيوم والصوديوم والحديد، ثم مقارنة هذا المحتوى مع المعايير (الكميات الموصى بتناولها يومياً).

المواد وطرق البحث

أجريت هذه الدراسة بين سبتمبر 2013 ويناير 2014، في أحد المستشفيات الحكومية للأمراض النفسية بمدينة عمان، الأردن، بعد الحصول على الموافقات لجمع البيانات وإجراء الدراسة من إدارة المستشفى.

يقدم في هذا المستشفى نوعين من الوجبات الغذائية للمرضى: النظام الغذائي العادي (القائمة 1)، التي تحتوي على ثلاث وجبات رئيسية: الفطور والغداء والعشاء، والنظام الغذائي العلاجي (القائمة 2) التي تشمل وجبة خفيفة إضافية. تم في هذا البحث تقييم لهذه الوجبات عن طريق حساب متوسط محتواها من الطاقة والكربوهيدرات والبروتين والدهون والكالسيوم والصوديوم والحديد، ثم مقارنة هذا المحتوى مع المعايير، حيث تم تحليل المحتوى المقدّر لهذه العناصر الغذائية باستخدام برنامج تحليل غذائي (ESHA Food Processor (SQL version 10.1.1; ESHA, Salem, OR, USA)، وغيرها من جداول مكونات الأغذية المستخدمة في المنطقة، مثل جداول تركيب الأغذية المستخدمة في الشرق الأوسط (Pellet, and Shadarevian, 1970)، جداول الأغذية في الخليج العربي (Musiager, 2006) وفي مصر (National Nutrition Institute. 2006). وتم احتساب متوسط محتويات المواد الغذائية في وجبات الطعام لمدة ثلاثة أيام. تم تقييم هذه الوجبات عن طريق حساب متوسط محتواها من الطاقة والكربوهيدرات والبروتين والدهون والكالسيوم والصوديوم والحديد، ثم مقارنة المحتوى مع المعايير (الكمية الموصى بتناولها يومياً). كما تم حساب نسبة مساهمة الطاقة والمغذيات الكبرى من الطاقة الكلية، في جميع الوجبات ولكل القائمتين. استخدمت الدراسة الإحصاء الوصفي وقدمت النتائج على شكل المتوسط الحسابي، الوسيط، المدى والنسب المئوية.

النتائج والمناقشة

يظهر الجدول (1) متوسط ووسيط المحتوى والمدى من الطاقة وبعض العناصر الغذائية اليومية بالغذاء العادي والغذاء العلاجي المقدمة للمرضى، حيث لوحظ ان متوسط جميع العناصر الغذائية التي تم دراستها كان اعلى في وجبات الغذاء العلاجي (القائمة 2) مقارنة مع تلك المقدمة ضمن نظام الغذاء العادي (القائمة 1)، ويعود السبب في ذلك لشمولها على وجبة خفيفة اضافة الى الوجبات الاساسية الثلاثة، الا ان كلا النظامين كان يحتوي على متوسط اقل من ذلك المتاح للاردنيين، ففي دراسة اجراها تكرروري وآخرون (2011)، والتي هدفت الى معرفة الكميات المتناولة من الطاقة والعناصر الغذائية الكبرى عند الاردنيين، تبين ان متوسط المتناول اليومي من الطاقة والكربوهيدرات والبروتينات والدهون كان على التوالي 3037 ك.ك و100 غم و93 غم و455 غم.

يبين جدول رقم (2) مقارنة النسبة المئوية لمتوسط محتوى كل من الطاقة وبعض العناصر الغذائية في الوجبات الغذائية اليومية بالغذاء العادي والغذاء العلاجي المقدمة للمرضى مع الكميات الموصى بتناولها يوميا. تظهر جليا هذه النتائج ان متوسط المحتوى من الطاقة وجميع العناصر الغذائية التي تم دراستها في كلا النظامين الغذائيين: العادي والعلاجي كان اقل من الكمية الموصى بتناولها يوميا، باستثناء عنصر الحديد في الغذاء العلاجي، حيث بلغت النسبة المئوية لمحتواه 123,6% من الكمية الموصى بتناولها.

تشير البيانات في الجدول رقم (3) الى النسبة المئوية لمساهمة كل من الطاقة والكربوهيدرات والبروتينات والدهون في الوجبات الغذائية اليومية بالغذاء العادي والغذاء العلاجي المقدمة للمرضى، حيث شكل اسهام البروتين في استهلاك الطاقة الغذائية الكلي في نظام الغذاء العادي نسبة 18,1% في وجبة الفطور و 53,1% في وجبة الغذاء و 27,2% في وجبة العشاء، بينما توزعت النسبة المئوية للطاقة في النظام الغذائي العلاجي بشكل متساو تقريبا في الوجبات الثلاث، بينما ساهمت الوجبة الخفيفة بنسبة 14,3% من الطاقة الكلية.

يعتبر النظام الغذائي والرعاية التغذوية للمرضى جزء اساسي في خطة العلاج المقدمة لهم. يلاحظ ان هذا المستشفى يقدم نوعين فقط من الاغذية: العادي والعلاجي، مما يؤدي الى صعوبة في تلبية الاحتياجات اليومية من العناصر الغذائية للمرضى فمثلا، بلغت النسبة المئوية لمتوسط محتوى عنصر الكالسيوم اقل من 50% من الكمية الموصى بتناولها يوميا في كلا النظامين الغذائيين المتبعين في المستشفى.

اجريت سابقا دراسة مقطعية، لتقييم مستوى الرضا عن الخدمات المقدمة للمرضى المقيمين في مستشفيات الأمراض العقلية / عناية الصحة النفسية في المستشفيات العامة في الأردن. تكونت عينة الدراسة من جميع المرضى المنومين الذين تزيد أعمارهم عن 18 عاما والمقيمين في أربعة مستشفيات لأكثر من 24 ساعة خلال الفترة ما بين فبراير وأبريل 2010. وشملت هذه الدراسة ما مجموعه 119 مريضا، وصف أقل من نصف المرضى (42,0%) الغذاء المقدم لهم في المستشفى بأنه جيد جدا، 31,1% بأنه جيد، و 26,9% بأنه مقبول او سيئ، وذكر فقط 53,8% من المرضى بحصولهم على نظام غذائي مناسب لحالتهم المرضية. وقد اوصت هذه الدراسة بأهمية مراجعة جودة الأغذية والتأكد من حصول كل مريض على وجبة غذائية علاجية تتفق مع الحالة المرضية التي يعاني منها وتزويده بالعناصر الغذائية التي يحتاجها (The National Mental Health Team, 2010).

يبدو من هذه الدراسة أن النظام الغذائي العلاجي المتبع في المستشفى لا يختلف كثيرا عن النظام الغذائي العادي، سوى بتقديم وجبة اضافية (خفيفة)، مما انعكس على زيادة بسيطة في محتوى هذا النظام الغذائي من الطاقة والعناصر الغذائية الأخرى. بينما لم يؤخذ بعين الاعتبار حالات المرضى الذين يعانون من امراض اخرى، ويستدعي وضعهم تقديم وجبات علاجية محددة مثل غذاء السكري، قليل الدهون، قليل الكوليستيرول وغيرها. ويوجب هذا الوضع اعادة النظر بنظام الوجبات الحالي وتقديم الغذاء العلاجي المناسب لكل مريض، مع الاخذ بالاعتبار الامراض الاخرى التي يعاني منها كل منهم. تشير الدراسات السابقة في مجال التغذية والبحوث المتعلقة بالصحة النفسية أن الأشخاص الذين يعانون من الاكتئاب لديهم مستويات أقل بكثير من دهون اوميغا 3 (Forsyth, et al. 2012; Eby, 2006). ولأن كثير من المرضى يقضي فترة طويلة في مرافق ومستشفيات الصحة النفسية، وبعضهم قد تطول اقامته لعدة سنوات، لذا يجب تحضير وتقديم قوائم غذاء متعددة وذلك لتلبية احتياجاتهم وتشجيعهم على تناولها. وقد تكون الشهية لتناول الطعام قليلة عند بعض المرضى خاصة كبار السن، مما يقلل من احتمالية تناولهم للاغذية بالطريق الاعتيادي، عن طريق الفم مما يؤدي الى نقص في تناول العديد من العناصر الغذائية، مما يوجب اتباع طرق اخرى بديلة لتغذيتهم لسد احتياجاتهم اليومية من مختلف العناصر (Agency for Clinical Innovation 2013).

الاستنتاج

نستنتج من هذه الدراسة ان المستشفى لم يقم بتصميم برامج تغذية علاجية مناسبة لكل حالة مرضية، لذلك يحتاج المستشفى لإجراء تعديل على برامج التغذية المستخدمة لديهم من خلال التخطيط المناسب للوجبات ومراعاة اتباعها للمعايير الغذائية و تقييمها وتحديثها باستمرار، وذلك لتلبية الاحتياجات المختلفة من العناصر الغذائية لكل مريض.

شكر وتقدير

يتقدم الباحث بالشكر والتقدير الى ادارة المستشفى وجميع العاملين فيه، لحسن تعاونهم وللتسهيلات الكبيرة التي قدموها والتي ساعدت في إجراء هذه الدراسة.

المراجع العربية

- الدومي، حيدر عبد الله و معز الاسلام، فارس وسلام محمد حبيب (2011): الممارسة المهنية لاختصاصيي التغذية في مجموعة من المستشفيات الاردنية: دراسة اثنوغرافية. المجلة العربية للغذاء والتغذية، مركز البحرين للدراسات والبحوث المنامة - البحرين. السنة الحادية عشرة، العدد السابع والعشرون، 64-43
- تكرروري، حامد رباح ورفعت، احمد الكرد و معز الاسلام عزت فارس(2011): اتجاهات استهلاك الطاقة والعناصر الغذائية الكبرى ومصادرها الغذائية في الاردن. مجلة الجمعية السعودية للغذاء والتغذية، المجلد (6) العدد (2) 54-40

REFERENCES

- [1] Agarwal, E. ; Ferguson, M. ; Banks, M. ; Bauer, J. ; Capra, S. ; Isenring, E.(2013).Medical nutrition therapy and simple interventions can improve intake in patients who eat poorly in hospital. *Nutrition and Dietetics*, 70(s1), p. 4.
- [2] Agency for Clinical Innovation.(2013). Nutrition standards for consumers of inpatient mental health services in NSW. Sydney: NSW Agency for Clinical Innovation. at: www.aci.health.nsw.gov.au
- [3] Appleton, K. ; Rogers, P. ; Ness, A.(2010). Updated systematic review and meta-analysis of the effects of n-3 longchain polyunsaturated fatty acids on depressed mood. *Am J Clin Nutr.* 91,757-770. 71.
- [4] Astorg, P. ; Couthouis, A. ; Courcy, G. et al.(2008). Association of folate intake with the occurrence of depressive episodes in middle-aged French men and women. *Br J Nutr.* 100 , 183-187 .
- [5] Capra, S. ; Wright, O.; Sardie, M. et al.(2005). The acute hospital foodservice satisfaction questionnaire: the development of a valid and reliable tool to measure patient satisfaction with acute care hospital foodservices. *Foodserv Res Int.* 16:1-14.
- [6] Casper, R.(2011). Diet and mental health: an up-to-date analysis. *World Rev Nutr Diet.* 102, 98-113.
- [7] Dietetics in Developmental and Psychiatric Disorders Practice Group of the American Dietetic Association Psychiatric Nutrition Therapy: A Resource Guide for Dietetics Professionals Practicing in Behavioral Health Care. 2006. Available at : <http://www3.nd.edu/~jkaiser/PsychPapers/Psychiatric%20Nutrition%20Therapy%2008.31.06.pdf>
- [8] Dumlu, E.G. ; Ozdedeoglu, M. ; Bozkurt, B. ; Tokac, M. ; Yalcin, A. ; Ozt-Turk, L. ; Kilic, M. (2014). A general consideration of the importance of nutrition for critically ill patients .*Turk J Med Sci.* 44: 1055-1059, TUBİTAK doi:10.3906/sag-1308-6
- [9] Eby, G. ; Eby, K. (2006). Rapid recovery from major depression using magnesium treatment. *Med Hypotheses.* 67.
- [10] Food Processor SQL. (2008). Food Processor nutrition and fitness software. Food Processor SQL Inc., Salem, OR, USA.
- [11] Forsyth, A. ; Williams, P. ; Deane, F.(2012). Nutrition status of primary care patients with depression and anxiety. *Aust J Prim Health.*18 ,172-176.
- [12] Goren, J.; Tewksbury, A.(2011). The use of omega-3 fatty acids in mental illness. *J Pharm Prac.* 24 , 452- 471.
- [13] Musiager, A.O. (2006) . Food Composition Tables for Arab Gulf Countries. Bahrain: Arab Center for Nutrition .
- [14] National Nutrition Institute.(2006). Food Composition Tables for Egypt.Cairo: National Nutrition Institute .
- [15] Pellet, P.L.; Shadarevian, S. (1970) . Food Composition Tables for Use in the Middle East, 2nd edn. Beirut: American University of Beirut.
- [16] Ratcliffe, T.; Dabin, S.; Barker, P.(2011). Physical healthcare for people with serious mental illness. *Clin Governance.*16:20-28.
- [17] Stanga, Z. ; Zurfluh, Y. ; Roselli, A. et al.(2003). Hospital food: a survey of patients' perceptions. *Clin Nutr.* 23:241-246 .
- [18] Takruri, H.R.; Tukan, S.K. ; Ahmad, M.N. (1990) .The status of dietetics in some main hospitals in Jordan. *Jordan Medical Journal*, 24(1): 35-43.
- [19] The National Mental Health Team .(2010). National Report on Mental Health System and Services in Jordan The Higher Council for Science and Technology. Amman – Jordan .
- [20] The Scottish Government, Edinburgh (2008). FOOD IN HOSPITALS. ,The Scottish Government St Andrew's House Edinburgh ,EH1 3DG Available at : <http://www.gov.scot/resource/doc/229423/0062185.pdf>
- [21] Walton, K. ; Williams, P. ; Tapsell, L. et al.(2007). Rehabilitation inpatients are not meeting their energy and protein needs. *e-SPEN Eur e-J Clin Nutr Metab.*2:e120-e126.
- [22] Williams, P. ; Hazlewood, T. ; Pang, G. (2014). Development of nutrition standards and therapeutic diet specifications for public hospitals in New South Wales. *Australian Health Review*, 38 (4), 467-470.

ANNEXE

جدول (1). متوسط ووسيط المحتوى من الطاقة وبعض العناصر الغذائية اليومية بالغذاء العادي والغذاء العلاجي المقدمة للمرضى.

الغذاء العلاجي Therapeutic Diet (Menu 2)			الغذاء العادي Regular Diet (Menu 1)			العنصر الغذائي
±المتوسط الحسابي الانحراف المعياري	الوسيط	المدى	±المتوسط الحسابي الانحراف المعياري	الوسيط	المدى	
1641,2±176,1	1616,7	1980,3-1457,7	1346,4 ±166,1	1292,9	1665-1175	الطاقة (ك.ك)
12,7± 57,6	63,7	74,7- 40,4	45,9±9,8	51,3	55,8-30,9	الدهون (جم)
86,7±235,4	226,2	382,8 -110,7	88,2± 198,7	193,2	350,1 - 97,3	الكربوهيدرات (جم)
21,2±69,9	58,6	98,7- 43,2	18,2 ±59,5	50,43	85,1-35,81	البروتين (جم)
42,7±491,9	356,1	1454,7-255,9	44,4±349,1	201,9	1344,8-56,2	الكالسيوم (ملجم)
728,6±1204,8	857,4	1963,1- 356,3	72,2± 890,1	512,58	1698,7-89,7	الصوديوم (ملجم)
6,4±13,6	11,4	26,1- 7,3	5,1±8,9	6,6	18,8- 4,1	الحديد (ملجم)

جدول (2). مقارنة النسبة المئوية لمتوسط محتوى كل من الطاقة وبعض العناصر الغذائية في الوجبات الغذائية اليومية بالغذاء العادي والغذاء العلاجي المقدمة للمرضى مع الكميات الموصى بتناولها*.

العنصر الغذائي	الكمية الموصى بتناولها (Goal)	متوسط المحتوى الغذاء العادي Menu 1	% من الكمية الموصى بتناولها (% Goal)	متوسط المحتوى الغذاء العلاجي Menu2	% من الكمية الموصى بتناولها (% Goal)
الطاقة (ك.ك)	1914	1346,4	70,4	1641,2	85,7
البروتين (جم)	90	59,5	66,1	69,9	77,7
% مساهمة الدهون من الطاقة الكلية	> 35%	45,9	30,7	57,6	31,6
الكالسيوم (ملجم)	1000	349,1	34,9	491,9	49,2
الصوديوم (ملجم)	> 2300	890,1	38,7	1204,8	52,4
الحديد (ملجم)	11	8,9	80,9	13,6	123,6

*Ref.: Agency for Clinical Innovation 2013, Nutrition Standards FOR CONSUMERS OF INPATIENT MENTAL HEALTH SERVICES IN NSW. at: <http://www.aci.health.nsw.gov.au/resources/nutrition/nutrition-food-in-hospitals/nutrition-standards-diets/nutrition-standards-inpatient-mental-health>

جدول (3). النسبة المئوية لمساهمة كل من الطاقة والكربوهيدرات والبروتينات والدهون في الوجبات الغذائية اليومية بالغذاء العادي والغذاء العلاجي المقدمة للمرضى

الغذاء العلاجي Therapeutic Diet - Menu 2				الغذاء العادي Regular Diet - Menu 1			الطاقة والمغذيات الكبرى
وجبة خفيفة	وجبة العشاء	وجبة الغذاء	وجبة الفطور	وجبة العشاء	وجبة الغذاء	وجبة الفطور	
14,3	29,1	29,9	26,7	32	39	29	الطاقة
11,1	26	37,1	25,8	30	45	25	الكربوهيدرات
6,1	27,4	48,4	18,1	28,8	53,1	48,1	البروتينات
9,9	23,8	24,2	42,1	27,2	20,2	52,6	الدهون

EVALUATION DE LA DIVERSITE GENETIQUE DU POURGHÈRE (*Jatropha curcas* L.) AU BURKINA FASO

[ASSESSMENT OF GENETIC DIVERSITY OF *Jatropha curcas* L. in BURKINA FASO]

Fidèle Kouka TIENDREBEOGO, Nerbéwendé SAWADOGO, Romaric Kiswendsida NANEMA, Ernest Renan TRAORE, Pauline BATIONO-KANDO, Jean-Didier ZONGO, and Mahamadou SAWADOGO

Equipe Genetique et Amélioration des Plantes (EGAP), Laboratoire Biosciences,
Université Ouaga I Pr Joseph KI-ZERBO, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso

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: *Jatropha curcas* L. is a perennial oleaginous plant which is known for its multiple uses. The oil extracted from its seeds is used in the manufacture of biodiesel and soap. The plant also has therapeutic virtues and insecticidal properties. In Burkina Faso, the species remains under exploited. Despite its potentialities, the genetic diversity of this phylogenetic resource is badly known. This study was conducted to determine the level and the structuring of the genetic variability of a collection of 70 accessions coming from the various phytogeographical sectors of the country and to estimate the genetic parameters of the various characters. Thus, an agro-morphological evaluation of the collection was carried out during the rainy season 2014. Eleven (11) quantitative characters relating to the vegetative development and the potential of production of the plant were used. This study revealed the existence of variability within accessions. The characters related to the yield showed greater variability than those related of the vegetative development. The analysis of the structuring of variability showed that plants which have an important vegetative development are more productive than those of little size. The estimate of the genetic parameters revealed a weak difference between the phenotypic and genotypic coefficients of variation and high broad sense heritability for all the characters. The characters related to the yield expressed the highest expected genetic advance, phenotypic and genotypic coefficients of variation. The results of the study can be exploited in *Jatropha curcas*' improvement program.

KEYWORDS: *Jatropha curcas*, genetic variability, Burkina Faso.

RESUME: Le pourghère (*Jatropha curcas* L.) est une plante oléagineuse pérenne connue pour ses usages multiples. L'huile extraite de ses graines est utilisée dans la fabrication de biodiesel et de savon. La plante possède également des vertus thérapeutiques et des propriétés insecticides. Au Burkina Faso, l'espèce reste sous exploitée. Malgré ses potentialités, la diversité génétique de cette plante reste mal connue. La présente étude vise à connaître le niveau et la structuration de la variabilité génétique d'une collection de 70 accessions provenant des différents secteurs phytogéographiques du pays et à estimer les paramètres génétiques des différents caractères. Ainsi, une évaluation agro-morphologique de la collection a été effectuée au cours de la saison des pluies 2014. Onze (11) caractères quantitatifs relatifs au développement végétatif et au potentiel de production de la plante ont été mesurés. L'étude a mis en évidence l'existence d'une variabilité au sein des accessions. Les caractères liés au rendement ont présenté une variabilité plus grande que ceux relatifs au développement végétatif. L'analyse de la structuration de la variabilité a montré que les plants au développement végétatif important sont plus productifs que ceux de petite taille. L'estimation des paramètres génétiques a révélé une faible différence entre les coefficients de variation phénotypique et génotypique et une hérabilité au sens large élevée pour tous les caractères. Les caractères liés au rendement ont exprimé les gains génétiques attendus et les coefficients de variations phénotypique et génotypique les plus élevés. Ces résultats pourront être exploités dans les programmes d'amélioration de *Jatropha curcas*.

MOTS-CLEFS: *Jatropha curcas*, variabilité génétique, Burkina Faso.

1 INTRODUCTION

Le pourghère (*Jatropha curcas* L.) est une espèce pérenne diploïde ($2n = 22$) de la famille des Euphorbiacées [1]. C'est une plante bien connue des populations locales de l'Afrique de l'Ouest qui l'utilisent comme haie pour délimiter les maisons et les exploitations agricoles ainsi que dans la médecine traditionnelle [2]. L'importance socio-économique de la plante réside dans la capacité de la graine à produire une huile facilement convertible en biodiesel [3]. Les travaux antérieurs de [4] ont mis en évidence l'intérêt économique que présente l'utilisation de l'huile de pourghère pour les pays pauvres notamment d'Afrique tropicale et d'Asie. Au Burkina Faso le pourghère est présent dans tous les secteurs phytogéographiques dans des conditions environnementales diversifiées mais sa culture reste sporadique malgré ses atouts économiques avérés. Comparativement au soja, au coton, à l'arachide, au tournesol et au ricin, très peu de travaux de recherche ont été réalisés sur la diversité génétique du pourghère à l'échelle mondiale [5, 6]. Au Burkina Faso la variabilité génétique de l'espèce est encore mal connue [7]. C'est ainsi dans le cadre d'un programme, plusieurs prospections réalisées à travers tout le pays ont permis de faire un inventaire des accessions cultivées dans chaque région et de constituer une collection. Les travaux de recherche réalisés sur cette collection portent essentiellement sur la physiologie [8, 7] et non pas sur la génétique de la plante. Or parmi les facteurs déterminants pour une stratégie de conservation, l'évaluation de la diversité génétique des différentes populations de l'espèce est un facteur important [9]. Les collections d'accessions ont besoin d'être précisément décrites, répertoriées et évaluées quant à leur diversité génétique pour qu'elles deviennent un outil précieux pour le sélectionneur ou l'améliorateur [10]. En effet, selon [11], l'utilisation et la gestion durable des arbres ou arbustes demandent une analyse de la variabilité de leur matériel végétal sur le plan morphologique afin de différencier les individus et de cibler les morphotypes intéressants à reproduire. Pour évaluer la diversité génétique de la collection notamment le niveau et la structuration, nous avons observé des caractères morphologiques liés au développement végétatif de l'arbre ainsi que des caractères agronomiques liés à la productivité de chaque accession.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 SITE EXPERIMENTAL

Une caractérisation agro-morphologique a été réalisée sur un site, à $1^{\circ} 21' 0,9''$ de longitude Ouest, $12^{\circ} 24' 10,7''$ de latitude Nord et 924 m d'altitude, situé dans la station expérimentale de l'Institut du Développement Rural (IDR) de Gampèla. La station est caractérisée par des sols très hétérogènes, profonds, de fertilité physico-chimique faible et de texture à dominante sablo-argileuse [12]. La pluviosité enregistrée dans la station entre 2009 et 2014 sont consignées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Pluviosité de la station expérimentale de Gampèla de 2009 à 2014

Année	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Pluviosité (mm)	853,6	843	728	984,8	748,9	901,9

2.2 MATERIEL VEGETAL

L'étude a porté sur 70 accessions de pourghère collectées dans les différents secteurs phytogéographiques du Burkina Faso. La prospection-collecte a été faite d'octobre 2008 à janvier 2009 et la plantation de juillet à août 2009. Dans cette étude, une accession est un ensemble de graines issues de pollinisation naturelle récoltées sur un même arbre lors de la prospection. Les graines ont été conservées à la température du laboratoire sans aucun traitement chimique préalable. La figure 1 ci-dessous présente la position géographique des différents sites de collecte des accessions étudiées.

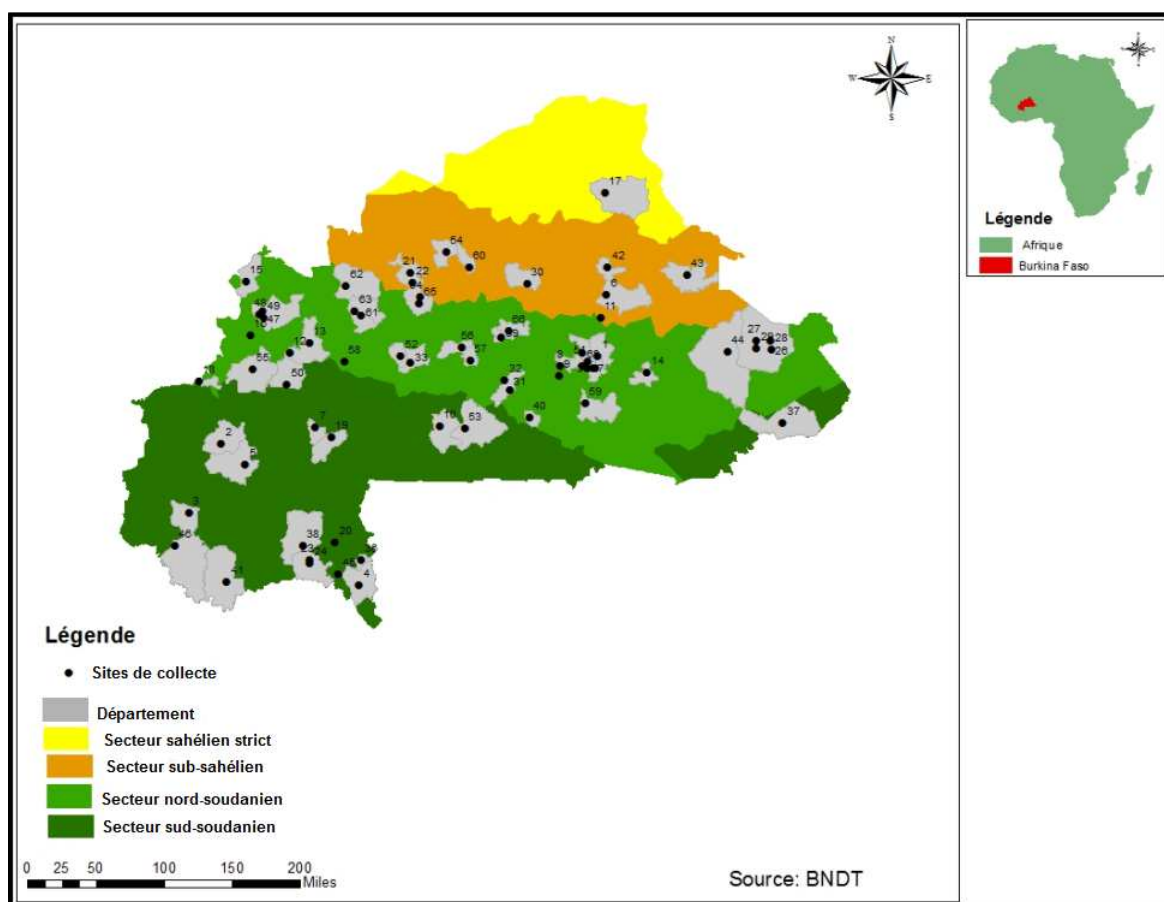


Fig. 1. Position géographique des sites de collecte de *Jatropha curcas* L.

2.3 DISPOSITIF EXPERIMENTAL ET PRATIQUES CULTURALES

Le dispositif expérimental utilisé est constitué de 70 parcelles élémentaires de 8 m x 8 m. Chaque parcelle élémentaire contient 9 pieds disposés en trois lignes. Les écartements entre les pieds et les lignes étaient de 4 m. Les allées entre les parcelles élémentaires étaient également de 4 m.

La surface retenue pour l'essai a d'abord été piquetée aux écartements de 4 m x 4 m avant de creuser les trous. Les trous ouverts avaient une profondeur et un diamètre de 60 cm x 60 cm. La terre de la partie supérieure du trou plus riche en matières nutritives a été séparée de celle de la partie inférieure moins riche. La terre de la partie supérieure a été ensuite remise au fond du trou puis complétée par celle de la partie inférieure.

Les accessions de pourghère ont été d'abord cultivées en pépinière dans des sachets en plastique opaque, de 20 cm x 30 cm, souples et percés de trous sur les côtés. Ces sachets ont été remplis de terre composée de fumier et de sable mélangés dans les proportions respectives d'une dose pour trois. Chaque sachet a reçu deux graines semées à une profondeur de 3 cm environ. Un démariage a été réalisé deux semaines après semis. L'humidité au niveau des sachets a été assurée par un arrosage une fois par jour. Les plants ont ensuite été plantés quatre mois après semis après le passage d'une pluie de 20 à 25 mm. Du furadan à la dose de 16,7 kg/ha a été utilisé pour protéger le système racinaire des plants de l'attaque des termites et des nématodes. Les arbres ont ensuite été conduits sans apport de fertilisants, sans irrigation et sans aucun traitement phytosanitaire. Un désherbage et un binage ont été réalisés au besoin pour favoriser la croissance des plants.

2.4 CARACTERES ETUDIES

En se basant sur les travaux [13, 5], onze (11) variables quantitatives ont été choisies pour caractériser la diversité génétique de *Jatropha curcas* L. cinq ans après plantation. Ces paramètres ont été mesurés sur trois pieds échantillonnés par

accession. Il s'agit d'une part des caractères liés au développement végétatif des arbres mesurés trois mois après l'apparition des premières feuilles. Ce sont :

- les caractères dendrométriques des arbres : il s'agit de la hauteur de la plante (HPL), du diamètre du houppier (DHO) et de la tige (DTI) et du nombre de branches principales (NBP) ;
- les caractères liés aux dimensions des feuilles mesurés sur trois feuilles fraîches, totalement développées et non parasitées, par individu : il s'agit de la largeur de la feuille (LAF), de la longueur de la feuille (LOF) et du pétiole (LOP).

D'autre part, il s'est agi des caractères liés à la productivité mesurés au stade fruit mûr et sec : il s'agit du poids des fruits (PFA), des graines (PGA) et de la pulpe (PPA) par accession et du ratio entre le poids des graines et celui des fruits par accession ($RGF = (PGA/PFA) \times 100$).

3 ANALYSE DES DONNEES

Le logiciel GenStat v4.10.3 (VSN International, 2011) a été utilisé pour estimer les paramètres statistiques (moyennes, valeurs minimales et maximales, coefficients de variation) et pour l'analyse de variance (ANOVA) dans le but de montrer s'il existe des différences significatives entre les accessions étudiées.

Pour l'étude de la relation entre les caractères et la classification ascendante hiérarchique (CAH), le logiciel Statistica version 6 a été utilisé. Les corrélations de Pearson entre les caractères pris 2 à 2 ont été calculées aux seuils de 5% et 1%. Une classification ascendante hiérarchique avec pour critère d'agrégation la méthode de Ward a été effectuée pour l'analyse de la structuration de la variabilité au sein de la collection.

La différenciation des groupes issus de la CAH a été analysée par une analyse factorielle discriminante (AFD) grâce au logiciel Xlstat-Pro 7.5.2.

Pour l'ensemble des caractères, les paramètres génétiques ont été estimés à partir des composantes de l'analyse de variance. Les variances génotypique et phénotypique (VG et VP), les coefficients de variation génotypique et phénotypique (GCV et PCV), l'héritabilité au sens large (H^2) et le gain génétique attendu (GA) ont été calculés selon les formules utilisées par [14, 15] présentées dans le tableau 2.

Tableau 2 : Formules utilisées pour l'estimation des paramètres génétiques

Paramètres	Formules utilisées
Variance génotypique (VG)	$V_G = (MS_G - MS_E)/n$
Variance phénotypique (VP)	$VP = VG + (MS_E/n) = MS_G/n$
Héritabilité au sens large (H^2)	$H^2 (\%) = (V_G/V_P) \times 100$
Coefficient de variation génotypique (GCV)	$GCV (\%) = (\sigma_G/X) \times 100$
Coefficient de variation phénotypique (PCV)	$PCV (\%) = (\sigma_P/X) \times 100$
Gain génétique attendu (GA)	$GA = H^2 \sigma_P K$
Gain génétique attendu par rapport à la moyenne du caractère [GAx (%)]	$GA (\% \text{ moyenne du caractère}) = (GA/X) \times 100$

MS_G : carré moyen des génotypes; MS_E : carré moyen de l'erreur; n : nombre d'individus échantillonnés par accession; σ_G : écart-type de la variance génotypique; σ_P : écart-type de la variance phénotypique; K : constante: avec un coefficient de sélection de 5%, K est 2,06; X : moyenne du caractère.

4 RESULTATS ET DISCUSSION

4.1 RESULTATS

4.1.1 ANALYSE DES CARACTERES QUANTITATIFS ETUDIES

Les résultats de l'analyse de variance consignés dans le tableau 3 montrent que les accessions sont différentes entre elles au seuil de 1% pour l'ensemble des caractères étudiés. De grandes amplitudes de variation ont été notées pour les caractères ayant trait au développement végétatif. Ces amplitudes sont encore plus grandes pour les caractères liés à la productivité.

Des classes de variation basées sur les coefficients de variation (CV) ont été constituées en utilisant une échelle à quatre niveaux proposée et testée par [16] : (1) variation faible ($CV=0-10\%$); (2) variation moyenne ($CV=10-15\%$) ; (3) variation assez importante ($CV=15-44\%$) et (4) variation importante ($CV>44\%$).

Les caractères étudiés se répartissent ainsi en quatre classes de variation. Les dimensions des feuilles notamment la largeur de la feuille (CV=7,62%) et la longueur de la feuille (CV=7,89%) ont révélé une variation faible alors que les caractères liés à la productivité à savoir le poids des fruits par accession (CV=126,99%), le poids des graines ou rendement par accession (CV=131,81%) et le poids de la pulpe par accession (121,43%) ont montré une variation importante. Une variation moyenne a été notée pour la hauteur de la plante (CV=11,98%), la longueur du pétiole (CV=12,17%) et le ratio entre le poids des graines et celui des fruits (CV=10,82%). Quant aux variables telles que le diamètre du houppier (CV=18,94%), le nombre de branches principales (CV=22,43%) et le diamètre de la tige (CV=17,51%), on a noté une variation assez importante.

Tableau 3 : Performances des accessions de *Jatropha curcas* L.

Variables	Min	Max	Moy	CV (%)	F
HPL (cm)	125	345	210,6	11,98	4,13**
DHO (cm)	100	450	262,7	18,94	2,9**
DTI (cm)	6,369	21,02	12,36	17,51	3,31**
NBP	2	11	5,401	22,43	3,16**
LAF (cm)	8,8	22,73	16,33	7,62	2,79**
LOF (cm)	9,5	19,06	14,08	7,89	2,73**
LOP (cm)	6,96	26,23	16,65	12,17	2,14**
PFA (g)	1	1486	191,5	126,99	2,11**
PGA (g)	0,2	934,8	114,3	131,81	2,14**
PPA (g)	0,4	588,5	77,24	121,43	2,04**
RGF (%)	10	72,12	57,33	10,82	2,32**

HPL : hauteur de la plante ; DHO : diamètre du houppier ; DTI : diamètre de la tige ; NBP : nombre de branches principales ; LAF : largeur de la feuille ; LOF : longueur de la feuille ; LOP : longueur du pétiole ; PFA : poids des fruits par accession ; PGA : poids des graines par accession ; PPA : poids de la pulpe par accession ; RGF : ratio entre le poids des graines et le poids des fruits ; ** (0,001) : hautement significatif ; F : valeur de Fisher.

4.1.2 RELATIONS ENTRE LES CARACTERES

La matrice de corrélation du tableau 4 met en évidence de nombreuses corrélations significatives aux seuils de 5% et 1%. Des corrélations positives et significatives ($r = 0,67$) ont été notées entre le diamètre du houppier et les caractères liés à la productivité tels le poids des fruits, des gaines et la pulpe par accession. Quant à la hauteur de la plante, elle est positivement et significativement corrélée au diamètre du houppier ($r = 0,78$), à la largeur de la feuille ($r = 0,61$), à la longueur de la feuille ($r = 0,74$) et à la longueur du pétiole ($r = 0,73$). Le diamètre de la tige est positivement et significativement corrélé au diamètre du houppier ($r = 0,62$) et au nombre de branches principales ($r = 0,60$). Ces différentes relations montrent que le développement végétatif et la productivité sont significativement corrélés.

Tableau 4 : Matrice de corrélations des caractères quantitatifs de la collection de *Jatropha curcas* L.

	HPL	DTI	DHO	NBP	LAF	LOF	LOP	PFA	PGA	PPA
HPL										
DTI	0,25*									
DHO	0,78**	0,62**								
NBP	0,14	0,60**	0,34**							
LAF	0,61**	-0,06	0,37**	-0,03						
LOF	0,74**	0,10	0,56**	0,03	0,93**					
LOP	0,73**	0,12	0,58**	0,15	0,72**	0,80**				
PFA	0,45**	0,37**	0,67**	0,20	0,13	0,23	0,34**			
PGA	0,45**	0,36**	0,67**	0,20	0,13	0,23	0,35**	1,00**		
PPA	0,43**	0,39**	0,67**	0,21	0,13	0,23	0,34**	1,00**	0,99**	
RGF	0,46**	-0,03	0,34**	-0,05	0,26*	0,32**	0,44**	0,31**	0,34**	0,27*

HPL : hauteur de la plante ; DHO : diamètre du houppier ; DTI : diamètre de la tige ; NBP : nombre de branches principales ; LAF : largeur de la feuille ; LOF : longueur de la feuille ; LOP : longueur du pétiole ; PFA : poids des fruits par accession ; PGA : poids des graines par accession ; PPA : poids de la pulpe par accession ; RGF : ratio entre le poids des graines et le poids des fruits.

*corrélation significative au seuil de 5% ; **corrélation significative au seuil de 1%.

4.1.3 STRUCTURATION DE LA VARIABILITE DES ACCESSIONS DE POURGHÈRE

La classification ascendante hiérarchique (figure 2) donne une structuration des 70 accessions en trois groupes à une distance d'agrégation de 2000. Le test du lambda de Wilks donne une valeur de 0,066 et une p-value < 0,0001 au seuil de 5% montrant que les groupes sont des entités distinctes. La structuration obtenue est faiblement liée à l'origine géographique des accessions. Les groupes 1 et 2 renferment chacun des accessions originaires des trois secteurs phytogéographiques appartenant aux domaines sahélien et soudanien (secteurs phytogéographiques nord-sahélien, nord-soudanien et sud-soudanien). Cependant le groupe 3 est constitué d'accessions provenant des deux secteurs phytogéographiques du domaine soudanien (secteurs phytogéographiques nord-soudanien et sud-soudanien). Les résultats de l'analyse de variance consignés dans le tableau 6 montrent des différences hautement significatives au seuil de 1% entre les groupes pour les caractères liés au développement végétatif tels que la hauteur de la plante (HPL), le Diamètre du houppier (DHO) et de la tige (DTI), le nombre de branches principales (NBP) et les caractères liés à la productivité notamment le poids des fruits (PFA), des graines (PGA) et la pulpe par accession (PPA). Par ailleurs, le diamètre du houppier et les composantes du rendement sont les principaux facteurs permettant de discriminer les groupes. Ainsi les accessions du groupe 3 ont un grand diamètre du houppier (323,1 cm) et un rendement (poids des graines par accession) élevé (340,992 g) alors que le groupe 2 est composé d'accessions au petit diamètre du houppier (238,3 cm) et à faible rendement (27,741 g). Quant au groupe 1, il est constitué des accessions aux performances moyennes (DHO : 282,6 cm, PGA : 83,684 g).

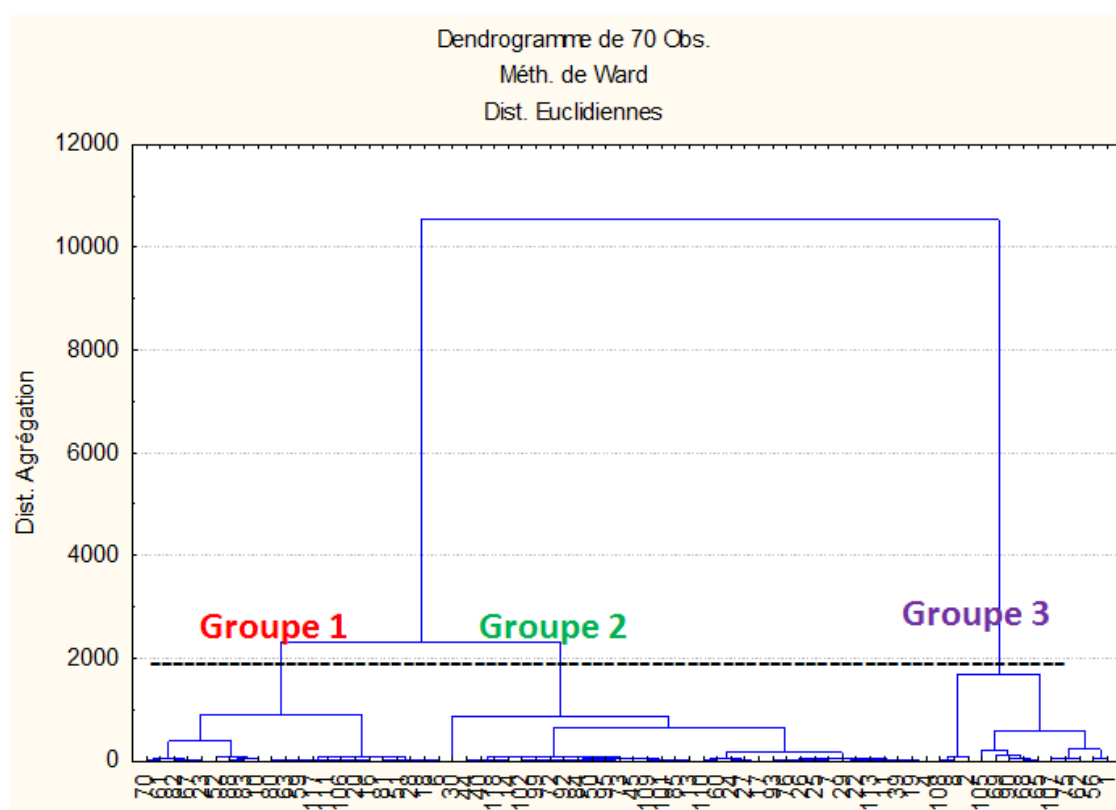


Fig. 2. Classification ascendante hiérarchique des 70 accessions de *Jatropha curcas* L.

L'analyse factorielle discriminante (figure 3) montre la position des individus et des centres de gravité des groupes dans le système d'axes canoniques 1 et 2 avec 100% d'inertie. Les coordonnées des variables (tableau 5) montrent que le diamètre du houppier (DHO), le poids des fruits (PFA) et des graines par accession (PGA) sont fortement et négativement corrélés à l'axe F1 tandis que le diamètre de la tige (DTI) et le nombre de branches principales (NBP) sont fortement et négativement corrélés à l'axe F2. Par ailleurs, l'examen de la statistique F de Fisher indique que ces cinq caractères (DHO, PFA, PGA, DTI et NBP) sont les plus discriminants avec des valeurs de F relativement élevées et une probabilité inférieure à 0,0001. Ces résultats sont confirmés par le test de Newman-Keuls (tableau 6).

La relation des groupes avec les axes montrent que les groupes 2 (G2) et 3 (G3) sont opposés et fortement corrélés à l'axe 1 alors que le groupe 1 (G1) est fortement corrélé à l'axe 2.

Tableau 5 : Valeurs propres et pourcentage de variation exprimée pour les deux premiers axes à partir de 9 caractères quantitatifs en analyse factorielle discriminante

Composantes principales	F1	F2
Valeur propre	7,329	0,823
Variance totale (%)	89,910	10,090
Variance totale cumulée (%)	89,910	100,000
HPL	-0,423	0,023
DTI	-0,506	-0,651
DHO	-0,668	-0,188
NBP	-0,293	-0,583
LAF	-0,051	0,265
LOF	-0,153	0,155
LOP	-0,223	0,270
PFA	-0,975	0,182
PGA	-0,968	0,213

HPL : hauteur de la plante ; DHO : diamètre du houppier ; DTI : diamètre de la tige ; NBP : nombre de branches principales ; LAF : largeur de la feuille ; LOF : longueur de la feuille ; LOP : longueur du pétiole ; PFA : poids des fruits par accession ; PGA : poids des graines par accession.

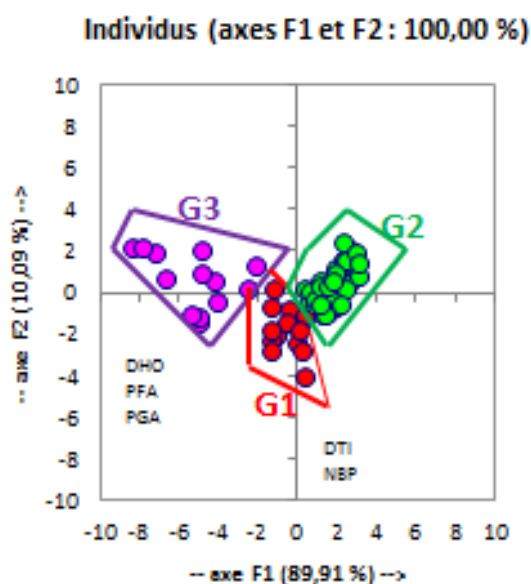


Fig. 3. Position des groupes agromorphologiques de *Jatropha curcas* L. en analyse factorielle discriminante

Tableau 6 : Performances moyennes des groupes de *Jatropha curcas* L. du Burkina Faso, Sans après plantation

Variables	Groupes			F
	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	
	Moyenne	Moyenne	Moyenne	
HPL (cm)	212,3 ^B	202,4 ^B	236,5 ^A	6,274**
DHO (cm)	282,6 ^B	238,3 ^C	323,1 ^A	23,13***
NBP	6,571 ^A	4,969 ^B	5,808 ^A	9,955***
DTI (cm)	14,744 ^A	11,215 ^B	13,943 ^A	23,882***
LAF (cm)	15,845 ^A	16,422 ^A	16,676 ^A	1,176ns
LOF (cm)	13,868 ^A	14,03 ^A	14,537 ^A	1,083ns
LOP (cm)	16,074 ^A	16,559 ^A	17,683 ^A	2,784ns
PFA (g)	150,129 ^B	47,898 ^C	557,159 ^A	191,818***
PGA (g)	83,684 ^B	27,741 ^C	340,992 ^A	182,727***
PPA (g)	66,475 ^B	20,636 ^C	216,167 ^A	187,83***
RGF (%)	54,368 ^B	57,005 ^B	60,977 ^A	4,523*
Nombre d'accessions	14	43	13	

HPL : hauteur de la plante ; DHO : diamètre du houppier ; DTI : diamètre de la tige ; NBP : nombre de branches principales ; LAF : largeur de la feuille ; LOF : longueur de la feuille ; LOP : longueur du pétiole ; PFA : poids des fruits par accession ; PGA : poids des graines par accession ; PPA : poids de la pulpe par accession ; RGF : ratio entre le poids des graines et le poids des fruits.

*(0,01) : significatif ; ** (0,001) : hautement significatif ; *** (0,0001) : très hautement significatif ; ns : non significatif ; F : valeur de Fisher.

4.1.4 ESTIMATION DES PARAMETRES GENETIQUES DU POURGHIER DU BURKINA FASO

4.1.4.1 COEFFICIENTS DE VARIATION GENOTYPIQUE ET PHENOTYPIQUE

Pour tous les caractères étudiés, les coefficients de variation phénotypique sont plus élevés que les coefficients de variation génotypique. Selon Sumathi et al. (2010), les coefficients de variation génotypique et phénotypique sont faibles en deçà de 11%, modérés entre 11 et 20% et élevés au-delà de 20%. Ainsi des coefficients de variation génotypique et phénotypique élevés sont observés pour le caractère diamètre du houppier (72,238 et 86,483%) et les caractères liés à la productivité (PFA : 77,298 et 106,539%, PGA : 81,385 et 111,405%, PPA : 71,558 et 100,175%). Les caractères hauteur de la plante, diamètre de la tige ont des coefficients de variation génotypique et phénotypique modérés et les autres caractères ont des coefficients de variation faibles excepté le caractère nombre de branches principales qui a un coefficient de variation génotypique modéré et un coefficient de variation phénotypique élevé.

4.1.4.2 HERITABILITE AU SENS LARGE

Selon Johnson (1955), Stanfield (1975), l'héritabilité est élevée au-delà de 50%, faible en deçà de 20% et moyenne entre 20 et 50%. L'héritabilité des caractères étudiés, qui a varié de 51,027% pour le caractère poids de la pulpe par accession à 75,804% pour le caractère hauteur de la plante, est élevée pour tous les caractères.

4.1.4.3 GAIN GENETIQUE ATTENDU

Le gain génétique attendu par rapport à la moyenne a varié de 0,219% pour le caractère hauteur de la plante à 122,475% pour le caractère poids des graines par accession. Les caractères liés au rendement enregistrent les gains génétiques les plus élevés par rapport aux caractères relatifs au développement végétatif qui expriment les valeurs les moins élevées.

Tableau 7 : Paramètres génétiques calculés du pourghère du Burkina Faso

Variables	MS _G	MS _E	VG	VP	H ² (%)	vVG	vVP	GCV (%)	PCV (%)	GA	GAX (%)
HPL (cm)	0,263	0,064	0,066	0,088	75,804	0,2585	0,296	12,24	14,059	46,234	0,219
DHO (cm)	15,485	4,681	3,601	5,162	69,771	1,898	2,272	72,2389771	86,484	326,539	1,243
NBP	4,638	1,468	1,057	1,546	68,348	1,028	1,243	19,032	23,021	175,065	32,414
DTI (cm)	15,485	4,681	3,601	5,162	69,771	1,898	2,272	15,358	18,381	326,539	26,419
LAF (cm)	4,316	1,549	0,922	1,439	64,110	0,960	1,199	5,881	7,345	158,407	9,700
LOF (cm)	3,365	1,233	0,711	1,122	63,358	0,843	1,059	5,987	7,522	138,230	9,817
LOP (cm)	8,793	4,108	1,562	2,931	53,281	1,25	1,712	7,506	10,282	187,909	11,286
PFA (g)	124877	59141	21912	41625,667	52,641	148,027	204,024	77,299	106,540	22124,254	115,531
PGA (g)	48644	22684	8653,333	16214,667	53,367	93,023	127,336	81,385	111,406	13998,988	122,476
PPA (g)	17961	8796	3055	5987	51,027	55,272	77,376	71,559	100,176	8133,431	105,301
RGF (%)	89,25	38,46	16,93	29,75	56,908	4,115	5,454	7,177	9,514	639,412	11,153

MS_G : carré moyen du génotype, MS_E : carré moyen de l'erreur, VG : variance génotypique, VP : variance phénotypique, H² : héritabilité au sens large,

vVG : écart-type de la variance génotypique, vVP : écart-type de la variance phénotypique, GCV : Coefficient de variation génotypique, PCV : Coefficient de variation phénotypique, GA : Gain génétique attendu, GAX : Gain génétique attendu par rapport à la moyenne.

HPL : hauteur de la plante ; DHO : diamètre du houppier ; DTI : diamètre de la tige ; NBP : nombre de branches principales ; LAF : largeur de la feuille ; LOF : longueur de la feuille ; LOP : longueur du pétiole ; PFA : poids des fruits par accession ; PGA : poids des graines par accession ; PPA : poids de la pulpe par accession ; RGF : ratio entre le poids des graines et le poids des fruits.

4.2 DISCUSSION

L'évaluation agromorphologique des accessions de pourghère a mis en évidence l'existence de plusieurs caractères discriminants. Cela traduit l'existence d'une grande diversité morphologique au sein de la collection étudiée. Nos résultats sont similaires à ceux de [17] sur l'évaluation des accessions de *Jatropha curcas* L. du germoplasme du bureau national des ressources phytogénétiques de l'Inde et à ceux de [15] sur l'étude d'accessions de pourghère en Malaisie. Par ailleurs l'analyse de variance a montré une plus grande variabilité génétique entre les accessions pour le rendement. Une telle variabilité, pouvant être exploitée dans les programmes d'amélioration génétique de l'espèce, a déjà été rapportée par [18] sur des accessions de *Jatropha curcas* L. du germoplasme du Brésil. Ainsi les caractères poids des fruits et poids des graines par accession ont présenté des coefficients de variation élevés (> 30%) indiquant une hétérogénéité des accessions pour la productivité. Des résultats similaires pour ces deux caractères ont également été obtenus par [13]. Par ailleurs, un coefficient de variation relativement élevé (284,52%) pour le nombre de fruits par arbre a été noté par [2] au Bénin. [19] indiquent que ces différences observées pour les fruits et les graines au niveau des individus s'expliquent par la fécondation croisée (allogamie). La grande part de la variabilité observée dans cette étude serait donc liée au mode de reproduction de la plante qui est exclusivement l'allogamie. La pollinisation est faite par les insectes et en cas d'absence d'insectes (en serre), il n'y a pas de pollinisation [20], d'où l'inexistence d'autofécondation naturelle. La pollinisation par les insectes se trouve d'ailleurs accentuée par la forte densité des arbres car selon [7], la plupart des sites de collecte des accessions étudiées sont des haies. La densité linéaire dans les haies varie selon [2], de 3 à 10 plants/m. En effet, la fécondation croisée favorise un brassage génétique naturel conduisant à une diversité génétique importante au sein de l'espèce [21]. [22] indique également que la forte variabilité phénotypique révélée dans plusieurs études peut être interprétée comme de la plasticité écologique qui justifie la large diffusion de l'espèce.

La connaissance de l'amplitude de la corrélation entre les caractères est importante dans le choix des méthodes d'amélioration et la formulation de stratégies pour la sélection simultanée de plusieurs caractères [5]. Les corrélations notées dans notre étude corroborent celles observées par [5] et [15]. Le diamètre du houppier par exemple est positivement corrélé au poids des graines par accession ou rendement par accession. Cette corrélation est intéressante pour les programmes d'amélioration car selon [19], la sélection des accessions élites à reproduire pour l'extraction d'huile doit être orientée vers ceux présentant les meilleures caractéristiques du houppier et de poids de la graine. Cela se justifie par le fait que selon [23] la quantité de graines produite d'une part est corrélée positivement au houppier et d'autre part le poids de la graine et la teneur en huile, sont positivement corrélés.

L'analyse de la diversité génétique à travers la classification ascendante hiérarchique constitue un outil puissant permettant d'accéder à la contribution relative des différents caractères à la diversité totale et de quantifier le degré de divergence ou de similarité entre les accessions [24]. Ainsi les accessions de la collection étudiée se répartissent en trois

groupes sur la base du développement végétatif et du rendement. Cette structuration est indépendante de l'origine géographique des accessions. Ce résultat corrobore ceux de [24] et de [17] qui indiquent que la diversité géographique ne représente pas nécessairement la diversité génétique entre les accessions collectées. Les trois groupes agro-morphologiques obtenus offrent une possibilité de choix de géniteurs pour la création de nouvelles variétés répondant aux besoins des producteurs. Si l'objectif de la sélection est le rendement, elle pourrait être orientée vers les accessions du groupe 3 qui présentent les meilleurs rendements graines par plante.

L'estimation des paramètres génétiques montre que les coefficients de variation phénotypique sont plus élevés que les coefficients de variation génotypique pour tous les caractères mais l'étendue de la différence entre les deux est faible. L'étendue faible de la différence entre ces deux coefficients de variation indique que les caractères sont très peu influencés par le milieu [25]. Par ailleurs les coefficients de variation phénotypique et génotypique sont plus élevés pour les caractères liés au rendement. Des résultats similaires ont été obtenus par [15]. Selon [26] le coefficient de variation indique l'étendue de la variation totale présente dans un caractère et ne distingue pas les portions hérissables et non hérissables de la variabilité. Aussi, l'estimation de l'hérissabilité qui indique précisément le gain hérissable attendu est d'une grande importance. Selon [27], l'hérissabilité est élevée lorsque sa valeur est supérieure à 50%. Ainsi tous les caractères étudiés ont présenté des valeurs d'hérissabilité élevées. Dans notre étude, l'hérissabilité la plus élevée (75,8%) a été notée pour la hauteur de la plante. [23], ont également noté la plus grande valeur d'hérissabilité (87%) pour ce caractère. Les valeurs élevées d'hérissabilité au sens large confirme la faible influence des facteurs environnementaux sur l'expression des caractères. La détermination de l'hérissabilité permet en effet de savoir si la variabilité observée est d'origine génétique [28]. Cependant la valeur d'hérissabilité seule ne donne aucune indication sur l'importance du progrès génétique qui résulterait du choix des meilleurs individus mais couplée avec le gain génétique, cette valeur est plus utile [26]. Les gains génétiques attendus en pourcentage des moyennes ont révélé un comportement variable des caractères. Le caractère hauteur de la plante a présenté une forte hérissabilité associée à un faible gain génétique en pourcentage de la moyenne. Cela indique des effets géniques de type non additif pour ce caractère. Un résultat similaire a été rapporté par [29] pour le même caractère. Il ne pourrait donc pas avoir de possibilités d'amélioration du caractère hauteur de la plante à travers la sélection. Par contre le caractère poids des graines par accession a présenté une forte valeur d'hérissabilité associée à une forte valeur de gain génétique en pourcentage de la moyenne indiquant que les effets géniques de type additif sont importants dans la détermination de ce caractère et par conséquent la possibilité d'une sélection effective pour l'amélioration du rendement. Un résultat similaire pour le même caractère a été obtenu par [15].

5 CONCLUSION

Cette étude a permis de mettre en évidence une importante diversité agro-morphologique au sein des accessions de pourghère collectées. La variabilité observée à l'intérieur des accessions étudiées et la mise en évidence de plusieurs caractères discriminants constituent une base de données pour les programmes d'amélioration génétique de *Jatropha curcas* L. au Burkina Faso notamment la mise au point de cultivars à haut rendement. Ainsi les caractères poids des fruits, des graines et de la pulpe par accession qui ont présenté de fortes valeurs d'hérissabilité au sens large, de coefficient de variation génotypique et de gain génétique attendu pourraient être l'objet d'une sélection pour l'amélioration de la productivité. De plus une hérissabilité au sens large élevée observée pour tous les caractères montre que les variations phénotypiques observées pour l'ensemble des accessions étudiées seraient donc essentiellement liée à l'expression des génotypes. La classification ascendante hiérarchique (CAH) a mis en évidence une structuration des 70 accessions en trois groupes indépendamment de leur origine géographique. Le groupe 3 est celui qui présente des performances intéressantes en termes de rendement et de développement végétatif. Ces résultats pourraient être complétés par une caractérisation moléculaire afin de mieux cerner la structuration de la diversité génétique de l'espèce. Toutefois il faudra élargir l'étude à un plus grand nombre d'accessions ou inclure d'autres paramètres morphologiques, portant notamment sur l'observation des fruits et des paramètres biochimiques en occurrence la teneur en huile.

REFERENCES

- [1] Leela T., Naresh B., Srikanth Reddy M., Madhusudhan N.Ch., Cherku P.D., 2011. Morphological, physic-chemical and micropropagation studies in *Jatropha curcas* L. and RAPD analys of the regenerants. *Applied Energy* 88 (2011) 2071-2079.
- [2] Assogbadjo A.E., Amadji G., Gélé Kakaï R.L., Mama A., Sinsin B., Van Damme P., 2009. Evaluation et ethnobotanique de *Jatropha curcas* L. au Benin. *International journal of Biological and Chemical Sciences*, vol.3 (5): 1065-1077.

- [3] Francis G., Edinger R., Becker K., 2005. A concept for simultaneous wasteland reclamation, fuel production, and socio-economic development in degraded areas in India: need, potential and perspectives of *Jatropha* plantations. *Natural Resources Forum*, vol. 29: 12-24.
- [4] Martin G. et Mayeux A., 1984. Réflexion sur les cultures oléagineuses énergétiques. II. Le Pourghère (*Jatropha curcas* L.): un carburant possible. *Oléagineux*, 39(5), pp. 283-286.
- [5] Freitas R.G., Missio R.F., Matos F.S., Resende M.D.V., Dias L.A.S., 2011. Genetic evaluation of *Jatropha curcas* L.: an important oilseed for biodiesel production. *Genetic and molecular research* 10 (3): pp. 1490-1498.
- [6] Roorda F.A., 1991. *Jatropha curcas* L. (pourghère), a review article, 50 p.
- [7] Ouédraogo M., 2000. Etude biologique et physiologique du pourghère: *Jatropha curcas* L. (*Euphorbiaceae*) en vue d'une meilleure production de carburant de substitution, 284 p.
- [8] Ouédraogo R.F., 2014. Etude des paramètres morpho-physiologiques, biochimiques et moléculaires de trois ecotypes de *Jatropha curcas* soumis à des contraintes lumineuse et hydrique au Burkina Faso, 168p.
- [9] Avana M.L., Tchoundjeu Z., Bell J.M., Vaillant A., Chevallier M.H., 2004. Diversité génétique du *Prunus africana* (Hook.f.) Kalkman au Cameroun. *Bois et forêts des Tropiques*, N° 282 (4), pp. 41-49.
- [10] Lebrun, P., Baudoin, L., Seguin, M., N'cho, Y. P., & Bourdeix, R. (1995). Etude de la diversité génétique du cocotier par RLFP. *OCL. Oléagineux, corps gras, lipides*, 2(6), 418-421.
- [11] Kouyaté AM. et Van Damme P., 2002. Caractères morphologiques de *Detarium microcarpum* Guill. et Perr. au sud du Mali. *Fruits* 67(04) : 231-238.
- [12] BUNASOL, 1988. Etude pédologique de la station expérimentale de Gampèla, échelle 1/5000. N° 59, 279p.
- [13] Heller J., 1996. Physic nut (*Jatropha curcas* L.) in Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. *International Plant Genetic Resources Institute* (IPGRI).1, pp.1-66.
- [14] 14. Hémissi I., 2007. Etude de l'héritabilité et de quelques caractères agronomiques chez le sulla (*Hedysarum spinosissimum* subsp. *Capitatum* (Desf.) Asch. Et Gr), 68p.
- [15] Shabanimofrad M., Rafii M. Y., Wahab M. P. E., Biabani A.R., Latif M.A., 2012. Phenotypic, genotypic and genetic divergence found in 48 newly collected Malaysian accessions of *Jatropha curcas* L. *Industrial and Crops Products* 42 (2013), pp. 543-551.
- [16] Ouédraogo A.S., 1995. *Parkia biglobosa* (Fabaceae) en Afrique de l'Ouest. Biosystématique et amélioration. Thèse. Univ. Agron. Wageningen. Inst. For. Nat. Res. IBN-DLO. Netherlands. 205 p.
- [17] Sunil N., Sujatha M., Kumar V., Vanaja M., Basha S.D., Varaprasad K.S., 2010. Correlating the phenotypic and molecular diversity in *Jatropha curcas* L. pp. 1085-1096.
- [18] Laviola B. G., Oliveira A. M. C., Bhering L. L., Alves A. A., Rocha R. B., Gomes B. E. L., Cruz C. D., 2013. Estimates of repeatability coefficients and selection gains in *Jatropha* indicate that higher cumulative genetic gains can be obtained by relaxing the degree of certainty in predicting the best families. *Industrial Crops Products* 51 (2013), pp. 70-76.
- [19] Gbemavo C.J. ? Gandji K., Gnangle C.P., Assogbadjo A.E. and Kakai RLG., 2015. Variabilité morphologiques et conservation des morphotypes de *Jatropha curcas* Linn. (*Euphorbiaceae*) au Bénin. *Journal of Agriculture and Environment for International Development* vol 109 (1) : 55-69.
- [20] Dehgan B., 1976. Experimental and evolutionary studies relationships in genus *Jatropha* L. (*Euphorbiaceae*), in Dept of botany. University of California: Davis.
- [21] Dermal Y. et Sibi M., 1996. Amélioration des plantes et Biotechnologies, Ed. John libbey, ISBN 2-7420-0102-6, 170 P.
- [22] Ouattara B., 2013. Etude de la diversité génétique, de la variabilité agro-morphologique et éco-physiologique de *Jatropha curcas* L. au Sénégal, 120p.
- [23] Rao G.R., Korwar G.R., Shanker A.K., Ramakrishna Y.S., 2008. Genetic associations, variability and diversity in seed characters, growth, reproductive phenology and yield in *Jatropha curcas* (L.) accessions. *Trees* 22: pp. 697-709.
- [24] Kaushik N., Kumar K., Kumar S., Kaushik N., 2007. Genetic variability and divergence studies in seed traits and oil content of *Jatropha* (*Jatropha curcas* L.) accessions. *Biomass Bioenergy* 31: pp. 497-502.
- [25] Lakshmana D., Biradar B.D., Ravikumar R.L., 2009. Genetic variability studies of quantitative traits in pool of restorers and maintainers lines of pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.). *Karnataka J. Agric. Sci.*, 22 (4): 881-882.
- [26] Beninga M.B., Sangaré A., Nguetta A.S.P., Zoro B.I.A., et Coulibaly Y.M., 2011. Estimation des paramètres génétiques de quelques descripteurs agromorphologiques chez le mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.). *Journal of Applied Biosciences* 43: 281-298.
- [27] Johnson H.W., Robinson H.F., Comstock R.E., 1955. Estimates of Genetic and Environmental Variability in Soybeans. *Agronomy Journal* 47: pp. 314-318.
- [28] Jacquard A. et Serre J.L., 1977. La génétique peut-elle être quantitative. *La recherche*, 79, pp. 590-591.
- [29] Gohil R., Pandya J., 2009. Genetic evaluation of *Jatropha* (*Jatropha curcas* Linn.) genotypes. *J. Agric. Res.* 47, 221-228.-1096.

Reserve Estimation of Saldanadi Gas Field

Prokash Dey¹, Pulok Kanti Deb², Shireen Akhter³, and Debotosh Dey⁴

¹Bsc Student, Petroleum and Mining Engineering,
Shahjalal University of Science and Technology, Sylhet-3114, Bangladesh

²Assistant Professor, Petroleum and Mining Engineering,
Shahjalal University of Science and Technology, Sylhet-3114, Bangladesh

³Deputy Manager, Geological Division,
Bangladesh Petroleum Exploration and Production Company Limited, Dhaka-1215, Bangladesh

⁴Msc Student, Petroleum and Mineral Resources Engineering,
Bangladesh University of Engineering and Technology, Dhaka-1000, Bangladesh

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

ABSTRACT: Estimation of gas-initially-in-place GIIP (2P) and remaining gas reserves are a matter of re-examination and very crucial for the oil/gas industry and for the national policy related to energy regulation. There are wide range of reserve estimation method in different sources over time, which has a different range of uncertainty. Reserve means the quantity of gas/oil that is commercially recoverable from known underground hydrocarbon deposit. An existing oil/gas industry needs to know the present reserve of the existing reservoir to take endeavor for further augmentation of field to increase oil/gas productivity. Among several types of reserve estimation method volumetric estimation is easier and done at the early stage of development based on formation factor, well log, fluid saturation and reservoir extent data. Accuracy of this method increases with production data. This project highlights the reserve estimation and remaining reserve calculation of Saldanadi Gas Field one of the prominent and vital gas field for geological situation as the underground reservoir rock is shared by both Bangladesh and India. To calculate reservoir volume using trapezoidal rule and area using planimeter, isopach maps have been created from contour map of both upper and lower gas sand. For greater accuracy production data from the well #1 and well #2 of the field has been used. It is found that total GIIP (2P) from both upper and lower gas sand is 501.186 Bcf among which 350.83 Bcf is recoverable with 70% recovery rate. In addition total remaining reserve is 282.95 Bcf.

KEYWORDS: Volumetric, Isopach, Planimeter, Trapezoidal, Hawkin's Formula.

1 INTRODUCTION

There Are Four Approaches of Reserve Estimation

- Volumetric Estimate
- Material Balance Estimate
- Decline Curve Estimate
- Reservoir Simulations Estimate

These different method need different kind of data and time of production to estimate reserve of relevant field. Among the above mentioned method volumetric formula requires no production and time dependent data and is used to fulfill the research objective. This method determine the areal extent of the reservoir, the rock pore volume, and the fluid content

within the pore volume. This provides an estimate of the amount of hydrocarbons-in-place. The ultimate recovery, then, can be estimated by using an appropriate recovery factor [1].

The objectives of this gas reserve estimation are:

- Calculating gas initially-in-place 2P (proved+probable) within the areal extent of each well
- Calculate the ultimately expected reserve for both gas sand upper and lower
- Measurement of the remaining reserve for production augmentation

Following assumptions have been made for this work:

- Homogenous isotropic reservoir
- No change of properties of fluid with pressure and time

2 STUDY AREA

Saldanadi Gas Field is located at the mid eastern part of Bangladesh and tectonically lies in the eastern fold belt at Kashba upazila of Brahmanbaria district. A channel named Saldanadi is flowing beside the gas field. The field is 50 km south-east of Brahmanbaria district and 40 km north of Comilla town. Saldanadi gas field lies on the northern part of greater Rokhia anticline. The northern and southern culminations of this structure have been named Shyampur dome and Jalangidome. This zone is characterized by low amplitude folding with a generalized NNW-SSE trend. This zone has undergone mild tectonic compression that left the structures relatively un-breached. Rokhia structure is about 40 km long and 6 km wide. Bangladesh Petroleum Exploration and Production Company Limited first drilled an exploratory well in 1996 and it was a gas deposit, the production of this well started on 28 March 1998. At present well #1 and well #2 are closed only well #3 is under production and well #4 is now under proposed.[5]

2.1 BACKGROUND OF THE RESEARCH

In 19th century the exploration was first started by Geological Survey of India, Burma Oil co. mapped the entire region. Systematic geological mapping of this area was carried out between 1911 and 1959. Petrobangla, Hydrocarbon Unit Bangladesh (HCU) / Norwegian Petroleum Directorate (NPD) and National Committee for Gas Demand and Reserve (NCGDR) made an estimation in three consecutive year and found the result, which has been shown in **Table-1**

Table 1. Comparison of different gas reserve (Proved+Probable) estimation [2]

Saldanadi Gas Field	Proved+Probable (Bcf)	Recovery Rate (%)	Total Recoverable Reserve(Bcf)
Petrobangla(2000)	200	70	140
HCU/NPD(2001)	200	70	140
NCGDR(2002)	380	65	247

After that in 2008 Khalid and Kazi re-estimate the gas reserve of Saldanadi Gas Field for both zone which are demonstrated in **Table-2**.

Table 2. Reserve estimation made by Khalid & Kazi [5]

Saldanadi Gas Field	Proved P1(Bcf)	Probable P2 (Bcf)	Recovery Rate (%)	Recoverable Reserve(P1+P2) (Bcf)
Upper Zone	48.00	284.40	70	232.68
Lower zone	14.72	95.44	70	77.11

Total Recoverable Reserve (2P) of Saldanadi Gas Field: 309.79 BCF

Technical information regarding well #1 and well #2 of Saldanadi Gas Field

Table 3 : Location, depth and type of Well #1 and Well #2

Well Name	Longitude	Latitude	Well Depth in m (msl)			Remark
			Target	TVD	MD	
Well # 1	91°10'14.8"	23°40'34.4"	2800	2511	-	Vertical Well
Well # 2	91°10'14.6"	23°40'33.6"	2500	2308.76	458	Deviated Well

Sub surface view of the well #1 and well #2 of Saldanadi Gas Field

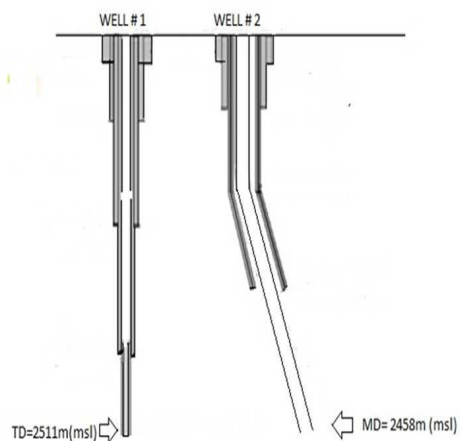


Fig 1 : Subsurface well view of Saldanadi Gas Field

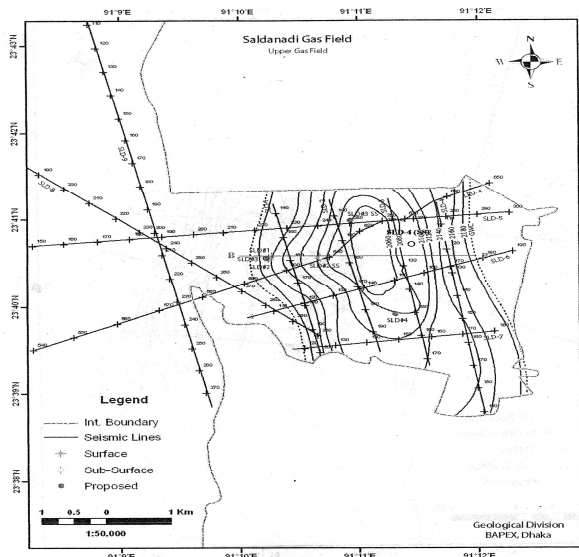


Fig 2: Contour map of upper gas sand

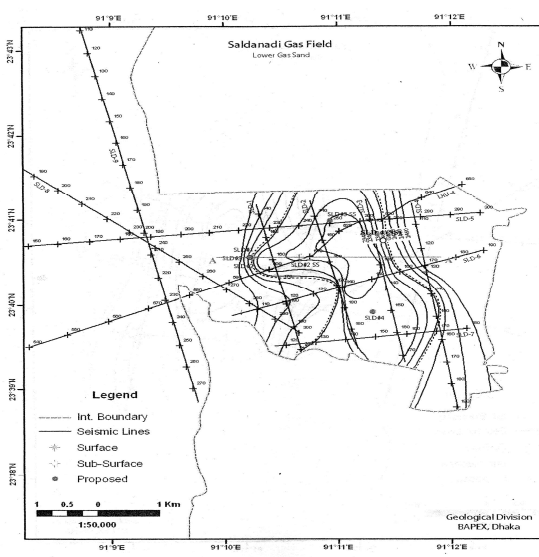


Fig 3: Contour map of lower gas sand

3 MATERIALS AND METHODS

3.1 DATA COLLECTION AND TREATMENT

Necessary data for this study had been provided by Bangladesh Petroleum Exploration and Production Company Limited (BAPEX). Collected data are reservoir data, contour map, fluid composition data, formation pressure and temperature, well log data, some annual reports of Petrobangla and Bapex. Structural contour maps have been revised for both Upper and Lower sand level. Among several types of planimeter, digital one is more accurate and very convenient to use.

Table 4 : Gas compressibility factor, Formation volume factor, Porosity & Gas Saturation of Saldanadi Gas Field

Saldanadi Gas Field	Gas Compressibility Factor	Formation Volume Factor	Porosity	Gas Saturation
Upper zone	0.895	0.00489	0.14	0.65
Lower zone	0.907	0.00464	0.18	0.70

It may be mentioned here that for depletion drive reservoir recovery factor was found to be ranging between (0.80-0.90) [2]. According to earlier report the FWHP/Z plot for lower Gas sand of Saldanadi Gas Field suggests a recovery factor that of 0.698 which may have been affected by high production rate. Considering this, recovery factor 0.70 has been adopted for both Upper and Lower Zone of Gas Field.

Table 5: Recovery factor of both Upper and Lower Gas Zone

Gas Zone	Recovery factor
Upper	0.70
Lower	0.70

Thickness of gas zone of Saldanadi Gas Field are shown in **Table 6**

Table 6: Total thickness of gas zone

Upper gas sand	2170- 2215 RKB 2142- 2187 MSL	Thickness : 45 m
Lower gas sand	2405- 2430 RKB 2376- 2401 MSL	Thickness : 25

RKB = Rotary Kelly Bushing
MSL = Mean Sea Level

Total thickness of the gas zone for both upper and lower sand has been divided into equal segment and considered this each segment as a height of the trapezoidal shape of reservoir.

3.2 ANALYSIS METHODS

Volumetric reserve estimation using isopach map, planimeter and trapezoidal volume rule have been used for this work. In volume calculation this volume is divided into trapezoidal segments. As the measured area ratio between two successive isopach lines is found greater than 0.50, the trapezoidal formula has been applied because of it's accuracy ([1], [3]).

3.3 METHODOLOGY

Rock volume has been determined from area and thickness of the reservoir which are constructed from subsurface contour map and subsurface isopach map. Contour maps are actually created with equal elevation line and depict the geologic structure beneath the surface of the earth and isopach maps are formed with equal lines of net gas-containing formation thickness. Isopachous maps are prepared from the contour maps when there exists a gas-water contact and the

contact line is assumed as a zero isopach line. The area of the reservoir is obtained by the planimeter from the isopach maps and thickness of the gas-bearing zone is enumerated from well logs and from the defined fluid contacts on the subsurface contour map.[3]

Trapezoidal volume of reservoir,

$$V = \frac{(A_1 + A_2)}{2} \times h \quad (1)$$

$$GIIP = V \times 10^6 \times 35.3147 \times \phi \times (1 - S_w) \times \frac{1}{B_g} \quad (2)$$

Where,

GIIP = Gas Initially In Place

A = Drainage area in square kilometers

h = Thickness in meters

ϕ = Porosity in %

S_w = Water saturation in %

B_g = Gas formation volume factor

1 square kilometer = 10^6 square meter

1 cubic meter = 35.3147 cubic feet

Isopach map for both upper and lower gas sand has been derived from the respective contour map and by planimetry area is calculated.

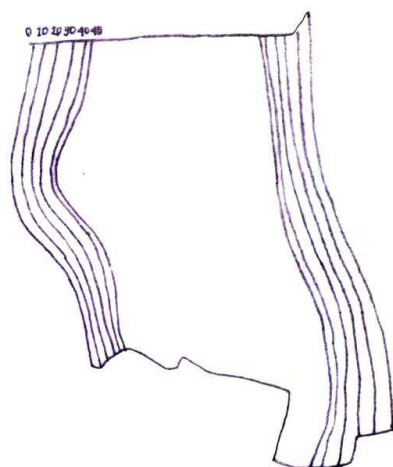


Fig 4 : Isopach map of upper gas sand

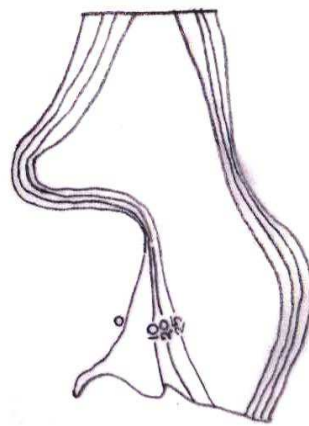


Fig 5: Isopach map of Lower gas sand

4 RESULTS AND DISCUSSIONS

4.1 RESULTS

In this section GIIP(2P) for both zone has been calculated by using equation (1) and (2) mentioned earlier.

Planimeter reading and contour interval for upper and lower gas sand of the field are in **Table-5** and **Table-6**

Table 5: Upper gas sand contour interval and planimeter reading

Contour Interval	Planimeter Reading
0	14
10	13
20	12.7
30	10.9
40	10.6
45	9.4

Table 6 : Lower gas sand contour interval and planimeter reading

Contour Interval	Planimeter reading
0	7.2
10	6.8
20	5
25	4.7

In this section GIIP(2P) for both zone has been calculated by using equation (1) and (2) mentioned earlier.

UPPER GAS SAND

Table-7: GIIP(2P) of upper gas sand of Saldanadi Gas Field

Contour Interval	Area km ²	Area Ratio	Shape	Thickness (m)	Rock Volume (km ² *m)	Rock Volume (Bcf)	Effective porosity ϕ	Pore volume (Bcf)	Gas Saturation (1-Sw)	Gas Volume Bcf	Gas formation volume Bg	GIIP (2P) Bcf
0	14	0.928571	Trapezoidal	10	135	4.767484	.14	0.667447	0.65	0.4338410	0.0048	88.7200
10	13	0.976923	Trapezoidal	10	128.5	4.537938	.14	0.635311	0.65	0.4129524	0.0048	88.4483
20	12.7	0.858267	Trapezoidal	10	118	4.167134	.14	0.583398	0.65	0.3792092	0.0048	77.5479
30	10.9	0.972477	Trapezoidal	10	107.5	3.796330	.14	0.531486	0.65	0.3454660	0.0048	70.6474
40	10.6	0.886792	Trapezoidal	05	50	1.765735	.14	0.247202	0.65	0.1606818	0.0048	32.8592
45	9.4											Total = 354.223

LOWER GAS SAND

Table-8: GIIP(2P) of lower gas sand of Saldanadi Gas Field

Contour Interval	Area km ²	Area Ratio	Shape	Thickness (m)	Rock Volume (km ² *m)	Rock Volume (Bcf)	Effective porosity ϕ	Pore volume (Bcf)	Gas Saturation (1-Sw)	Gas Volume (Bcf)	Gas formation volume Factor, Bg	GIIP (2P) (Bcf)
0	7.2	0.944	Trapezoidal	10	70	2.472029	.18	0.4449652	0.70	0.3114	0.00464	67.128
10	6.8	0.735	Trapezoidal	10	59	2.083567	.18	0.3750421	0.70	0.2625	0.00464	56.579
20	5	0.943	Trapezoidal	5	24.25	0.856381	.18	0.1541486	0.70	0.1079	0.00464	23.255
25	4.7											Total = 146.96

Table 9: Recoverable Reserve of Saldanadi Gas Field

Gas Zone	GIIP(2P) Bcf	Recovery factor	Recoverable Reserve Bcf
Upper gas sand	354.223	0.70	247.9561
Lower gas sand	146.96	0.70	102.872

$$\begin{aligned}
 \text{Total GIIP} &= \text{Upper zone GIIP} + \text{Lower zone GIIP} \\
 &= 354.2231 \text{ Bcf} + 146.963 \\
 &= 501.186 \text{ Bcf}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total Recoverable Reserve} &= \text{Upper zone recoverable reserve} + \text{Lower zone recoverable reserve} \\
 &= 247.9561 \text{ Bcf} + 102.872 \text{ Bcf} \\
 &= 350.83 \text{ Bcf}
 \end{aligned}$$

4.2 DISCUSSIONS

Comparison between the estimated GIIP(2P) of this work and the previous estimation is shown on Table-10 below.

Table 10: Comparison between the estimation made by Khalid & Kazi and this analysis

Reserve Estimation Year	Estimated GIIP (BCF)	Recoverable Reserve (BCF)	Produced Gas (BCF)	Remaining Reserve (BCF)
2008	442.56	309.79	55.91	253.88
2015	501.186	350.83	67.88	282.95

Table-10 shows the augmentation of remaining reserve of about 29.07 Bcf between these two analysis. Saldanadi Gas Field plays the most important role in the sense that the reservoir is shared by both Bangladesh and India. India drilled 37 wells and we have drilled only 3 till date. Recent analysis and re-evaluation of seismic, geological and well data of SLD#1 and SLD#2 reveals that middle zone of SLD#2 has been considered as the Upper Zone and re-estimated the reserve accordingly. The Reservoir Volume Factor (Bg) and has been calculated newly where porosity, water saturation, recovery factor are remained same as the Reserve Estimation report of 2008 [5]. Revised contour maps have updated reservoir area 25.08 square kilometers while in earlier report it was 20.05 square kilometers. Considering this augmentation in reserve of my project work recently a proposal has been made to drill more development wells in Saldanadi Gas Field to enhance production that will certainly aid to meet the increasing gas demand of our country.

5 CONCLUSION

Reserve estimation is a vital activity for a gas field development. Based on the remaining reserve of a field necessary steps are taken for improvement. For the migration of gas from the reservoir rock total amount of reserve may change with time. Volumetric method is the easiest way to determine the amount of reserve accurately and this accuracy is augmented with the available of production and well log data from the reservoir.

ACKNOWLEDGMENT

I also express my deep sense of gratitude to Md. MIJANUR RAHMAN, General Manager (Geology), Geological Division, BAPEX, Dhaka for his overall supervision, valuable suggestions and providing all kind of facilities instead of his busy schedule. I am also very much grateful to BAPEX for necessary co-operation and references in data collection.

REFERENCES

- [1] Reserve estimation method, [online] Available: [http://www.petrobjects.com/pdf/Petroleum Reserve Estimation Method Volumetric \(2003-2004\)](http://www.petrobjects.com/pdf/Petroleum%20Reserve%20Estimation%20Method%20Volumetric%20(2003-2004).pdf).
- [2] Badrul Imam, : Energy Resources of Bangladesh, 1st ED. , University Grants Commission of Bangladesh, June 2005.
- [3] Craft & Hawkins, : Applied Petroleum Reservoir Engineering, 2nd ED. , Prentice Hall PTR, Englewood Cliffs, NJ 07632.
- [4] Reservoir Engineering by Lisa Dean, Fekete Associates Inc, [online] Available : <http://www.pdfdrive.net/reservoir-engineering-for-geologist-part-3-volumetric-estimation-e480358.html>, Reservoir Issue 11, December 2007.
- [5] Md.Khalid Ahammed Khan & Kazi Faiz Alam, : Reserve Re-estimation of Saldanadi Gas Field, 1st ED. , Bangladesh Petroleum Exploration and Production Company Limited, November 2008.

The Role of Color in the Attainment of Customers' Intensive Buying Intention: An Exploratory Descriptive Case Study (S.O.R Model Application)

Saleh AYAD¹, Redouan AINOUS², and Samir Baha-Eddine MALIKI³

¹Doctor, Mecas Laboratory, Algeria

²Ph.D. candidate, Mecas Laboratory, Algeria

³Professor, Mecas laboratory, 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: This research work studied the influence of colors in groceries, as an atmospheric variable, on the customer's impulsive intention of buying. In the literature review, the researcher introduced the theoretical and methodological bases responding to this problematic situation. An experiment made in the laboratory where 200 participants had visited a virtual grocery with four different color conditions (red, yellow, blue and green). They answered a questionnaire about the variables of this study. The results appeared that colors influence the customer's impulsive intention of buying either directly or through effect as the intermediary.

KEYWORDS: Colors, Impulsive Intention of Buying, Impulsion, effect.

JEL CODES: M31, M39.

INTRODUCTION

That is more than two-thirds of purchase decisions made in the store (Breneman, 2002). The 'place' where a product is bought or consumed is, according to (Kotler, 1973), one of the most significant features of the 'total product'. Today, in the face of competitors who propose aggressive prices, many retailers are trying to stand out by conceiving stimulating atmospheres, which meant to result in customers experiencing some specific affective states, which might increase the probability of purchase as well as their satisfaction.

(Kotler, 1973) introduced the term 'atmospherics' to describe « the conscious designing of space to create specific effects in buyers ». He further defines it by stating that it is an effort to design buying environments to produce certain emotional effects in the consumer that enhance the probability of purchasing. He identified 'atmospherics' as a highly relevant marketing instrument for retailers and argued that 'spatial aesthetics' should be consciously used by marketing planners. (Bitner, 1990) confirms that atmospheric planning can make the difference between a business success and failure.

The accumulated empirical evidence, as reviewed by (Turley and Milliman, 2000), clearly shows that shoppers can be induced to behave in certain ways, based on the atmosphere created by retail management. Out of 28 articles examining the effect of the atmosphere on sales, cited in their review, 25 found some significant relationship between the environment and customer purchasing behavior. The review presented by Turley and Milliman indicates that atmospheric variables influence a wide variety of consumer evaluations and behaviors. The visual dimension is particularly important for our subject as pertains to the impact of variables such as sight. In this case, color has evident importance (Pelet, 2010). This study suggests that color serves largely to clarify and inform the consumer; therefore, the sound is not a focus of this research. Indeed, 80% of the information memorized by an individual comes from the visual sense, and other forms of perception of the environment also

heavily influenced by sight (Mattelart, 1996). This study investigates the behavioral effects of one visual dimension of retail store atmospheres retail display color. The works related to one variable of the sensational environment of the shop are rare, some researchers studied many variables of that environment at once (Ben Mimoun, 2007; Ettis, 2008) but this does not allow to understand the influence of each variable separately. Consequently, this research will focus on one variable, which is 'color', and the following research question will be considered:

What is the role of color in the attainment of the customers' impulsive buying intention?

LITERATURE REVIEW

Over the years, many studies have conducted concerning the psychological effect of color. Fewer studies have reported with regard to marketing implications. Although many atmospheric variables have been extensively examined, (Turley and Milliman, 2000) draw, in their suggestions for further research with regard to atmospheric effects on shopping behavior, the attention to store interior color, which has not received the attention it probably deserves (Brenngman, 2002). Although it has demonstrated that environmental color can actually influence the emotions and behaviors of retail shoppers (Bellizzi et al., 1983; Middlestadt, 1990; Bellizzi and Hite, 1992; Crowley, 1993), it is still unclear how exactly affects approach behavior color.

Indeed, color stimuli have not specified according to a standard color system, but only vague verbal descriptions have reported. For exact specification, colors should be described with respect to three different color characteristics (Trouvé, 1999):

- Hue (or chromatic tonality) is the attribute of the visual sensation defined according to the colors denominations such as blue, green, red...
- Saturation provides the proportion of chromatically pure color contained in the total sensation.
- Brightness corresponds to the component according to a surface illuminated by a source that seems to emit more or less light.

Although the color variable is a widely researched topic in various fields (Divard and Urien, 2001). However, due to several methodological caveats much of this general research on color and effect has also noted to be weak (Gelineau, 1981; Beach et al., 1988; Valdez, 1993). (Beach et al, 1988), point out that studying colors in isolation (e.g. color samples) provide us with little information, other than how a subject at that moment rates a given color on a given scale. They also argue that colors need to be study in context. With regard to the "effects" of colors in the environment, actually, the literature seems to contain mostly anecdotal evidence, revealing a severe lack of systematic empirical research.

The study, presented here, aims to fill this gap in an extensive stream of research concerning the impact of store atmospherics on the consumer. As research on the impact of color in the store environment is scarce and methodologically flawed, it is our challenge to assess the impact of this store design element more thoroughly. It is our purpose to examine the effects of store color hue on the customers' impulsive buying intention either directly or indirectly through affection as an intermediary.

THE THEORETICAL MODEL AND RESEARCH HYPOTHESES

Research on store atmospherics is based predominantly on environmental psychology and specifically on the Stimulus-Organism-Response model (Mehrabian and Russell, 1974), as introduced to the study of store atmosphere by (Donovan and Rossiter, 1982). In this context, it has proposed that approach/avoidance behaviors of customers determined largely by individual internal (cognitive, emotional and physiological) responses to the store environment (Bitner, 1992).

Based on the Stimulus-Organism-Response (S-O-R) Paradigm (Mehrabian and Russell, 1974) we will suggest this follow in thus propose a model of environmental psychological behavior relating features of the environment (S) to approach-avoidance behaviors within the environment (R), mediated by the individual's emotional states (O) induced by the environment. Colors affect consumer behavior in compliance with Mehrabian and Russell's psycho-environmental model: environmental stimuli (colors hue) engender primary emotional responses, which as intervening variables; determine reactions to that environment (impulsive buying intention). (Present in figure 1). Even within colors themselves, Bellizzi and Hite (1992), Dunn (1992), Drugeon Lichtlé (1996), and Pantin-Sohier (2004) chose hue as the main variable.

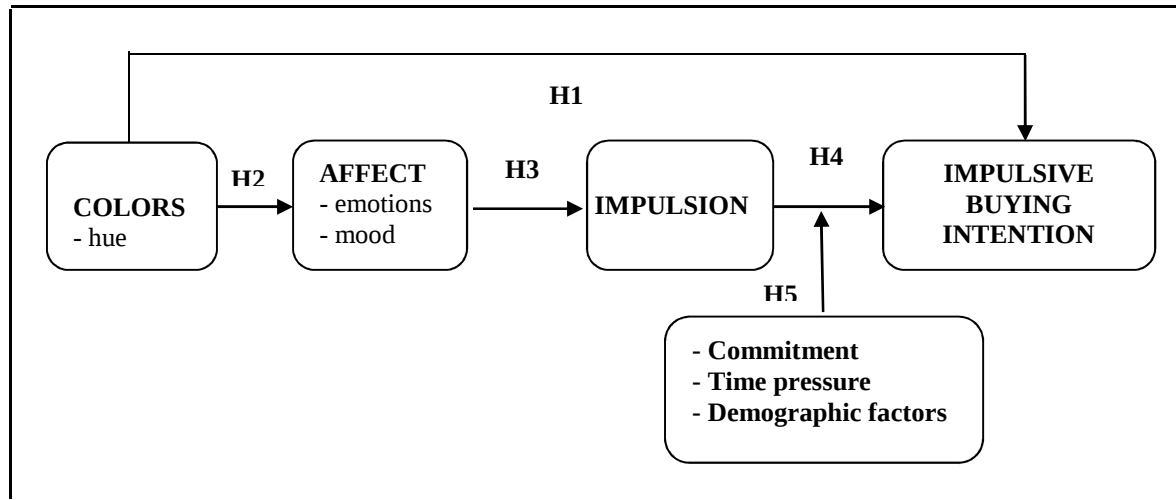


Figure 1: The conceptual model

Source: elaborate by authors

IMPULSIVE BUYING INTENTION

Researchers in marketing have shown the ambient store color affects purchase-related variables (Lee and Rao, 2010). A number of studies have examined the effect of color on a range of different behaviors, such as food choice...; most of these studies are methodologically flawed and unsystematic with regard to the selection and specification of color stimuli used. Nevertheless, they provide some evidence on actual color behavior effects. Indeed, the color appears to have the ability of the physical attract consumers toward a retail display (Bellizzi, Crowley, and Hasty, 1983). (Roll's, 1985) findings suggest that color is an important variable in food selection. Research on the influence of color in the store environment demonstrates that color also appears to influence shoppers' attitudes and behavior (Bellizzi, Crowley, and Hasty, 1983; Middlestadt, 1990; Bellizzi and Hite, 1992; Crowley, 1993). Color has strong associative meaning, it can communicate quickly, and it can elicit a powerful subconscious response (Paul and Okan, 2010). Finally, color can also affect behavior directly. (Brenngman, 2002) In this research, we will examine the impact of color within the food shop on purchase intent for impulsive customers.

The intention is activating by a desire or a need (Darpy, 1997) and desire is viewing as an active process (O'Shaughnessy, 1992). Howard (1994) and Belk (1985) "Intention results from a desire or a need handled at the cognitive level and leading to purchase clarification".

Additionally, the tendency to make the impulse purchase (impulsion) is interposing by situational influences as well as the shopper's past experiences (Rook and Fisher, 1995). Impulse buying is tying closely to reflexes or responses stemming from external or environmental stimuli as well as internal stimuli (Young and Faber, 2000). The action or reaction to stimuli is processing effectively. Based on the previous research, the investigator has put forward the following hypotheses:

H1: colors have a direct positive effect on the impulsive buying intention

EFFECT OF A MEDIATING VARIABLES

Another aspect we wish to bring to the fore concerns the effects of colors on the affective response, which includes the emotions and moods experienced when visiting the retail store. Emotions are short-lived but extremely intense. Their cause is often apparent and their cognitive content is obvious (joy, sadness, anger, fear, disgust) (Pelet, 2010). Their most obvious features are brevity and intensity. Mood refers to the affective states of mindless likely to reach our conscience. Moreover, they last longer than emotions, but are less intense (Forgeas, 1999). Based on this review of the literature, early studies with regard to color-emotion associations focused almost solely on the dimension of hue (Beach et al., 1988; Valdez and Mehrabian, 1994; Rouillet, 2004). Bellizzi et al. (1983) found that warm colors (red in particular) appeared to score high on an activity factor of emotion. Hemphill (1996) asserts that: "few studies have focused on color-emotion associations". According Crowley (1993), it have a positive relationship between store color wavelength and store-induced arousal (emotion) with the stores with extreme long wavelength colors (red) expected to be judged more arousing than the stores with extremely short wavelength colors (blue). According Odom and Sholtz (2004), different colors tend to incur different moods. Color can have a

major impact on mood (Bregman, 2002). (Pelet, 2010), the researcher found out that the color positively influences the mood. Based on the previous research, the investigator has put forward the following hypotheses:

H2: *colors have a positive effect on the effect.*

Based on this review of the literature, early studies with regard the importance on the effect of effect on impulse buying. Browsing activity, mediated by affective state, has shown to relate to impulsive buying tendencies of mall shoppers (Beatty and Ferrell, 1989; Rook and Gardner, 1993; Young, 2000). The increased occurrence of impulse buying due to the consumer's desire to either change or prolongs a mood or emotional state has been evidenced in the findings of other researchers as well (Rook, 1987; Rook and Gardener, 1993). For some Shoppers, the mood may be the most important psychological consideration leading o impulse buying (Dittmar et al., 1996). In an observational study, (Weinberg and Gottwald, 1982) found that impulse buyers exhibited a greater feeling of amusement, delight, enthusiasm, and joy. (Donovan and Rossiter, 1982) found that the pleasure was positively associated with a likelihood of overspending in the shopping environment. Based on the previous research, the investigator has put forward the following hypotheses:

H3: *Affect has a positive effect on the impulsion.*

IMPULSIVE BUYING

Impulse purchases are akin to unplanned purchasing behaviors. Impulse buying behavior is a sudden, compelling, hedonic complex buying behavior in which the rapidity of an impulse decision process precludes thoughtful and deliberate consideration of alternative information and choices (Bayley and Nancarrow, 1998). Rook (1987) defined impulse buying as when "a consumer experiences a sudden, often powerful and persistent urge to buy something immediately". Impulse buying is a sudden and immediate purchase with no pre-shopping intentions either to buy the specific product category or to fulfill a specific buying task. The behavior occurs after experiencing an urge to buy and it tends to be spontaneous and without a lot of reflection (it is "impulsive") (Beatty and Ferrell, 1998). Impulsive buying intention or impulse buying tendency (IBT), addresses the differential proclivity of individual to buy on impulse (Rook, 1987; Rook and Fisher 1995; Weun, Jones and Beatty, 1998), which was defined by (Gerbing & al, 1987) as "a tendency to respond quickly to a given stimulus, without deliberation and evaluation of consequence". Again, we note the literature does not distinguish the action and the urge. Based on the previous research, the investigator has put forward the following hypotheses:

H4: *impulsion has a positive effect on impulsive buying intention.*

COMMITMENT WEAK, TIME PRESSURE AND DEMOGRAPHIC FACTORS AS ALTERNATIVE VARIABLES:

COMMITMENT WEAK AS ALTERNATIVE VARIABLE

Furthermore, the weak commitment: there has been a great disagreement among researchers in finding a unified definition to commitment due to its existence in various domains and to the different aims of each researcher. However, there is somehow a general definition used in recent research stating that "commitment is a non-determined state of excitement or motivation or interest created by external variables (circumstance, product, communication...) and also by internal ones, this generates specific behaviors, some forms of product searching, information processing and decision making" (Rothschild, 1984). As opposed to the permanent commitment (strong), there is the weak commitment (circumstantial) which is considering as a temporary customer's course towards the product (Ouzaka, 2001). It is evoked by two main factors, the specific characteristics of the product (color, shape, price...) and the socio-psychological connection between buying and consuming the product (the presence of people besides the customer)

H5.1: *Weak commitment has a mutually adjusted effect on impulsive buying intention.*

TIME PRESSURE AS ALTERNATIVE VARIABLE

Finally yet importantly, Time pressure: customers give paramount importance of time and they prefer any system or service that economizer their time (Marmo-Rstein-Fiche, 1992; pellet, 2008). Colors supposedly also make people lose track of time (Argue, 1991). The passage of time has observed to be overestimate in a room painted with warm colors and underestimated in a cool-colored room (Bregman, 2002). The phase that leads from buying impulsion to the action of buying impulsion itself may take time (Giraud, 2002). In addition, Antebian (2002) stated that time is very important to the

customer and her measures it. In the same context, Park et al (1989) finds out that time pressure effects the customer is buying, and Giraud (2002) found the same result.

H5.2: *Time pressure has a mutually adjusted effect on impulsive buying intention.*

DEMOGRAPHIC FACTORS AS ALTERNATIVE VARIABLES:

Differences between shoppers are of great interest to an industry that is actively seeking methods by which they can better target consumers. As such, gender poses a timely avenue of investigation. In an exploratory study with regard to color in interior environments, (Khouw, 1999a, b) found reinforcing evidence that color responses are influenced by gender differences. Men found to rate interiors with highly saturated colors more favorable than women did. (Valdez and Mehrabian, 1994) found no significant difference in the emotional reactions of men and women. Additionally, it has arguing that women, because of their propensity to shop more than men in general, more impulsive purchases (Dittmar et al., 1996; Rook and Hoch, 1985). (Moschis, 1987) indicates that with increasing age, consumers are less sensitive to external stimuli such as light and colors. Their information-processing abilities appear to decline in general. D'Astous (2000), for instance, found the degree of perceived irritation in the shopping environment to be affect by shoppers' age. However, recent research shows that men aged 18-34 shop considerably more than older men every retail channel (Marks, 2002), and that men aged 16-24 are more openly shopping for health and beauty aids than in past years (Global cosmetic industry, 2002), possibly Indicating a future trend towards less stereotypical shopping behavior.

H5.3: *Demographic factors have a mutually adjusted effect on impulsive buying intention.*

RESEARCH METHODOLOGY

DATA COLLECTION AND EXPERIMENT DESIGN

A lab experiment was conducting with 200 participants in order to test the proposed hypotheses. A virtual grocery specially was designing for the experiment in the lab. The researcher chose this method because of many points: reduction of prices, which increase impulsive buying hypothesis, the interaction between colors and the attention of customers. All these factors increase the affected side of customers rather than the cognitive side. Each respondent visited the virtual grocery with a specific calorific condition that randomly was selecting among the four colorful screens prepared for the experiment, explained in the next section. A balanced distribution of the colorful screens among all respondents was ensuring. Later, the respondents were asking to complete a questionnaire with questions about impulsive buying intention, mood state, affect, commitment and time pressure. In addition, Demographic data were collecting. Valid responses are 200, were using for the analysis, with each colorful condition being visited by 50 respondents.

The literature with regard to the effects of colors in the environment, is replete with anecdotal evidence, rather than based on the systematic investigation. While there is no shortage of suggestions, they often lack empirical verification (Gorn et al., 1997). The research used the experiment in the lab in order to check the validity of the hypotheses since this allow him to control and manipulate the variables that he aims to explain. Carrying out this experiment under laboratory conditions allows us to draw valid conclusions about the groups surveyed (Jolibert and Jourdan, 2006). Studying color as the main expositor variable allows the researcher to control three points (Pelet, 2008):

- The control of the screen show, and the celebration of colors in order to control them carefully.
- Checking whether the participants have got a good color perception, and checking their good intention in proceeding the experiment
- The dominant color of the virtual grocery and the lighting of the environment can be controlling this allows the researcher to put the participants in the context he wants. Hence, the results will have more credibility and emulation to reality.

Many researchers, selected color stimuli that they felt best-represented particular hues, such as red, green, yellow or blue. (Bregman, 2002). Some studies have chosen multiple colors over the complete color spectrum while others have used colors from the two ends of the spectral range (Lee and Rao, 2010). For instance, (Bellizzi, Crowley and Hasty, 1983) have shown that subjects are more attracted to warm colors (e.g., yellow and red) than to cooler colors (e.g., blue and green). (Valdez and Mehrabian, 1994) used red, yellow, green, blue and purple. In contrast, other studies chose colors from distant locations in the spectral range, i.e., a "cool" color such as blue or green is comparing to a "warm" color as orange or red. For example, (Nakshian, 1964) examined the behavior in the green or red surroundings, and (Gorn et al, 2004) compared responses to blue and yellow in one experiment and to blue and red in another. Four colorful conditions have experimented

with four different groups in a virtual grocery using a show screen; each group contains fifty participants randomly chosen. Based on the previous research in this field the researcher chose four main colors:

- 'Red' a warm color with a long wavelength.
- 'Yellow' a warm color with an average wavelength.
- 'Blue' and 'green' cold colors with a shorter wavelength.

SCALE MEASUREMENT

EMOTION

Mehrabian and Russel (1974) confirm that all affection responses can be described by three dimensions: 'Arousal' which reflects the amount of interest and motivation of the person, 'Pleasure' which reflects joy and happiness of the person, and 'dominance' which is related to the ability or inability to control self under the influence of motives or environment. In order to measure emotions related to color in this research, the researcher will use the PAD measure (Pleasure, Arousal, Dominance) because it is the most commonly used in this type of research and it is the top measure in terms of sincerity and stability (Roullet, 2004; Pellet, 2008).

MOOD

Emotions related to colors are recognized either positively or negatively depending on the personal experience of the individual with the color (Boyatzis and Varghese, 1993), and the variety of colors lead to different moods between individuals (Odom-Sholtz, 2004), so the various emotions resulting from the influence of colors will be due to the different mood (Pellet, 2008). In order to measure the influence of color on customers' mood, the researcher will use the BMIS measure (Brief Mood Introspection Scale) developed by (Mayer and Gaschke, 1988), the "Brief Mood Introspection Scale". We selected it because it provides a quite exhaustive range of moods and is easy to implement.

IMPULSION

The researcher will use the measure framed by Jeon and Piron (1990, cited in Sermet, 1999) which is based on four items.

COMMITMENT

The 'P.I.A' measure (Strazzieri, 1994) used to measure customers' commitment. This measure has got three components: 'Pertinence' which shows the degree of correspondence between the customer and the product, 'Interest' which means the intensity of the relationship between the person and the subsistent under commitment, 'Attraction' which refers to the degree of emotional intensity of the person with the product. This measure had a good internal conjunction and a high degree of stability.

TIME PRESSURE

The researcher will use the measure of (Beatty and Ferrell, 1998) in order to measure time pressure on the customers.

FINDINGS: HYPOTHESES TESTING

We follow both the General Linear Model (GLM) to test the effect of the colors of the show screen on mood and impulsive buying intention and variance analysis (ANOVA) to analyze empirical data to test the significance of the links between variables and the validity of the scales.

THE DIRECT RELATIONSHIP BETWEEN COLOR AND IMPULSIVE BUYING INTENTION

The results of the linear model showed that the color of the grocery had a direct weak effect on the impulsive buying intention with a declension equation of : ($Y = 2.657 + 0.121X$)

The results of ANOVA revealed a moral influence of color on impulsive buying intention because the value (P) was 0.01, which is less than the critical value of the level 5%. Hence, the hypothesis is valid (see Table 1).

Table 1. Effect of Color on Impulsive Buying Intention

Measure	Df	F	P-value
Regression	1	11.025	0.01
Residual	198		
Total	199		

Source: software SPSS v 22, (N= 200)

EFFECT OF AFFECT AS INTERMEDIARY

The GLM results confirmed that the color of the grocery has a direct influence on affect with a declension equation ($Y = 2.657 + 0.121X$). The ANOVA results showed the morale influence of the four colors on the emotion, because the value (P) was limited at (0.01). In addition, ANOVA results showed the morale influence of the four colors on the mood since the value (P) was limited at (0.01). Thus, the hypothesis of color influence on the affect is valid.

As explained before in the theoretical part, we summarized the affect into two variables (emotion and mood). The linear model results showed the positive moral influence of emotion and mood on the rise of customers' impulsive buying with two declension equations as follow: ($Y = 2.700 + 0.417X$) and ($Y = 1.246 + 0.563X$). Furthermore, ANOVA results revealed the mutual moral influence of emotion and mood (affect) on the rise of impulsion, because the value (P) was 0.02, which is less than the critical value on the level 5%. Thus, the hypothesis is valid (see Table 2).

Table 2. Effect of affect as Intermediary

Effect of the color affect			
Measure	Df	F	P-value
Regression	3	3.99	0.00
Residual	196		
Total	199		
The influence of effect on impulsion			
Emotion	46	2.423	0.00
Mood	18	3.644	0.00
Emotion*Mood	40	2.059	0.02

Source: software SPSS v 22, (N= 200)

EFFECT OF IMPULSION ON IMPULSIVE BUYING INTENTION

The linear model results found out the existence of a massive moral influence between impulsion and buying intention with a declension equation of: ($Y = 4.112 + 0.652X$).

The more impulsion is tense, the more there is an increasing probability of impulsive buying and so the hypothesis is valid (see Table.3).

Table 3. Effect of Impulsion on Impulsive Buying Intention

Measure	Df	F	P-value
Regression	1	5.63	0.00
Residual	198	-	-
Total	199	-	-

Source: software SPSS v 22, (N= 200)

EFFECT OF ALTERNATIVE VARIABLES

In order to study the alternative variables, the researcher accounted for the approach put forward by (Darpy, Pellet, 2008,p:340) in studying the influence of the alternative variable 'Z' on the relationship between the variables X and Y which reflects:

- X influencing Y.
- Z influencing Y.
- The mutual influence of X and Z on Y.

• THE WEAK COMMITMENT AS ALTERNATIVE VARIABLE

The results confirmed that the weak commitment influenced directly the impulsive buying intention because the value (P) was 0.00, which is less than the critical value on the level 5%. However, as being alternative variable, the weak commitment did not influence the relationship between the impulsion and the impulsive buying intention because the value (P) was 0.86, which is more than the critical value on the level 5%. Thus, the hypothesis is not valid.

Table 4. The weak commitment as alternative variable

Variables	Df	F	P-value
Impulsion	82	1.860	0.00
Weak commitment	34	1.710	0.00
Impulsion* Weak commitment	20	1.650	0.86

Source: software SPSS v 22, (N= 200)

• TIME PRESSURE AS ALTERNATIVE VARIABLE

The ANOVA results revealed that time pressure influence the relationship between impulsion and impulsive buying intention because the value (P) was 0.02 which is less than the critical value on the level 5%, so the hypothesis is valid (see Table 5).

Table 5. The Time pressure as alternative variable

Variables	Df	F	P-value
Impulsion	12	1.18	0.00
Time pressure	22	1.96	0.00
Impulsion* Time pressure	54	1.30	0.02

Source: software SPSS v 22, (N= 200)

• DEMOGRAPHIC FACTORS AS ALTERNATIVE VARIABLES

The data showed that there is no influence of gender or family status on the relationship between impulsion and impulsive buying intention because the value (P) was 0.18, which is more than the critical value on the level 5%. Hence, the hypothesis is not valid (see Table 6).

Table 6. The Demographic Factors as Alternative Variable

Variables	Df	F	P-value
Impulsion	12	0.666	0.78
Demographic factors	2	0.24	0.43
Impulsion* Demographic factors	0	-	0.18

Source: software SPSS v 22, (N= 200)

CONCLUSIONS

This research work aimed at studying the possibility of the existence of a causal relationship between the interior color environments of shops and customers' impulsive buying intention. Previous results showed the influence of warm colors in the provocation of customers' behavior more than the cold colors (Bellizzi and Hite, 1992). Besides that, the researcher took into consideration one intermediary variable, which is 'affection' with both its compositions 'emotion and mood'. The

adjusted variables in the research were the weak commitment towards products, time pressure, and individual demographic factors. This research results showed that:

- The influence of color directly on the impulsive buying intention, especially warm colors (red). This means that the wavelength has an effective role in provoking customers, similar to the previous results (Crowley, 1993; Roullet, 2004).
- The influence of a variable of the affection as an intermediary between the expositor variable, the rise of impulsion and customers' impulsive buying intention. This result is similar to the ones of Giraud (2002) and Bessouh (2012).
- The direct influence between impulsion and impulsive buying intention.
- The weak commitment towards products in the shop under color influence, affect directly the impulsive buying intention and it not considered as a modifier variable in the standing relationship between impulsion and impulsive buying intention. This result was in opposition to the one of Pelet (2008) who confirmed that the commitment is a modifier variable.
- Time pressure considered as a modifier variable for the effect of impulsion on impulsive buying intention.
- Demographic variables (gender) have no direct influence, not even a modifier between impulsion and impulsive buying intention, as opposed to Roullet (2004) who confirmed that women more influenced by the emotions resulting from the effect of color on their buying behaviors.

Despite the important results reached in this study, there were some constraints and limitations such as:

- The principle of making the experiment based on calorific motive inside a lab: This cannot allow the respondents to live the experience as in the real environment even if they respond well in the lab.
- The nature of the motive used : the researcher took into consideration three factors to color, but 'hue' is the only factor that has been manipulated while 'brightness' was limited to 80% and 'saturation' was limited to 40%. This might decrease the effect of the colorific variable on the other subordinate variables (affect, impulsive buying intention), so it recommended that 'brightness' and 'saturation' should be manipulated in the future experiments.
- The interaction between colors themselves neglected, each colorific condition has experimented separately. Hence, the mutual effect between colors in the shop and their impact on customers' behavior should study
- In this study, the color was considered as the only expositor variable affecting customers' behavior, this doesn't deny the existence of other variables which were neglected in this research such as 'the crowd, music, the influence of salespersons,
- Limitations due to the methods themselves :
 - Some measures lead to confusion when the suggested oppositions are not clear. For instance, PAD proposes to oppose the terms "bored" and "relaxed", which are not bipolar.
 - We cannot rule out the presence of negative effects simply because of the presence of positive affective states. One might wonder how relevant it is to use a single continuum opposing positive and negative effects.

REFERENCES

- [1] D'Astous, A. (2000). 'Irritating Aspects of the Shopping Environment'. *Journal of Business Research*, vol. 49, pp. 149-156.
- [2] Divard, R., & Urien, B. (2001), 'The Consumer Lives in a Colored World', *Recherche et Applications en Marketing*, pp.3-24.
- [3] Brengman. M., (2002), 'the Impact of Color in the Store Environment: An Environmental Psychology Approach', Ph.D. Thesis, Faculty of Economics and Business Administration, Universities Gent, p 5, 6, 211-219.
- [4] Lee, S., & Rao, V.S. (2010), 'Color and Store Choice in Electronic Commerce', *Journal of Electronic Commerce Research*, Vol11, N° 2, pp.110-124
- [5] Marks, J. (2002), 'More than a few good men', *Home Textiles Today*, Vol. 23 No. 35, p 12.
- [6] Odom, A. S., & Sholtz, S. S. (2004), 'the reds, whites, and blues of emotion: examining color hue effects on mood tones', department of psychology'. Missouri Western State University, Copyright 2004 MWSC.
- [7] Park, C.W., Iyer, E.S., & Smith, D.C. (1989), 'the effects of situational factors on in-store grocery shopping behavior: the role of store environment and time available for shopping', *Journal of Consumer Research*, 15, March, pp. 422-433.
- [8] Paul, S., & Okan, A. (2010), 'Color: Cross cultural marketing perspectives as to what governs our response to it', *ASBBS Annual Conference: Las Vegas*, Volume 17 Number 1, p 950-954.
- [9] Pelet, J.E. (2008), 'Effets de la couleur des sites sur la mémorisation et sur l'intention d'achat de l'internaute', PhD, Thèse de doctorat, Université de Nantes, CRGNA. pp. 328-330.
- [10] Pelet, J.E. (2009), 'The effect of colors of e-commerce websites on mood, memorization and buying intention', *Proceedings of the 4th Mediterranean Conference on Information Systems*, p. 2.
- [11] Pelet, Jean-Eric. (2010), 'The Influence of E-commerce Website Colors on Usability', ISG Paris, IEMN Nantes, France.
- [12] Roullet, B. (2004), 'L'Influence de la couleur en Marketing. Vers une neuropsychologie du consommateur', PhD, Thèse de doctorat en Sciences de Gestion, Université de Rennes I.
- [13] Turley, L. W., & Milliman, R. E. (2000). 'Atmospheric Effects on Shopping Behavior: A Review of the Experimental Evidence'. *Journal of Business Research*, vol. 49, pp.193-211.

LES PRATIQUES DU MARKETING TERRITORIAL DANS LE CONTEXTE MAROCAIN : ELEMENTS DE REFLEXION

[THE PRACTICES OF TERRITORIAL MARKETING IN THE MOROCCAN CONTEXT : REFLECTIONS ELEMENTS]

AZIZ EL KHAZZAR¹ and HICHAM ECHATTABI²

¹Enseignant chercheur. Groupe de Recherche en Economie et Territoire (GRET), Faculté des Sciences Juridiques, Economiques et Sociales, Université Abdelmalek Essaâdi, Tanger, Maroc

²Doctorant au Groupe de Recherche en Economie et Territoire (GRET), Faculté des Sciences Economiques, Juridiques et Sociales, Université Abdelmalek Essaâdi, Tanger, Maroc

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

ABSTRACT: This paper aims at enriching theoretical and practical basis of territorial marketing in Morocco. Indeed, in an international globalized and digitalized context, regions are called upon to stand out by resorting to communication and promotion tools, and in a larger scale to territorial marketing tools. Therefore, any debate on territories-applied marketing is virtually habitual among politicians and economic and territorial developers. Morocco has gone through an important phase in the process of territorialisation through the establishment of genuine economic regions equipped with authority and decision-making autonomy. In this framework, the adoption of territorial marketing has become a must to accompany Morocco's strategy of regionalization.

This paper provides an all-round view on the territorial marketing approach and its applicability in Moroccan regions.

KEYWORDS: Territory, territorial marketing, territorial attractiveness, decentralization, territorial marketing gait.

RESUME: Cet article se veut donner comme objectif la contribution à enrichir le fondement théorique et pratique du marketing territorial au Maroc. En effet, dans un contexte international, mondialisé et digitalisé, les territoires sont appelés de plus en plus à se démarquer en se référant aux outils de promotion et de communication et, au sens large, aux outils de marketing territorial. De ce fait, parler du marketing appliqué aux territoires est désormais quasi-quotidien chez les hommes politiques, les développeurs économiques et territoriaux, etc. Le Maroc, a franchi une phase importante dans le processus de territorialisation avec la mise en place de véritables régions économiques dotées de plus de pouvoir et d'autonomie de décision. Dans ce cadre, l'adoption du marketing territorial est devenue une nécessité pour accompagner sa stratégie de régionalisation.

Cet article apporte une vue générale sur la démarche marketing territorial et son applicabilité dans les régions marocaines.

MOTS-CLEFS: territoire, marketing territorial, attractivité territoriale; décentralisation, démarche marketing territorial.

1 INTRODUCTION

Aujourd'hui, le contexte international est caractérisé d'une part, par la mondialisation d'économie, l'ouverture des frontières, la mobilité croissante des facteurs de production, l'accroissement des accords de libre-échange..., et d'autre part,

par l'ambition des villes et des régions de faire venir les créateurs d'emploi, afin de faire face non seulement, aux enjeux de la fermeture d'usines et à la hausse du taux de chômage mais aussi, à la rareté des projets d'implantation, par rapport au nombre des territoires désirant accueillir les nouvelles activités susceptibles de créer la richesse et de transférer les technologies, les savoirs...

Dans ce cadre, les acteurs territoriaux sont clairvoyants que leurs territoires sont placés en position de faiblesse vis-à-vis d'un public-cible exigeant, et se trouvent en concurrence acharnée avec les autres territoires, à la fois au niveau national et international.

En effet, le territoire doit être proactif dans l'implantation d'une stratégie territoriale, plutôt que de devoir réagir d'urgence au déclin des industries traditionnelles (PROULX M-U et TREMBLAY D., 2006). Comme l'explique Noisette & Vallerugo, la ville a dû entrer dans une nouvelle dimension, elle a dû devenir proactive et ne plus s'appuyer sur ses ressources naturelles et génériques. Il doit créer « une offre territoriale différente et attractive ». De ce fait, la nécessité de mettre en place des nouvelles stratégies de promotions et d'attractivités des investissements, s'est imposée - notamment celles inspirées de la démarche marketing développées par les entreprises - pour rendre le territoire plus attractif aux investisseurs, touristes ainsi qu'à certaines catégories de populations.

Les territoires sont aujourd'hui invités à identifier leurs éléments de différenciation face à leurs concurrents, que ce soit en matière de prix ou de qualités spécifiques. Ils doivent s'ajuster et proposer une offre « adaptée » pour pouvoir communiquer leur caractère distinctif et leurs avantages concurrentiels dans le but d'être considérées lors des choix de localisation. Autrement dit, les régions qui ne communiquent pas aujourd'hui sont vouées à rester dans l'indifférence générale et ne plus être choisies pour des investissements... Sperling (1991). Or, un territoire, compte tenu des spécificités de son offre de facteurs, ne peut être attractif pour tous les types d'investissements» (Fabrice HATEM, 2004). Dans ce cadre, les responsables locaux commencent à s'interroger sur les voies et les moyens qui leur permettent de bien viser leur public-cible et notamment de faire évoluer leurs offres territoriales pour être plus compétitives.

Pour les aider dans leurs prises de décisions, de nouvelles méthodes ont émergé. ***C'est à ce moment-là, que les outils du marketing se sont adaptés aux contraintes relatives au territoire. Et c'est à partir de là, que les outils du marketing commencent de plus en plus à toucher les régions et les villes.*** Ces outils remplacent les campagnes de communication et de promotion ciblée et les actions de prospection d'entreprises en passant à la professionnalisation des approches et à l'intégration des actions et outils dans une démarche d'ensemble de marketing territorial.

Pour répondre aux sirènes séduisantes du développement territorial, le marketing territorial propose aux décideurs locaux une approche globale permettant de valoriser les facteurs d'attractivité de leurs territoires par l'élaboration des stratégies de développement économique.

La question à laquelle nous espérons apporter quelques éléments de réponses est la suivante : **dans quelle mesure le contexte marocain serait-il favorable à la pratique du marketing territorial ?**

Le présent travail est structuré autour des points suivants. Le premier, sera consacré aux fondements théoriques et conceptuels du marketing territorial. Le deuxième point soulignera l'intérêt de revenir à une démarche marketing territorial globale. Dans le troisième et dernier point, nous présenterons les principaux éléments susceptibles de faire réussir ou d'échouer la stratégie marketing territorial dans le contexte marocain.

2 LE MARKETING TERRITORIAL : FONDEMENT THÉORIQUE ET CONCEPTUEL

Avant d'aborder le marketing territorial, il nous semble important de préciser le concept du territoire. Ce dernier est considéré comme un espace socialement organisé, producteur de ressources spécifiques et différentes sans omettre son rôle dans le développement (Kahn, 2010). On parle alors d'un acteur du développement et non comme un espace passif.

2.1 LE TERRITOIRE : CHAMP ET SUJET DU MARKETING TERRITORIAL

Le concept de territoire, issu du latin « territorium », est apparu dans la langue française au XIII^e siècle. Au début, ce concept a été employé pour désigner « un espace sur lequel s'exerçait une autorité ou une juridiction. Ce n'est qu'à partir des années 1980 que les géographes ont considérablement élargi son champ sémantique (Pecqueur et Coissard, 2007) ».

Généralement, situé entre économie, géographie, politique, société, etc. il n'a pas encore une acception unique, commune et partagée par tous. En effet, selon le domaine étudié, une multitude de définitions peuvent être proposées :

Pour les géographes¹, comme Y. JEAN (2002), le territoire peut être défini comme : *un espace géographique qui regroupe en un tout un système de production complexe, composé de plusieurs composantes inter-reliées qui travaillent ensemble*².

Quant aux économistes, le territoire renvoie aux ressources. *C'est la référence à des ressources qui sert de fondement à une offre. Elle est alors proche de la notion de « pôle de développement »*³.

Au-delà de ces angles, géographique et économique, Yvon PESQUEUX ajoute plusieurs domaines selon lesquels le territoire peut être autrement défini, dont le marketing :

Au niveau du marketing, le territoire est, de plus en plus, considéré comme un produit qu'il faut promouvoir et vendre. Donc, il peut être marketé voire être vu comme une marque. Dans ce sens le *territoire entre en phase avec la notion de « marque » et d'« image »* : c'est le stade de branding.

A ce titre, le territoire donne une dimension géographique à un des fondamentaux du marketing, la place qui se trouve être confondue avec le produit. Le territoire se trouve alors plongé dans l'idéologie de la concurrence⁴ et par conséquent, nécessite des techniques et des outils pour la valorisation de ses ressources.

Du point de vue de l'urbanisme, *le territoire conduit à une déclinaison en termes de quartiers (...), de ghettos (...), de faubourgs (...), de banlieue (...). Le territoire urbain est conçu comme étant cloisonné et constitutif d'aires de confinement au regard de critères sociaux sur la base d'un emboîtement institutionnel*⁵...

Pour ce travail, et à travers une vision simpliste, le territoire peut être vu comme un support et champs, sur et pour lequel se pratique des stratégies territoriales dont celles du marketing territorial.

Certes, les spécificités du territoire et ses composantes par rapport au produit rend, en effet, difficile une simple transposition terme à terme des concepts et outils du marketing classique au territoire, mais les collectivités territoriales se sont familiarisées en intégrant de plus en plus ces pratiques dans le management de leurs territoires.

2.2 LE MARKETING TERRITORIAL : PROBLEMATIQUE DE DEFINITION

Le marketing territorial représente, ces dernières années, une des plus importantes méthodes du management territorial, appliquée dans la gestion et la valorisation des territoires. Il constitue un outil de développement du territoire, à cheval entre communication, marketing et stratégie territoriale. C'est un domaine encore jeune, ouvert et en construction. Ainsi, étant en constante évolution, il se nourrit de plusieurs disciplines pour pouvoir apporter des outils efficaces et adaptés aux problématiques des collectivités territoriales. C'est pour cela, sa définition ne trouve guère l'unanimité.

A l'instar du marketing classique, le marketing territorial est, souvent, réduit aux actions de communication et de promotion territoriale. En effet, dans la réalité, c'est une démarche globale et une manière de penser. Il vise à bâtir une argumentation robuste pour leurs territoires avant de passer à la communication territoriale et aujourd'hui à la marque territoriale. En d'autres termes, les objectifs de la démarche marketing sont le socle de la communication. En transposant les propos de D. PORTE⁶ (1988) au champ territorial, on pourrait dire que les objectifs de marketing consistent à donner les bases d'une communication cohérente et réfléchie, organisée et aux résultats efficaces.

Les pratiques du marketing territorial s'inscrivent dans une approche approfondie de compréhension et d'analyse d'un marché, dans le but d'évaluer premièrement, le positionnement stratégique de l'offre territoriale, ensuite, de cibler le public (les touristes, les entreprises et les investisseurs...) à attirer. Il s'agit d'arrêter les objectifs et de déterminer les moyens adéquats pour les atteindre. De ce fait, il ne s'agit pas d'être le meilleur à une certaine date, mais de promouvoir ses spécificités dans le temps (G.- F. Dumont)⁷ : c'est une stratégie de réflexion et mise en œuvre de long terme.

¹ Beaucoup de géographes ont parlé du concept *territoire* : Auriac et Brunet, 1986 ; Le Berre, 1995 ; Di Méo, 1998 ; Lévy, 1999.

² JEAN, Yves. *La notion de territoire : entre polysémie, analyses critiques et intérêts* In : *Lire les territoires* [en ligne]. Tours : Presses universitaires François-Rabelais, 2002

³ Yvon PESQUEUX, « La notion de territoire », "Colloque Propedia - Observatoire économique des banlieues, Paris : France (2009)

⁴ Yvon PESQUEUX, « La notion de territoire », "Colloque Propedia - Observatoire économique des banlieues, Paris : France (2009)

⁵ Ibid.

⁶ D.PORTE, 1988, « la communication des villes, Paris : Milan Midia

⁷ G.-F. Dumont, *Villes et Territoires en compétition, Économie Urbaine*, Editions Litec, Paris, 1993, p. 197.

Le marketing attire plus de praticiens que des théoriciens, mais appliqué aux villes, aux régions... c'est encore très curieux et attrayant. De ce fait, les auteurs et spécialistes sont nombreux et par conséquent les définitions sont nombreuses et hétérogènes.

En effet, il sera inutile d'en recenser. Nous passons sur celles les plus convenables et adéquates à la problématique de développement économique territorial par l'attractivité des entreprises.

Dans ce sens, le marketing territorial peut être vu au sens TEXIER. L, VALLA et Jean Paul, (1992) comme « *un ensemble des actions collectives et individuelles pour attirer des activités nouvelles sur un territoire, favoriser le développement des entreprises exerçant localement leurs activités et promouvoir globalement une image favorable* ». Il ne s'agit pas ici d'attirer seulement des nouvelles entreprises étrangères mais le marketing territorial concerne aussi directement les entreprises locales, dans la mesure où le territoire ambitionne à créer la valeur ajoutée et l'emploi. Cela se range dans ce que Texier l'appelait le « service après-vente territorial ».

Fabrice Hatem (2007) s'est intéressé, lui aussi, à la promotion et à la prospection des projets d'investissements internationalement mobiles sans omettre les entreprises locales. Il définit le marketing territorial comme l'ensemble des outils et techniques qui ont « *pour but d'inciter des acteurs extérieurs à nouer des relations marchandes avec des acteurs déjà présents sur le territoire, notamment, mais pas seulement, en s'implantant sur celui-ci.* »

Pour ces deux définitions, la cible de marketing territorial demeure seulement les entreprises. Cependant le public-cible du marketing territorial est nombreux : touristes, résidents, retraités, étudiants, entreprises, investisseurs, congrès, séminaires, événements sportifs et culturels, ...

D'autres concepts et expressions sont réintégrés dans la définition de Chamard (2014)⁸ : l'hospitalité, la connaissance de toute nature de l'environnement du territoire comme base d'élaboration de stratégie de marketing territorial. Selon lui, le place marketing « *est une démarche qui vise à élaborer, sur la base de la connaissance⁹ de l'environnement (géographique, démographique, culturel, économique, social, politique), l'offre territoriale dans l'optique d'accroître l'attractivité et l'hospitalité du territoire. Les dirigeants élus au sein d'une collectivité territoriale (ville, communauté, conseil général, conseil régional), accompagnés par les services, cherchent à répondre aux attentes des divers publics : touristes, résidents, associations, entreprises, investisseurs. Ils poursuivent également les missions d'intérêt général auprès de tous les administrés, et ce, quelle que soit l'hétérogénéité des éléments d'identité qui composent le territoire dont ils ont la charge* ».

Quant à V. Gollain (2015), le marketing territorial, peut être conçu comme « *l'effort collectif de valorisation et d'adaptation des territoires à des marchés concurrentiels, pour influencer, en leur faveur, le comportement de leurs publics par une offre différente dont la valeur perçue est durablement supérieure à celle des concurrents* ». Gollain, ajoute plusieurs caractéristiques au marketing territorial comme le caractère collectif, la construction d'une offre différente, etc.

La démarche collective, la professionnalisation des pratiques et la création de marque du marketing territorial sont les principaux apports, aujourd'hui, du marketing territorial.

Pour les anglo-saxons, le marketing appliqué au territoire peut être décliné sous différentes appellations, selon son objet d'application¹⁰ :

- * Place branding (Anholt, 2007 ; Avaraham, Ketter, 2008 ; Kotler et alii., 1993), pour ce qui concerne la démarche consistant à doter un territoire d'un nom de marque ;
- * City branding (plus rarement city marketing) pour tous les développements marketing de villes (Tal, 1993) ;
- * Destination branding dans le cas d'applications touristiques ayant vocation à accroître l'attractivité d'un lieu de vacances (Boo et alii., 2009).

Les définitions se multiplient, étant donné que ce concept intéresse aussi bien les théoriciens, marketeurs, géographes, urbanistes, économistes..., que les praticiens : les développeurs territoriaux, les agences de promotion territoriale...

⁸ Chamard C (2014), le marketing territorial : comment développer l'attractivité et l'hospitalité des territoires ? Bruxelles, de Boeck, 2014. 1^{ère} éditions

⁹ L'auteur met l'accent sur l'importance du diagnostic territorial comme une composante incontournable dans l'assise stratégique

¹⁰ Camille CHAMARD, Jean-Claude LIQUET, Meriem MENGI, l'image de marque des régions françaises : évaluation du « capital territoire » par le grand public, 2013

D'après ces définitions, le marketing territorial, devrait répondre à plusieurs problématiques qui parfois ne les supportent pas.

Au Maroc, et dans la perspective du développement économique régional, le marketing territorial, une forme moderne de management territorial, vise plus précisément les investisseurs et les entreprises étrangères et locales. C'est un ensemble d'actions des acteurs impliqués (l'Agence marocaine du Développement d'Investissements (AMDI), les Centres Régionaux d'Investissements (CRI), la Région, les agences de développement...) directement ou indirectement, individuellement ou collectivement au service de l'attractivité territoriale, en partant de l'identité du territoire concerné tout en présentant une offre différente et concurrentielle par rapport aux autres concurrents. La décentralisation et plus précisément, le projet de régionalisation crée un environnement favorable à ce genre de pratique.

3 LA DEMARCHE DU MARKETING TERRITORIAL : DIAGNOSTIC, REFLEXION ET MIS EN ŒUVRE

Plusieurs démarches de marketing territorial ont été adoptées selon les régions, les villes, les agences de développement, etc. Il n'est donc pas nécessaire, ni possible du reste, de présenter l'ensemble de ce qu'existe.

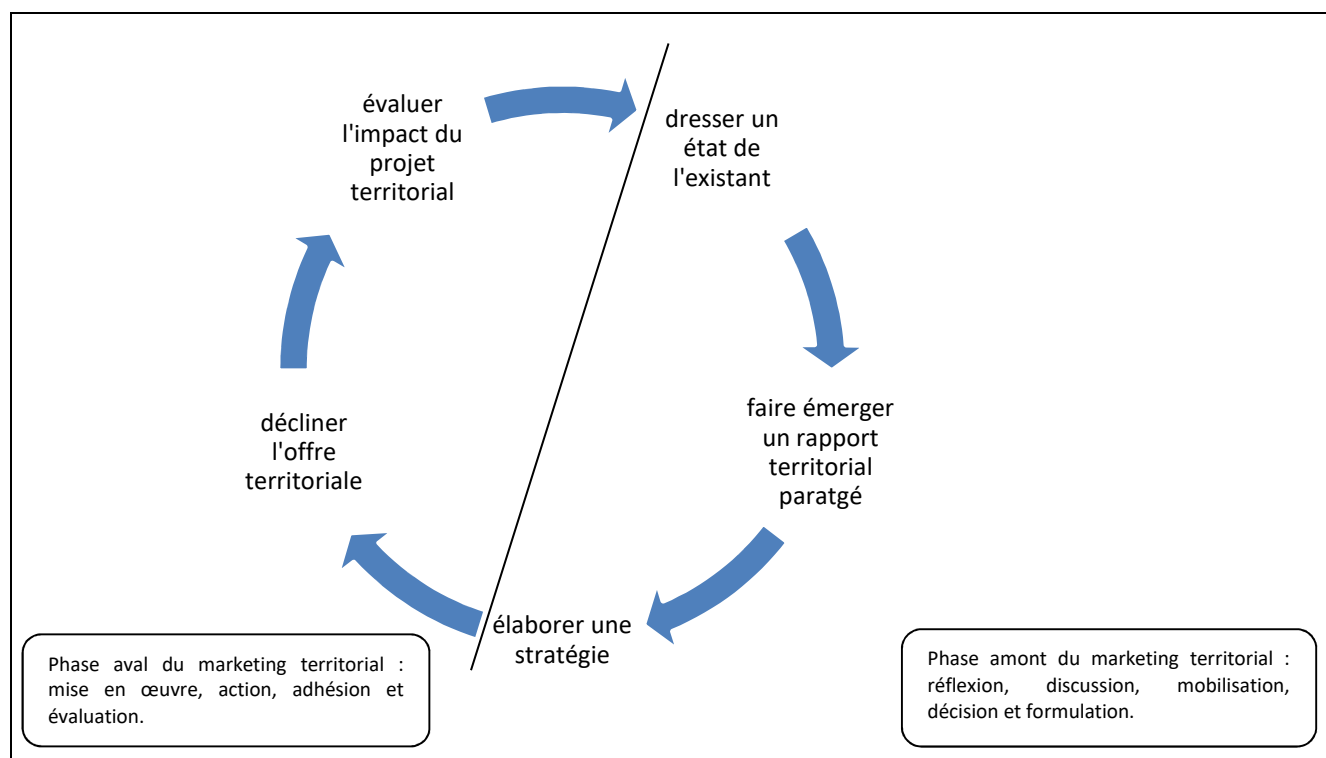
En général, la démarche marketing territorial peut englober plusieurs phases, selon les auteurs et selon les professionnels. Les praticiens du marketing territorial distinguent clairement trois phases incontournables:

- le diagnostic de la situation actuelle (quel positionnement ? Quelles ressources ?) ;
- les alternatives stratégiques (quelles pistes d'évolution possibles ?) ;
- la mise en œuvre (traduction opérationnelle de la démarche en actions palpables).

Ce sont les étapes les plus courantes, aussi bien sur le plan théorique que sur le plan pratique. Cependant, dans la pratique, le déclenchement de l'ensemble de ces étapes n'est pas fidèlement respecté. Plusieurs collectivités territoriales passent directement à la communication en négligeant les premières phases de diagnostic et de réflexion stratégiques.

Selon Chamard (2014), la démarche globale de marketing territorial regroupe deux grandes phases :

- * La première phase, dite amont : elle regroupe toutes les étapes qui précèdent la mise en œuvre du marketing territorial, le diagnostic territorial y compris. Elle comprend trois étapes dans lesquelles les principales décisions sont prises et d'une manière irréversibles ;
- * La deuxième étape, dite aval : elle concerne toutes les actions collectives de la mise en œuvre du marketing territorial. C'est la traduction opérationnelle de la démarche en actions concrètes.



Source : adapté de Chamard, 2014

Fig. 1. La démarche de marketing territorial

La démarche de marketing territorial, selon l'auteur, fonctionne comme un cycle sans fin, non pas pour bâtir une nouvelle stratégie chaque semaine, mais plutôt pour rester à l'écoute du public concerné, des parties prenantes, du territoire. Cela nous renvoie à la distinction faite par Jean-Paul Bobin à propos du marketing commercial et marketing politique.

En effet, le marketing politique peut être considéré comme « *stratégie de rendez-vous* » ou une stratégie d'une journée de l'élection. Alors, le marketing commercial et par conséquent le marketing des endroits, c'est une « *stratégie de parcours* ». La mise en place des stratégies et les réflexions stratégiques se font chaque jour.

Quant à V. Gollain 2013, la démarche méthodologique au sens du marketing territorial est dérivée de celle du marketing d'entreprise, dont on transpose et adapte les grands principes. C'est une méthodologie robuste qui va du diagnostic à l'élaboration d'une stratégie puis la mise en œuvre d'un plan d'actions pertinent au regard des objectifs définis. V. Gollain, ajoute que la démarche de marketing territorial s'appuie sur deux éléments importants qui la distinguent souvent des diagnostics économiques classiques :

- la prise en compte des besoins et attentes des clients existants et potentiels ;
- le caractère comparatif de la méthode à chacune des étapes.

Certes, ces différentes étapes sont de plus en plus incontournables pour que le marketing territorial puisse atteindre ses objectifs, mais dans la réalité sont trop peu utilisées par les collectivités territoriales, qui ont tendance à aller directement aux médias.

Nous présentons brièvement les deux facettes du marketing territorial :

3.1 LE MARKETING TERRITORIAL STRATÉGIQUE

3.1.1 LE DIAGNOSTIC TERRITORIAL

Le diagnostic territorial est le préambule indispensable à toute démarche de développement territorial d'une manière générale, et du marketing territorial en particulier. Il occupe une place centrale dans la démarche marketing territorial permettant d'analyser l'environnement dans sa globalité, pour construire une offre territoriale adaptée et différenciée.

Selon la Délégation interministérielle à l'Aménagement du Territoire à l'Attractivité Régionale (DATAR), le diagnostic territorial peut être défini comme un :

« Etat des lieux qui recense, sur un territoire déterminé, les problèmes, les forces, les faiblesses, les attentes des personnes, les enjeux économiques, environnementaux, sociaux (...) il fournit des explications sur l'évolution passée et des appréciations sur l'évolution future ».

Ce diagnostic permet au territoire, avant de prendre des décisions, de recueillir de données quantitatives et qualitatives. Ces données permettent d'identifier ses forces et ses faiblesses.

3.1.1.1 PHASES PRIMITIVES AU DIAGNOSTIC TERRITORIAL

Un nombre important de travaux académiques ont proposé des adaptations de la démarche marketing stratégique au contexte des territoires¹¹. Cependant, il faudrait pour les responsables du marketing territorial de prendre en considération les spécificités suivantes (B.Myronin, 2012 ; Chamard, 2014) :

- La délimitation et la définition des territoires pertinents sur lesquels sera porté le diagnostic ;
- L'identification des parties prenantes c'est-à-dire tous ceux (personne, groupe, organisation) qui peuvent revendiquer l'attention, les ressources ou la production d'une organisation ou qui sont affectés par cette production Bryson, 2011» ;
- L'implication des acteurs dans la construction et la validation du diagnostic ;
- La difficulté de collecte des données pour un territoire : contrairement à une entreprise.

3.1.1.2 MÉTHODE DE DIAGNOSTIC TERRITORIAL

La région se doit analyser et connaître son environnement en définissant sa position actuelle par rapport à elle-même (points forts / points faibles) et par rapport aux territoires concurrents, en termes d'opportunités et de menaces Benko, 2006. Nous proposons de nous limiter à deux outils.

i. L'ANALYSE SWOT APPLIQUEE AU TERRITOIRE

L'analyse-diagnostic s'établira sur des axiomes similaires à ceux du diagnostic stratégique en entreprise, en reprenant notamment les ingrédients des fameuses matrices SWOT (B. Myronin, 2012).

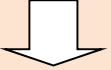
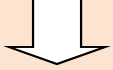
L'analyse SWOT est l'acronyme de Strengths, Weaknesses, Opportunities et Threats, soient forces et faiblesses (de l'entreprise) et enfin opportunités, menaces (de l'environnement).

L'utilisation de ce modèle de diagnostic SWOT ou du modèle EMOFF (Enjeux, Menaces, Opportunités, Forces, Faiblesses) dans le cadre territorial est nécessaire¹². Il permet d'analyser l'environnement interne et externe au territoire, en maximisant les potentiels des atouts et des opportunités et en minimisant les effets des faiblesses et des menaces.

¹¹ Girard (1999), F. Hatem (2007), Meyronin (2012); Chamard, 2014

¹² L'intérêt du modèle EMOFF réside dans l'ajout de la composante « enjeux ». Dans les deux cas, ces modèles SWOT et EMOFF permettent de mettre en perspective, vis-à-vis des territoires concurrents, les forces et faiblesses de l'offre territoriale, mais aussi les menaces et opportunités. V. Gollain 2015

Tableau 1. Les matrices des SWOT de territoire

Opportunités	Menaces	Force	Faiblesses
 Analyse externe		 Analyse interne	
Contexte politique, économique, technologique et réglementaire : territoires concurrents, stratégies des firmes et tendance de localisation, etc.		Le territoire : image, tissu économique, performances (leaderships), ressources (infrastructures, finances publiques) politiques publiques, etc.	

Source : B. MYRONIN, 2012

ii. LE DIAGNOSTIC CONCURRENTIEL DU TERRITOIRE : LA METHODE CERISE REVAIT®¹³

La méthode de CERISE REVAIT®, une des méthodes la plus importante et la plus utilisée ces dernières années par les développeurs territoriaux.

La méthode CERISE REVAIT® repose sur 19 composantes dont 13 considérées comme principales et 6 complémentaires.

Tableau 2. Les 13 composantes principales de la méthode CERISE REVAIT®

Les 13 composantes principales sont :	
C	Capital Humain
E	Entreprises et personnalités du territoire
R	Réseaux et points nodaux
I	Infrastructures / Immobilier / Grands Equipements
S	Services
E	Evénements professionnels
R	Recherche et Développement / Innovation / Equipements
E	Entreprises secondaires / tissu économique / filières & secteurs
V	Valeurs et identité du territoire
A	Actions collectives structurantes
I	Image et marque territoriale
T	TIC
®	®essources patrimoniales et physiques / Villes clés

Source : V. GOLLAIN, « identifier et valoriser ses avantages comparatifs territoriaux avec la méthode CERISE REVAIT® » 6ème Version, avril 2015

La première mission du marketing territorial est donc de prêter réellement attention au diagnostic territorial qui recense les problèmes, forces et faiblesses du territoire, ainsi que aux désirs, aux niveaux d'informations des différents publics régionaux et extrarégionaux. Cela permettra d'identifier les segments où la concurrence est plus faible et où le territoire bénéficie d'un avantage concurrentiel.

a. LA SEGMENTATION TERRITORIALE

La segmentation c'est la détermination des cibles, cependant la question qui se pose au niveau territorial : Que segmente-t-on au juste ? Comme pour une entreprise, on peut segmenter ici une offre et une demande ?

¹³ V. GOLLAIN, « identifier et valoriser ses avantages comparatifs territoriaux avec la méthode CERISE REVAIT® » 6ème Version, avril 2015

D'une manière générale, la segmentation marketing « s'appuie sur le constat qu'un marché est rarement homogène, et qu'il se compose d'un ensemble d'acheteurs aux besoins, aux modes d'achat et aux comportements différents. Pour tenir compte de ces divergences, la segmentation en couples produit/marché permet d'isoler et d'optimiser les actions commerciales par rapport à la clientèle finale »¹⁴.

Dans le contexte territorial, le public-cible est aussi nombreux qu'hétérogène (investisseurs, entreprises, touristes, habitants voire même aujourd'hui des cadres, des nouvelles activités, des médecins, etc.) au point que les territoires ne peuvent pas s'adresser à toute cette cible. Pour les aider, les professionnels du marketing territorial ont mis au point des segmentations.

En effet, Il faudrait sélectionner les cibles selon les domaines où les territoires possèdent des avantages, et où les opportunités sont les plus favorables. (Asworth et Voogd 1990, Kotler 1993, Braun et van den Berg 1999, Paddison 1993). Il a déjà été mentionné qu'il est possible de « consommer » la ville ou le territoire de plusieurs façons différentes (Proulx Marc-Urbain et Tremblay Dominic, 2006).

La démarche marketing territorial gagne de plus en plus sa légitimité car les outils de marketing (comme SWOT, segmentation, positionnement ciblage, marque ...) sont imposés dans le cadre territorial et démontrent une démarche stratégique efficace. Les exemples sont nombreux.

b. LE POSITIONNEMENT TERRITORIAL

Une fois le segment-cible choisi, c'est-à-dire la segmentation marketing et le ciblage marketing réalisé, l'organisation doit, s'assurer que son offre s'ancre dans l'esprit du client d'une manière distincte et significative par rapport aux offres concurrentes. En d'autres termes, elle doit décider le positionnement à adopter dans chaque segment. Cette décision est importante parce qu'elle permettra de tracer la ligne directrice dans l'établissement du programme marketing.

Le positionnement définit donc, la manière dont la marque ou l'organisation veut être perçue par le public-cible. Il peut être vu comme :

« Un acte de conception d'une marque et de son image dans le but de lui donner, dans l'esprit de l'acheteur, une place appréciée et différente de celle occupée par la concurrence. » (Ries et Trout, 2000)¹⁵.

Dans le contexte territorial, le positionnement est la perception de l'offre territoriale du point de vue du public-cible et par rapport à la concurrence. C'est une déclinaison de la vision stratégique du territoire. Pour Chamard, 2014 « c'est la place que veulent donner les élus, ou les responsables de la démarche de marketing territorial, au territoire dans l'esprit des publics ». Il peut être utilisé de façon précise ou générale, c'est-à-dire lorsqu'ils communiquent leurs avantages se présentent avec une image bien définie ou de façon globale.

Le positionnement prend une place centrale dans la démarche de marketing territorial. En effet, chaque élément élaboré dans la phase aval doit être inscrit dans le positionnement territorial fixé. Autrement dit, cet élément doit être cohérent par rapport à la place que veulent donner les élus et personnes en charge de la démarche marketing territorial dans l'esprit de public cible.

3.2 LE MARKETING TERRITORIAL OPÉRATIONNEL

Le mix marketing territorial constitue une technique fondamentale pour les marketeurs territoriaux, en leur permettant de dépasser les craintes de mettre en œuvre une stratégie incohérente et insipide. Pour cela, ils doivent commencer par distinguer les actions en quatre dimensions complémentaires¹⁶ mises en cohérence par une plateforme de marque.

L'élaboration et la mise en œuvre d'un marketing mix performant peut se définir comme la capacité d'un territoire à mettre en place un plan d'actions performant au regard du diagnostic, choix stratégiques et des objectifs définis dans la phase amont.

¹⁴ Jean-Pierre Detrie (collectif), (2005) « stratégor, Politique générale de l'entreprise », Dunod, 4^e édition, p.111

¹⁵ Ibid.

¹⁶ Selon V.Gollain, 2014 : ce sont les quatre sujets clés dans le cadre de la mise en œuvre de la stratégie de marketing territorial.

Selon Marc Thebault (2013), 7 « P » peuvent être identifiés pour les collectivités territoriales comme des piliers du marketing territorial mix :

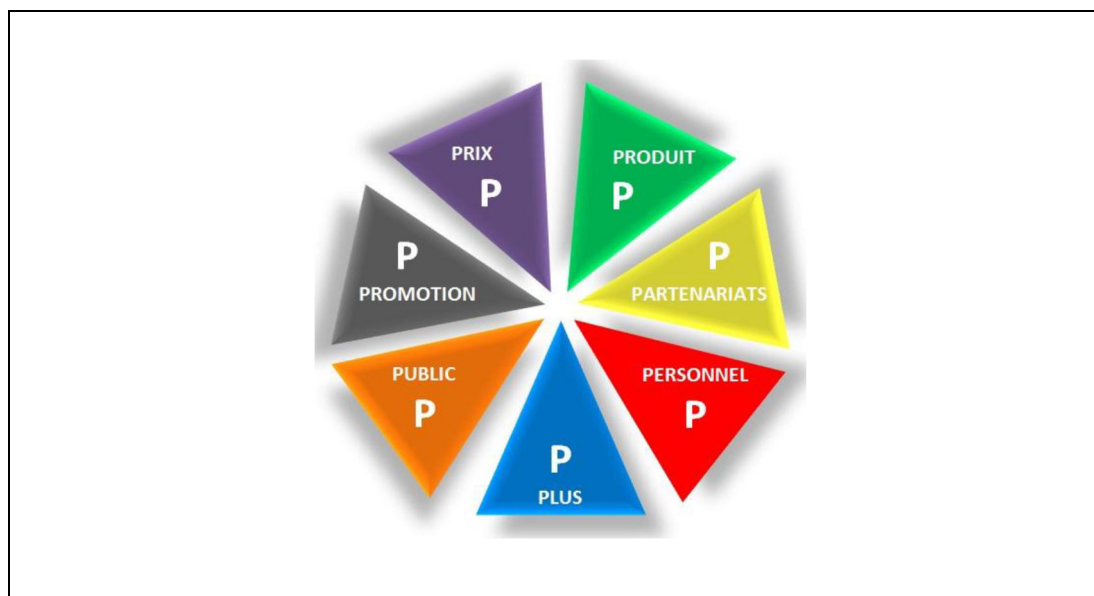


Fig. 2. Les 7 piliers pour le marketing territorial mix

Source : thebaultmarc.expertpublic.fr

- * Le **produit** (l'offre territoriale) ;
- * La politique de **prix** (tarifs, de fiscalité, de taxes, etc. ...) ;
- * La **promotion** (de l'offre territoriale) ;
- * Le **public** (tout ce qui sera mis en œuvre pour adapter l'offre aux demandes des cibles) ;
- * Le **personnel** (son implication) ;
- * Les **partenariats** (avec les acteurs externes pour améliorer l'offre) ;
- * les **plus** (lorsque toutes les six variables sont mise en œuvre efficacement, mais encore, on ne constate pas de différenciation des autres territoires concurrents, dans ce cas on peut insérer dans l'ensemble quelques « **plus** » pour que l'offre soit la seule à avoir su proposer).

4 LES PRATIQUES DU MARKETING TERRITORIAL DANS LE CONTEXTE MAROCAIN : QUELLES PERSPECTIVES ?

Au Maroc, plusieurs éléments ont été derrière le recours aux outils de marketing territorial : mondialisation des économies, hyper-concurrence, décentralisation, régionalisation, développement territorial...

En effet, depuis l'indépendance, et jusqu'à nos jours, la décentralisation a constitué pour les pouvoirs publics marocains un choix stratégique en attribuant aux collectivités, autant d'autonomie et de compétences que de moyens. Avec le nouveau projet de régionalisation, plus de prérogatives décisionnelles et exécutives élargies ont été octroyées aux Régions pour qu'ils soient capables de s'acquitter au mieux de leur rôle, d'agir et de prendre leurs avenir par leurs propres mains. Cela a accru une « **concurrence latente** » entre les régions du Royaume tout en accélérant le développement de la communication régionale dans le but de se différencier et se démarquer. Parler du marketing Régional ou territorial au Maroc, au sens restreint du terme, c'est évoquer implicitement quelques compagnes de communication et de promotion éparpillées accompagnant les projets de la régionalisation et avant de décentralisation. Celle-ci commença avant plus de 56 ans. L'offre territoriale, la démarche poursuivie par les acteurs locaux, les recherches académiques dans ce thème, la cadre institutionnel, etc. autant d'éléments à soulever en parlant du marketing territorial dans le contexte marocain.

Si nous revenons sur les principales périodes de décentralisation au Maroc, où les acteurs locaux jouent un rôle central dans le développement économique local, on pourrait les résumer dans les axes suivants :

La période 1959-1976 était caractérisée par la mise en place des principaux fondements de la décentralisation : C'est à partir de 1959 que les prémices de décentralisation avaient commencé :

- la promulgation du dahir du 2 décembre 1959 portant division administrative du Royaume ;
- Création de 801 communes urbaines et rurales pour la première fois sur une base territoriale généralisée.

Toutefois, le coup d'envoi a été donné dans l'année 1960. Il fut véritablement l'an numéro un de la décentralisation au Maroc. En effet, c'est précisément le 23 Juin 1960 que la première charte communale fut adoptée annonçant un régime initiatique du processus de décentralisation avec une sphère de compétences naturellement restreintes, un exécutif bicéphale et une tutelle poussée¹⁷ ».

Même à cette année la décentralisation n'a pas été solide et satisfaisante. En 14 décembre 1962 la première constitution avait conforté ce processus de décentralisation par la création de la collectivité territoriale : les préfectures, les provinces et les communes. Alors, il fallait attendre 1992 pour réintégrer la région comme une collectivité territoriale.

Avec l'adoption de la charte communale de 1976, on peut avancer que c'est une nouvelle étape de la décentralisation qui fut amorcée. C'était le véritable point de départ de la décentralisation au Maroc dans la mesure où elle a attribué au président du conseil communal la qualité d'organe exécutif.

Une autre avancée importante a été enregistrée dans la période 1992-2002. En effet, en 1992, deux événements importants ont été constatés :

- La réfection de la charte communale permettant la création de 668 nouvelles communes ;
- L'érection par la constitution révisée en cette même année de la région en collectivité locale¹⁸.

La refonte de la charte communale en 2002 a marqué un saut qualitatif dans le processus de décentralisation et annoncé une nouvelle étape caractérisée, entre autres, par : l'amélioration du statut de l' élu territorial, la recomposition des organes internes et la redéfinition de leur rôle¹⁹ .

L'année 2009, est caractérisée elle-aussi par l'amélioration de la gouvernance locale et modernisation de la gestion financière des collectivités locales : les principales réformes ont concerné les domaines du renforcement des dispositifs de coopération et de partenariat, la modernisation de la gestion financière des collectivités locales et l'adaptation des outils de gestion du patrimoine communal²⁰.

En 2011, et plus précisément 29 juillet, une nouvelle constitution avec une nouvelle étape de développement de la décentralisation et de la régionalisation au Maroc²¹. Le projet de régionalisation avancée au Maroc prévoit un découpage régional de 12 régions au lieu de 16, soit une réduction de 25%. Cette nouvelle configuration régionale a été faite selon certains critères basés entre autre sur les principes d'efficacité, d'homogénéité, de proportionnalité et d'équilibre, mais aussi d'accessibilité et de proximité.

L'ensemble de ces phases ont pu créer un terrain pour la pratique du marketing territorial. Ainsi, sur le terrain, le Maroc se markete bien surtout pour attirer les touristes et les investisseurs. La marque MAROC est mieux positionnée au niveau international. Et comme disaient les géographes, œuvrant dans le domaine de valorisation des ressources et des offres territoriales, il faut créer des ressources spécifiques avant de passer aux outils de marketing. Ces ressources sont aujourd'hui nommées par les économistes et géographes « *les avantages différenciatifs* ».

¹⁷ <http://www.pncl.gov.ma/fr/Decentralisation/Pages/19591976,-Instauration-des-principale-bases-de-la-décentralisation.aspx>

¹⁸ Ibid.

¹⁹ Ibid.

²⁰ Ibid.

²¹ Ibid.

Dans ce cadre, le Maroc a inauguré des grands projets, tel que le port de Tanger, le TGV, la première station de l'énergie solaire au monde²², des zones franches, des clusters territoriaux... Tous ces projets auront besoin d'être valorisés et marketés. On parle dans ce cas du marketing territorial des projets : grands projets urbains, réaménagement de quartiers, etc.

De ce fait, depuis les années 1990, et dans le but de renforcer sa compétitivité et son attractivité, le Maroc s'est engagé dans une dynamique de réformes visant la stabilisation et l'amélioration de l'environnement de l'entreprise, le renforcement de la compétitivité de l'appareil productif du pays et le lancement de programmes ambitieux pour développer les infrastructures et stimuler les secteurs porteurs. Ces réformes ont été une source d'attractivité économique et touristique²³.

Dans ce cadre, et au niveau institutionnel, le Maroc a créé des institutions pour la promotion des investissements qui recourent d'une manière ou d'une autre aux outils du marketing territorial :

- * Des agences pour la promotion et le développement économique et social :

Trois agences ont été créées : celle du Nord²⁴, de l'Oriental²⁵ et du Sud²⁶. Ces agences visent à améliorer les conditions de vie des populations et de leurs territoires à travers la mise en œuvre de programmes de développement économique et social intégrés. Elles travaillent à renforcer la compétitivité et l'attractivité en soutenant l'investissement et les secteurs productifs et porteurs dans leurs régions.

- * Des centres régionaux d'investissements (CRI) : suite à la Lettre Royale du 9 janvier 2002 relative à la gestion déconcentrée de l'investissement, les centres régionaux d'investissement ont été créés pour principales missions la simplification des procédures, la proximité et l'unicité de l'interlocuteur, ainsi que le développement et la promotion de l'investissement dans les principales régions marocaines.

- * Agence Marocaine de Développement des Investissements (AMD) ou Invest In Morocco²⁷ : Organisme public créé en 2009, a pour principale mission la valorisation et la commercialisation de l'offre Maroc en matière d'investissement. Pour cela, elle entreprend des actions de promotion et de communication pour faire connaître les opportunités d'investissement au Maroc et attirer les prospects potentiels.

L'AMD organise des séminaires, des conférences, des ateliers, etc., de nature à promouvoir l'investissement tant national qu'étranger.

En termes d'attractivité des investissements via le marketing digital, le Maroc est bien placé mondialement. Selon FDI INTELLIGENCE le Maroc, figure au 5e rang au niveau mondial en marketing digital derrière l'Irlande, le Costa Rica, la Grande-Bretagne et la Colombie. En effet, la campagne de communication de l'AMD a été sélectionnée parmi les cinq meilleures au niveau mondial et ce, lors de la dernière édition (2011-2012) des « Prix de Marketing Digital » lancé par FDI Intelligence, filiale du Financial Times spécialisée en investissements. Le jury a récompensé le travail entrepris par l'AMD pour la promotion des investissements au Maroc à travers sa stratégie digitale qui comprend un site web de qualité, le partage d'informations, l'innovation et l'optimisation des moteurs de recherche²⁸.

D'un autre côté, la Banque Mondiale met en avant dans l'édition 2012 de son rapport²⁹ « Global Investment Promotion Practices 2012 », les avancées réalisées par le Maroc en matière de promotion de l'investissement et classe le Royaume parmi les pays ayant les meilleures pratiques de promotion de l'investissement à l'échelle mondiale. Cela facilite aux régions le recours aux outils du marketing territorial pour promouvoir leurs potentialités.

Pour l'attractivité des investissements, le Maroc, d'une part, a été classé comme 1^{er} pays en Afrique du nord en termes d'attraction des IDE par FDI intelligence, pour l'année 2012, jouissant d'une stabilité politique et d'un environnement

²² Selon le Figaro (08/02/2016) c'est La première tranche d'une centrale solaire appelée à devenir, selon ses promoteurs, la plus importante du monde.

²³ Guide de l'investissement au Maroc, 2010

²⁴ <http://www.apdn.ma/>

²⁵ <http://www.oriental.ma/>

²⁶ <http://www.agencedusud.gov.ma/>

²⁷ <http://www.invest.gov.ma/>

²⁸ <http://www.invest.gov.ma/>

²⁹ Ibid.

favorable pour les affaires. Et d'autre part, le Maroc occupe le 9e rang mondial, au même niveau que la France, en termes d'attraction d'investissements dans le domaine de l'énergie solaire. Le pays dispose d'un grand potentiel de production d'énergies renouvelables, notamment de l'énergie solaire, ce qui lui permettra éventuellement de fournir de l'énergie à l'Europe.

Côté recherche académique, plusieurs chercheurs marocains (universitaires, doctorant, étudiants) commencent à s'intéresser et à travailler sur cette thématique de marketing territorial, malgré que le nombre de recherches concernant ce domaine reste encore très limité.

Le marketing territorial, le branding, la communication des territoires sont plus sollicités plus que jamais au niveau international. Au Maroc, il faut encore créer un terrain plus favorable à la pratique du marketing territorial. Ainsi, avec les avancées réalisées dans le domaine de la décentralisation et dernièrement le projet de régionalisation avancée, il faudrait aussi prendre d'autres mesures susceptibles de faire réussir la démarche marketing territorial :

- la formation des acteurs dans le domaine de la gestion territoriale tout en accordant un investissement considérable;
- la création des départements de l'intelligence territoriale et de marketing territorial ;
- une parfaite connaissance du territoire ;
- une collaboration et implication de tous les acteurs locaux concernés ;
- une coordination entre les acteurs locaux œuvrant au service de développement local ;
- un suivi et évaluation continue des actions de marketing territorial.

Les régions marocaines doivent impérativement réagir face aux enjeux territoriaux en relevant leurs niveaux de professionnalisme et en construisant une stratégie d'attractivité et de marketing territorial efficace.

5 CONCLUSION

En guise de conclusion, on peut avancer que le marketing territorial est une notion encore en restructuration. Il est au carrefour de nombreuses disciplines, qui ne supporte plus son nom comme un enfant qui ne parvient pas à supporter son prénom. Plusieurs objectifs sont attribués au marketing territorial : le renforcement de l'attractivité, la gouvernance territoriale, le développement local, la communication sur le territoire, la création des marques territoriales.... Pourtant l'investissement consacré à cette pratique reste insuffisant, en plus de l'absence de ce vocable au sein des services des collectivités territoriales marocaines.

Les pratiques du marketing territorial, existent dans les régions mais ne sont pas encore professionnalisées dans la mesure où les acteurs territoriaux ne suivent pas la démarche de marketing territorial comme on l'a présenté plus haut.

Certes, le marketing territorial est un outil de développement territorial, mais les acteurs locaux sont conscients que le discours global ne suffit pas. Il est impératif d'aller au-delà d'une communication territoriale globale en construisant un plan d'actions performant pour atteindre, avec précision, des objectifs déjà fixés. De ce fait, et sur la base d'un diagnostic régional rigoureux, le marketing territorial doit être orienté vers les premières problématiques de la région ou de la ville. Par exemple, dans la région de Marrakech- Safi, où le tourisme occupe une place importante dans l'économie régionale, les acteurs régionaux doivent augmenter et renforcer l'attractivité des investissements de leur région par le recours au marketing territorial. Cela permet de sortir la région d'une économie basée seulement sur un seul secteur vulnérable tel que le tourisme.

REFERENCES

- [1] B. MEYRONIN, « *le marketing territorial* », Paris, Vuibert, 2012. 3^e édition.
- [2] B. PECQUEUR (2005), « Le développement territorial: une nouvelle approche des processus de développement pour les économies du Sud » in *Le territoire est mort Vive les territoires!*
- [3] C. CHAMARD, Jean-Claude LIQUET, Meriem MENGI, *l'image de marque des régions françaises : évaluation du « capital territoire » par le grand public*, 2013.
- [4] C. CHAMARD (2014), *le marketing territorial : comment développer l'attractivité et l'hospitalité des territoires ?* Bruxelles, de Boeck, 2014. 1^{re} éditions.
- [5] D.PORTE, 1988, « la communication des villes, Paris : Milan Midia.
- [6] F.HATEM, « le marketing territorial, Principes, méthodes et pratiques, Edition EMS Management et société. 2007.
- [7] F. HATEM (2004 a), « Attractivité : de quoi parlons-nous ? », *Pouvoirs Locaux*, n°61 II/2004.
- [8] G.-F. Dumont, *Villes et Territoires en compétition, Économie Urbaine*, Editions Litec, Paris, 1993, p. 197.
- [9] JEAN, YVES. *La notion de territoire : entre polysémie, analyses critiques et intérêts* In : *Lire les territoires* [en ligne]. Tours : Presses universitaires François-Rabelais, 2002.
- [10] Jean-Pierre DETRIE (collectif), (2005) « stratégor, Politique générale de l'entreprise »,Dunod, 4^e édition, p.111.
- [11] Jean-Jacques Lambin Chantal de Moerloose , « Marketing stratégique et opérationnel du marketing à l'orientation-marché » 7e édition, Dunod , paris 2008.
- [12] J.P Flipo et Texier L. (1992), *Marketing territorial : de la pratique à la théorie*, Revue française de Marketing, n°136, 41-52.
- [13] K. RENE, « La dimension culturelle du développement territorial », *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, 2010/4 octobre, p. 625-650.
- [14] L. Texier et Valla J.P. (1992), *Le Marketing Territorial et ses enjeux*, Revue Française de Gestion, Janvier/Février, 45-55.
- [15] L.TEXIER, 1993, *Peut-on parler de marketing territorial?*, Revue d'Economie Régionale et Urbaine,1, 141-160.
- [16] L. Texier (1999), *Une clarification de l'offre d'implantation en marketing territorial : produit de ville et offre de territoire*, *Revue d'économie régionale et urbaine*, 5, p. 1021-1036.
- [17] M. A. BENABDALLAH, "Propos sur la décentralisation territoriale au Maroc" pp. 1–14, 2003.
- [18] M. KAVARATZIS and G. ASHWORTH, "Place marketing: how did we get here and where are we going?," *J. Place Manag. Dev.*, vol. 1, no. 2, pp. 150–165, 2008.
- [19] V.Gollain, 2014. « Réussir sa démarche de marketing territorial : méthode, techniques et bonnes pratiques ».
- [20] V. GOLLAIN, « identifier et valoriser ses avantages comparatifs territoriaux avec la méthode CERISE REVAIT® » 6ème Version, avril 2015.
- [21] V. Girard (1999) ; *Contribution à l'étude du marketing territorial : le cas des projets de ville et d'agglomération françaises ; thèse de Doctorat en Sciences de Gestion ; sous la direction du professeur Paul Veys, Université Lyon 3.*
- [22] Y. PESQUEUX, « La notion de territoire », "Colloque Propedia - Observatoire économique des banlieues, Paris : France (2009).
- [23] Le portail de l'agence pour la promotion et le développement du Nord.
<http://www.apdn.ma/>
- [24] Le portail de l'agence de l'Oriental.
<http://www.oriental.ma/>
- [25] Le portail de l'Agence pour la promotion et le développement économique et social des provinces du Sud du Royaume :
<http://www.agencedusud.gov.ma/>
- [26] Le site web d'Agence Marocaine de Développement des Investissements.
<http://www.invest.gov.ma/>
- [27] Portail national des collectivités territoriales.
<http://www.pncl.gov.ma/>

Evolution diachronique de la ligne de rivage et de l'occupation des espaces de la zone côtière de Ksar Esghir entre 1966 et 2005 (Tanger - Maroc)

[Diachronic evolution of the shoreline and the space occupation of coastal area of Ksar Esghir between 1966 and 2005 (Tangiers - Morocco)]

Hanaa BENALI and Brahim EL MOUTCHOU

Equipe de Recherche en Géologie et Océanographie (ERGO- E02UAE/FS), Département de Géologie, Faculté des Sciences, Tétouan, Maroc

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

ABSTRACT: The study of the multi dates shoreline evolution in the area of Ksar Esghir, located in the northwest of Morocco on Strait of Gibraltar between Tangiers and Ceuta, allowed the appreciation of the following progressive characters:

- Ksar Esghir watershed geomorphologic, which provides a mountainous character, allowing the distinction of the three main units: Highest areas, plain areas and coastal areas.
- Typically Mediterranean climate, characterized simultaneously by a cold damp winter and hot dry summer, where the weather and marine conditions are dominated by: Dominant West- North west swells which may exhibit Atlantic Ocean origin and East- North east swells may due to local wind seas.
- Evolutionary trend of the Ksar Esghir beaches shorelines, between the years 1966 and 2005 (40 years), marked by: an erosion of approximately 65%, an accretion of 25% and coastal stability of around 10% being considered with an almost total absence of stable areas.
- Areas occupancy evolution characterized by: an increase in developed areas with an average annual rate which may reach up + 0.28 km² / year and a reduction in undeveloped areas along with an average annual rate of - 0.27 km² / year.

KEYWORDS: Coastline; Erosion; Fattening; Spaces occupation; Ksar Esghir; Morocco.

RESUME: L'étude de l'évolution multitudes de la ligne du rivage de la région de Ksar Esghir, situé au Nord Ouest du Maroc sur le détroit du Gibraltar entre Tanger et Sebta, a permis l'appréciation des caractères évolutifs suivants :

- Une géomorphologique du bassin versant de Ksar Esghir, de caractère montagneux, permettant la distinction de trois grandes unités, avec : Des zones hautes, des zones de plaine et des zones côtières.
- Un climat typiquement méditerranéen, caractérisé par un hiver frais et humide et un été chaud et sec, où les conditions météo-marines sont dominées par : Des houles dominantes Ouest à Nord ouest, d'origine atlantique et des houles Est à Nord est, dues à des mers de vent local.
- Une tendance évolutive des traits de côte des plages de Ksar Esghir, entre 1966 et 2005 (40 ans), marquée par : Une érosion d'environ 65%, une accrétion d'environ 25% et une stabilité de 10 % des espaces côtiers considérés, avec une absence quasi-totale des zones stable.
- Une évolution de l'occupation des espaces caractérisée par : Une augmentation des espaces aménagés avec un taux moyen annuel de + 0,28 Km² / an et une réduction des espaces non aménagés avec un taux moyen annuel de - 0,27 Km² / an.

MOTS-CLEFS: Trait de côte ; Erosion ; Engraisement ; Occupation des espaces ; Ksar Esghir ; Maroc.

1 INTRODUCTION

L'environnement littoral en général est caractérisé par son extrême diversité et par la rapidité de son évolution. C'est un environnement dont l'équilibre, fragile et métastable, dépend à la fois de la nature du substratum, de la quantité des apports sédimentaires et des facteurs dynamiques marins, continentaux et/ou anthropiques.

Dans ce contexte des faits, la région de Ksar Esghir, par sa position stratégique présente deux composantes naturelles à savoir : Le domaine marin et le domaine continental. Cette zone est le siège d'un certain nombre d'activités socio-économiques (Activités touristiques, industrielles et logistiques portuaires...) où le trait de côte connaît des modifications liées aux effets des interactions de plusieurs agents dynamiques. L'étude de son évolution (L'étude évolutive multitudes du littoral de la région de Ksar Esghir entre 1966 et 2005) a permis de comprendre l'impact qu'exercent ces divers agents, d'appréhender les tendances évolutives et les conditions l'origine de ces tendances à ce niveau.

2 CARACTERES GENERAUX DE LA ZONE D'ETUDE

Le littoral de la région de Ksar Esghir, de direction générale E - W, se situe au NW du Maroc sur le détroit du Gibraltar entre Tanger et Sebta (Figure 1). Elle est limitée à l'Est par la ville de Sebta, à l'Ouest par la ville de Tanger, au Nord par le Détroit de Gibraltar et au Sud par les formations géologiques du Rif externe.

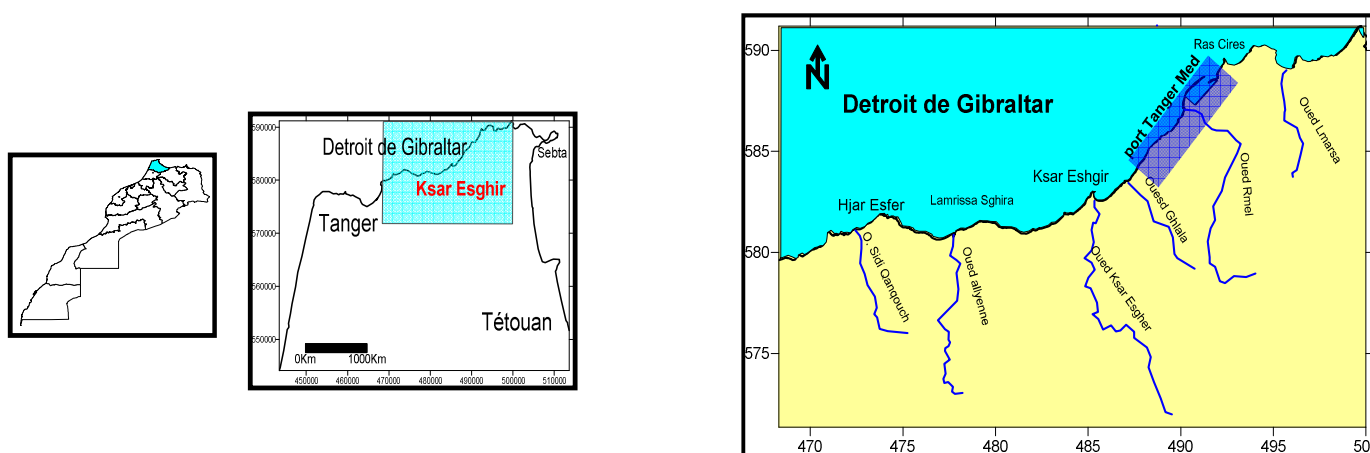


Figure 1 : Situation géographique et localisation du secteur d'étude

Le contexte géologique du bassin versant de Ksar Esghir, situé à l'extrémité Nord de la chaîne du Rif, constitue la terminaison occidentale de la chaîne, qui fait partie à son tour, des chaînes alpines périméditerranéenne [2], [3], [10].

L'analyse morphologique des éléments de reliefs de la région considérée, permet la distinction d'un caractère montagneux à trois composantes géomorphologiques à savoir : Les zones hautes, les zones des plaines et les zones côtières (Figure 2).

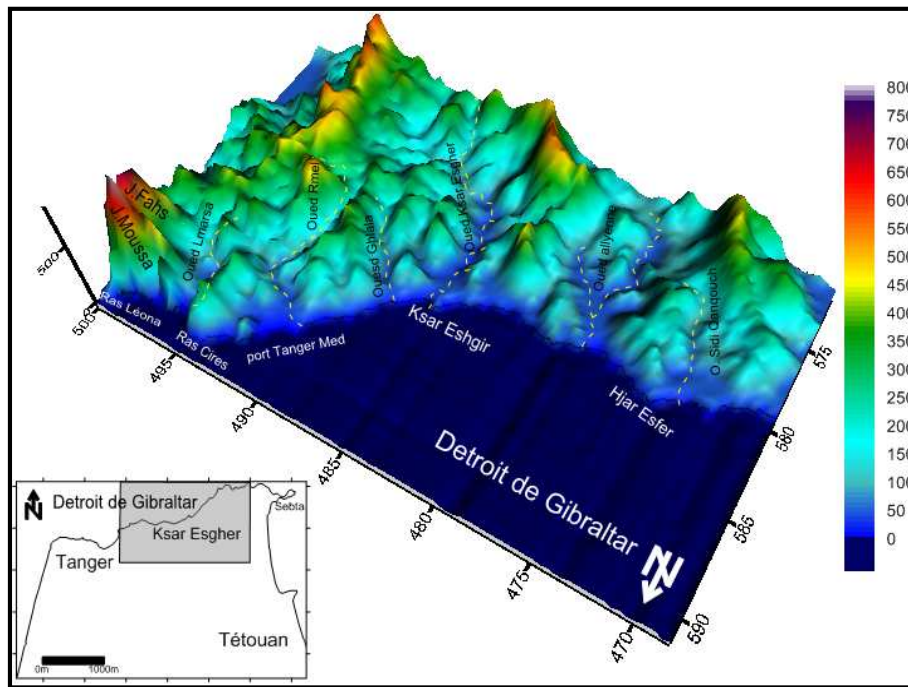


Figure 2 : Carte géomorphologique [1]

Le contexte climatique, de type méditerranéen, est caractérisé par un climat tempéré et chaud à deux saisons distinctes : Un hiver frais et humide aux précipitations violentes et brutales entre Octobre à Avril et un été chaud et sec de Mai à Septembre. La pluviométrie moyenne annuelle de l'ordre de 800 mm et la température moyenne annuelle est de l'ordre de 18° C avec des vents à deux composantes Est et Ouest (Figure 3).

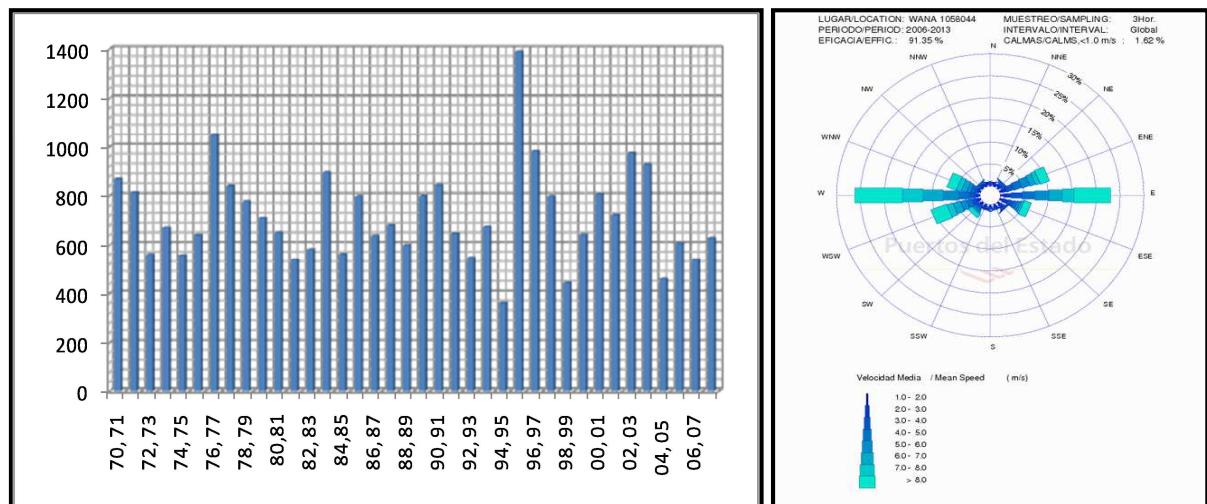


Figure 3 : Distribution des précipitations annuelles de la station kalaya (1970-2007) et Rose des vents du point WANA 1058044 pour la période de 2006 à 2013 [12]

Le contexte hydrodynamique dans le Déroit de Gibraltar est marqué par des houles qui proviennent essentiellement de deux secteurs [6], [7], [11], (Figure 4), avec:

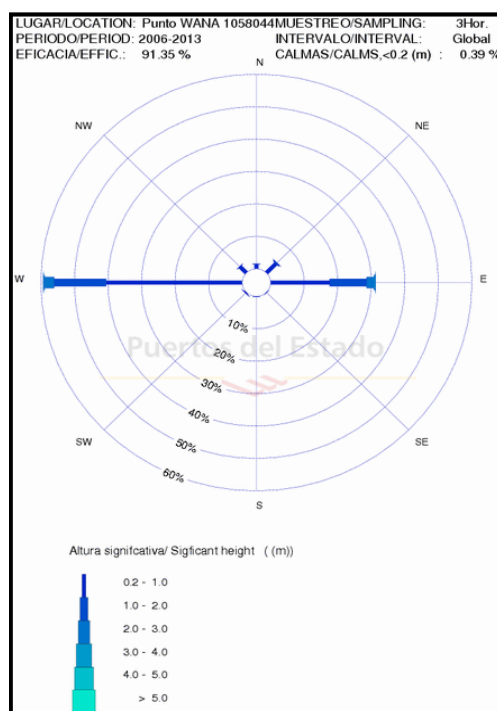


Figure 4 : Rose des houles du point WANA 1058044 de 2006 à 2013 [12]

- * des houles du secteur Ouest à NW, dominantes d'origine atlantique, de période variant entre 9 et 12 sec et d'amplitude moyenne de 2 m. Suite à la réfraction, ces houles, atteignent les côtes en générant un courant latéral vers l'ouest.
- * des houles du secteur Est à NE, dues à des mers de vent locales, caractérisées par des périodes, de 3 à 5 sec et des hauteurs inférieures à 1,5 m. Ces houles attaquent les littoraux à l'est avec une incidence de 20° à 30°, engendrant ainsi, un transfert latéral vers l'ouest.

L'onde de marée, de type semi-diurne est généralement faible, elle provient de l'Atlantique et se propage vers la Méditerranée à travers le détroit de Gibraltar [6], [5], [7].

3 METHODES ET TECHNIQUES D'ETUDE DE L'EVOLUTION DIACHRONIQUES ET DE L'OCCUPATION DU SOL DE LA REGION DE KSAR ESGHIR

Les documents cartographiques utilisés (Carte topographiques anciennes et récents) dans l'analyse diachronique de la ligne du rivage de la région de Ksar Esghir couvrant la période comprise entre 1966 et 2005 (Tableau 1).

Tableau 1. Documents utilisés dans l'étude de l'évolution historique

Documents utilisés	Feuilles topographique et Echelles	Année	Sources
Cartes topographiques	Ksar Esghir et Sebta au 1/50000 ^{ème}	1966-1970	Division de la Carte Rabat Maroc
	Tétouan et Tanger au 1/100000 ^{ème}	1972-1974	
	Lahjar Lasfar, Ksar Esghir et Port Tanger-Med au 1/25000 ^{ème}	2005	

Ces documents ont fait l'objet d'un traitement en cinq étapes avec :

- * Le mosaïquage, l'adaptation des échelles et le géoréférencement de tous les documents;
- * La numérisation des traits de côte des différents documents cartographiques choisis;
- * L'extraction des l'ensemble des cartes dérivées et leurs couches correspondantes (Forêts, zone d'urbanisation, routes,...);

- * La qualification et la quantification des tendances évolutives diachroniques de la ligne du rivage et les diverses couches d'occupation des espaces à ce niveau;
- * Elaboration des cartes résultantes de l'évolution du trait de côte et de l'occupation des espaces du bassin versant de Ksar Esghir.

Le calcul des taux moyens du recul et / ou d'accrétion du trait sont estimés à partir de la mesure des écarts entre les traits de côte, en se basant sur la formule suivante [4], [8], [9], avec:

$$M = \Sigma \Delta d / N$$

M : La moyenne générale de recul et / ou d'accrétion (en mètre linéaire)

$\Sigma \Delta d$: La somme des écarts des distances mesurées entre les traits de côte

N : Le nombre total des mesures effectuées par site.

4 RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

4.1 SYNTHÈSE DE LA TENDANCE ÉVOLUTIVE DU TRAIT DE CÔTE DE LA RÉGION DE KSAR ESGHIR

Suite à la numérisation et la superposition des traits de côtes obtenus, respectivement à partir des documents cartographiques utilisés, la tendance évolutive de la frange littorale le long du bassin versant côtier de Ksar Esghir, montre trois contextes évolutifs différents avec : Un contexte d'érosion, un contexte d'engraissement et un contexte de stabilité.

Pour une meilleure représentation de ces effets, on a subdivisé cette frange littorale de l'Est vers l'Ouest, en 4 zones: **Zone 1** (Entre Ras Léona et Ras Kaalouli), **Zone 2** (Entre Ras Kaalouli et Ksar Esghir), **Zone 3** (Entre Ksar Esghir et Lahjer Lasfer) et **Zone 4** (Entre Lahjer Lasfer et Lamnar).

4.1.1 POUR LA PÉRIODE ALLANT DE 1966 A 1974 (8 ANS)

La synthèse des tendances évolutives du comportement de la ligne du rivage des sites de la région de Ksar Esghir, montre, dans le détail, les faits suivants (Figure 5 et Tableau 2) :

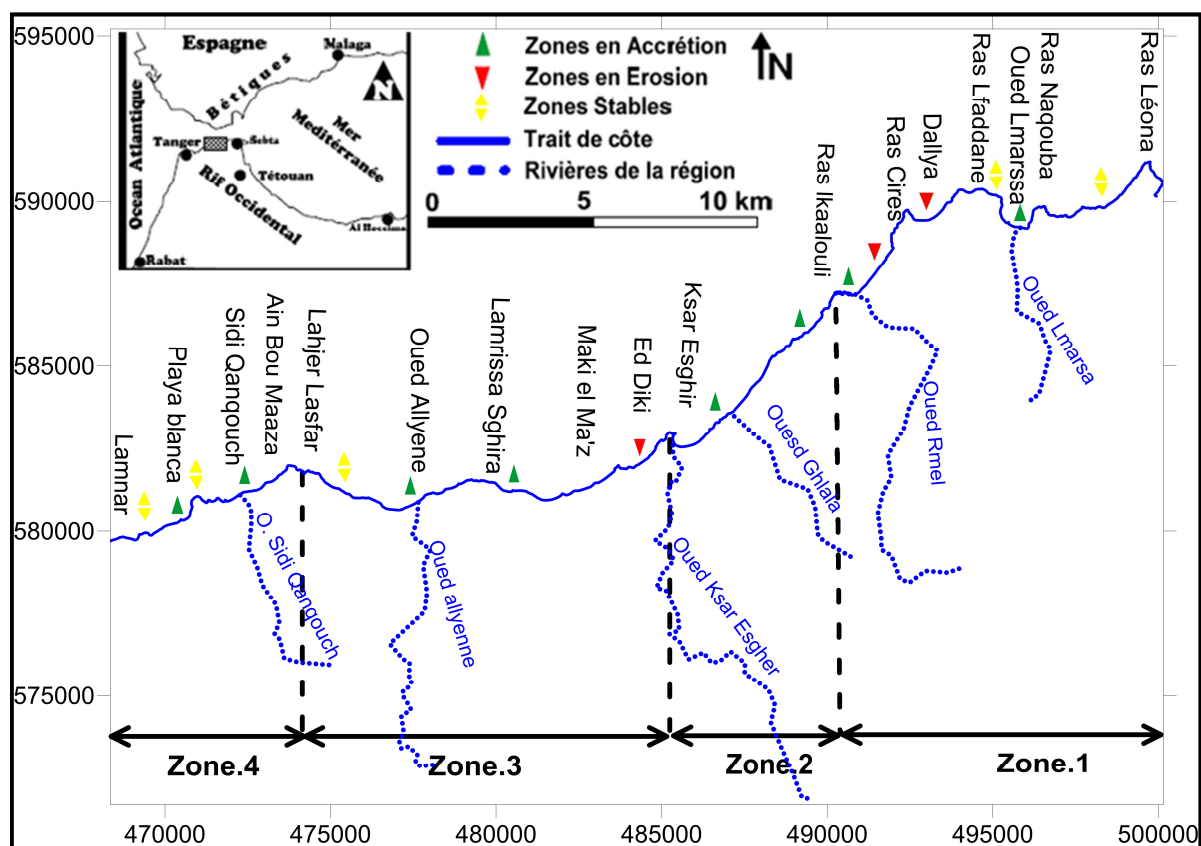


Figure.5 : Carte de l'évolution diachronique des traits de côte entre 1966 et 1974

Tableau.2 : Quantification du comportement du trait de côte des plages du bassin versants côtier de Ksar Esghir entre 1966 et 1974

Zones	Période	Taux global moyen (mètre linéaire/8 ans)	Taux moyen annuel (mètre linéaire/ans)	Constats
Zone.1	1966/1974 (8 ans)	0,0	0,0	Stabilité
		+ 22,8	+ 2,8	Accrétion
		- 24, 8	- 3,1	Erosion
Zone.2		+ 40,38	+ 5.0	Accrétion
Zone.3		- 16,63	- 2.1	Erosion
		+ 39,7	+ 4,9	Accrétion
		0,0	0,0	Stabilité
Zone.4		+ 23,3	+ 4,0	Accrétion
		0,0	0,0	Stabilité

- * Une stabilité du trait de côte occupe Ras Léona, Ras Naqouba et Ras Lfaddane (Zone. 1), à Lahjer Lasfar (Zone. 3), à l'Est de la plage Sidi Qanqouch à l'Est de plage Playa Blanca et entre playa Blanca et Lamnar (Zone. 4).
- * Une érosion de la plage Dalya et de l'Est de la plage Rmel (Zone. 1), la plage Diki (Zone. 3), avec un taux moyen annuel de recul de la ligne du rivage de l'ordre de - 2,6 mètres linéaires/an.

- * Un engraissement quasi-total des plages Lmarssa et Rmel (Zone. 1), des plages de Ksar Esghir (Zone. 2), des plages entre Mak el Ma'z et Oued Allyenne (Zone. 3) et des plages d'Ain Bou Maaza, Sidi Qanqouch et plage Playa Blanca (Zone. 4), avec un taux moyen annuel d'accrétion de la ligne du rivage d'environ de + 4,2 mètres linéaires/an.

4.1.2 POUR LA PERIODE ALLANT DE 1974 A 2005 (32 ANS)

De 1974 à 2005 (32 ans), les traits de côte des différents sites du bassin versant de Ksar Esghir ont connus une évolution important. Cette tendance évolutive accrue est matérialisée essentiellement par des reculs du trait de côte le long des zones constituant les plages de ce bassin versant côtier (Figure 6 et Tableau 3), avec :

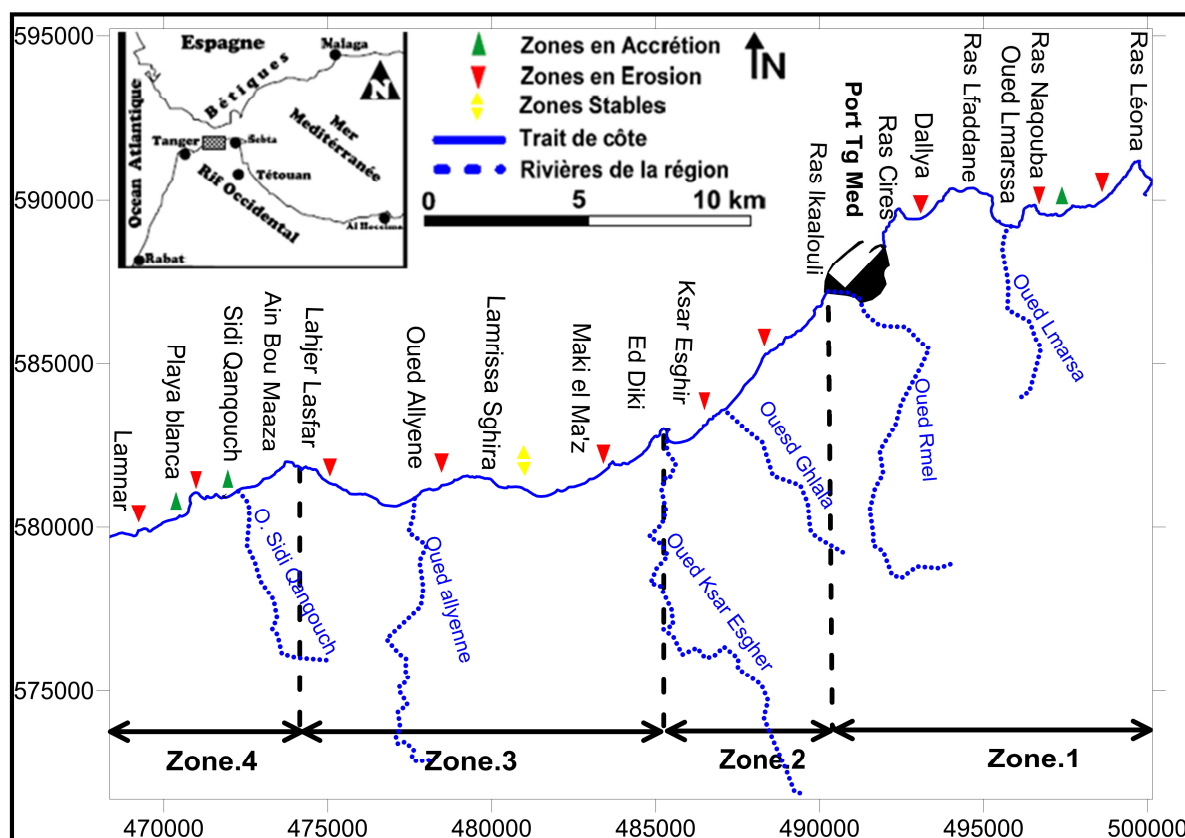


Figure 6 : Carte de l'évolution diachronique des traits de côte entre 1974 et 2005

- * Une stabilité de la ligne du rivage, très limitée au niveau de plage Lmaressa Sghira (Zone. 3) et entre Ras Cires et Ksar Esghir (Zone. 2), zone englobant le site du port Tanger-Med,

Tableau 3 : Quantification du comportement du trait de côte des plages du bassin versants côtier de Ksar Esghir entre 1974 et 2005

Zones	Période	Taux global moyen (mètre linéaire/32 ans)	Taux moyen annuel (mètre linéaire/ans)	Constats
Zone.1	1974/2005 (32 an)	- 23,8	- 0,7	Erosion
		+ 33,7	+ 1,0	Accrétion
Zone.2		- 46,3	- 1,4	Erosion
Zone.3		- 37,8	- 1,2	
		0,0	0,0	Stabilité
Zone.4		- 39,5	- 1,2	Erosion
		+ 16,1	+ 0,5	Accrétion

- * Une accrétion limitée des plages entre Ras Léona et Ras Naqouba (Zone. 1), des plages à l'Est de Ksar Esghir (Zone. 2), des plages entre Maki el Maaz et Lamrissa Sghira et à oued Allyenne (Zone. 3) et des plages à l'Ouest de la plage Sidi Qanqouch et Playa Blanca (Zone. 4), avec un taux moyen annuel de l'ordre de + 0,75 mètre linéaire/an;
- * Une érosion quasi-totale, au niveau des plages Ras Léona entre Ras Naqouba à Ras Cires (Zone. 1), entre Ras Lkaalouli à Plage Maki el maaz (Zone. 2 et 3), entre Lamrissa Sghira et Ain Bou Maaza (Zone. 3 et 4), entre la partie Est de la plage Sidi Qanqouch et plage Playa Blanca et entre la plage Playa Blanca et Lamnar (Zone. 4), avec un taux moyen annuel de recul de l'ordre de - 1,1 mètre linéaires/an.

La synthèse des bilans des tendances évolutives diachroniques des différents sites de la frange littorale du bassin versant côtier de Ksar Esghir, pour la période comprise entre 1966/2005 (40 ans), rend compte des faits suivants de l'Est vers l'Ouest (Figure 7 et Tableau 4) :

- * Une stabilité de la ligne du rivage, très limitée au niveau des plages entre Ras Cires et Ksar Esghir (Zone. 2), zone englobant le site du port Tanger-Med,
- * Une accrétion de la ligne de rivage des plages de Ksar Esghir (Zone. 2), de la plage d'Oued Allyenne (Zone. 3) et des plages Sidi Qanqouch et plage Playa Blanca (Zone. 4), avec un taux moyen annuel d'accrétion de la ligne du rivage d'environ de + 0,6 mètre linéaire/an.
- * Une érosion quasi-totale, au niveau des plages Ras Léona entre Ras Naqouba à Ras Cires (Zone. 1), entre Ras Lkaalouli à Plage Maki el maaz (Zone. 2 et 3), entre Lamrissa Sghira et Ain Bou Maaza (Zone. 3 et 4), entre la partie Est de la plage Sidi Qanqouch et plage Playa Blanca et entre la plage Playa Blanca et Lamnar (Zone. 4), avec un taux moyen annuel de recul de l'ordre de - 0,7 mètre linéaires/an.

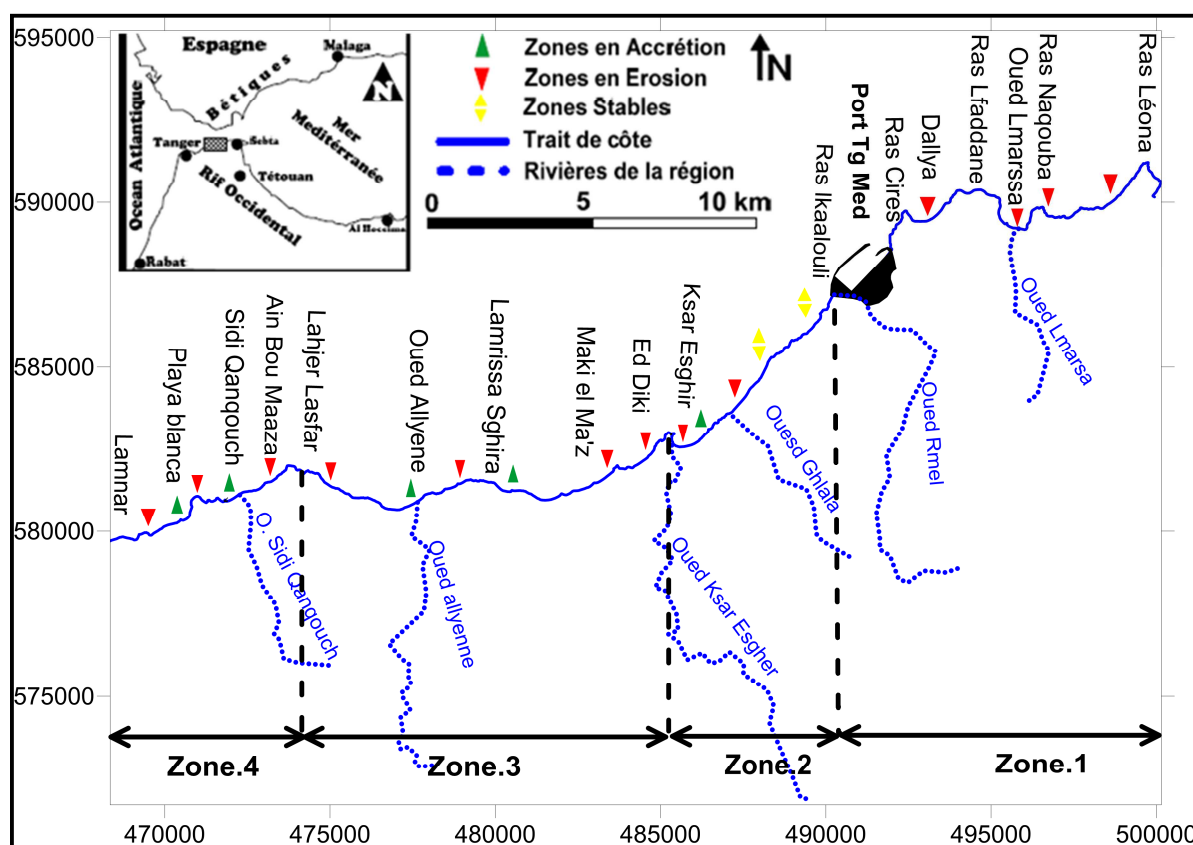


Figure 7 : Carte de l'évolution diachronique des traits de côte entre 1966 et 2005

Tableau 4 : Quantification du comportement du trait de côte des plages du bassin versants côtier de Ksar Esghir entre 1966 et 2005

Zones	Période	Taux global moyen (mètre linéaire/40 ans)	Taux moyen annuel (mètre linéaire/an)	Constats
Zone 1	1966/2005 (40 ans)	- 23,5	- 0,6	Erosion
Zone 2		- 28,2	- 0,7	Erosion
		+ 16,7	+ 0,4	Accrétion
		0,0	0,0	Stabilité
Zone 3		- 33,3	- 0,8	Erosion
		+ 24,5	+ 0,6	Accrétion
Zone 4		- 27,0	- 0,7	Erosion
		+ 28,4	+ 0,7	Accrétion

En générale, les résultats globaux de l'évolution du trait de côte pour la période comprise entre 1966 - 2005 (40 ans), montrent une tendance négative dominante avec : 65 % des sites en érosion contre 25 % des sites en accrétion et 10 % des sites en état de stabilité le long des littoraux du bassin versant côtier de la région de Ksar Esghir.

4.2 BILAN DE LA TENDANCE EVOLUTIVE DE L'OCCUPATION DES ESPACES DE LA REGION DE KSAR ESGHIR ENTRE 1966 ET 2005

L'occupation des espaces du proche continent du littoral marocain de Ksar Esghir, est tributaire des actions anthropiques entrepris à ce niveau. Ces actions ont généralement un rôle perturbateur dans le fragile équilibre sédimentaire des rivages marins. Ainsi, des travaux d'intérêt public, urbanistique, socio-économique et/ou touristiques, peuvent déclencher ou aggraver l'érosion sur les zones côtières avoisinantes.

De ce fait une étude cartographique de l'occupation des espaces dans la région de Ksar Esghir, a été réalisée dans le but d'estimer le degré d'impact de ces formes d'interventions directes et/ou indirectes sur l'évolution diachronique de la ligne du rivage.

Dans ce sens et suite à la numérisation des cartes topographiques de 1966 au 1/50000^{ème} et 2005 au 1/25000^{ème}, du bassin versant côtier de Ksar Esghir (Figure 8), on a procédé à l'extraction des couches correspondantes aux différentes classes d'occupation d'espace à ce niveau. Ainsi, on propose deux grandes classes spécifiques à savoir :

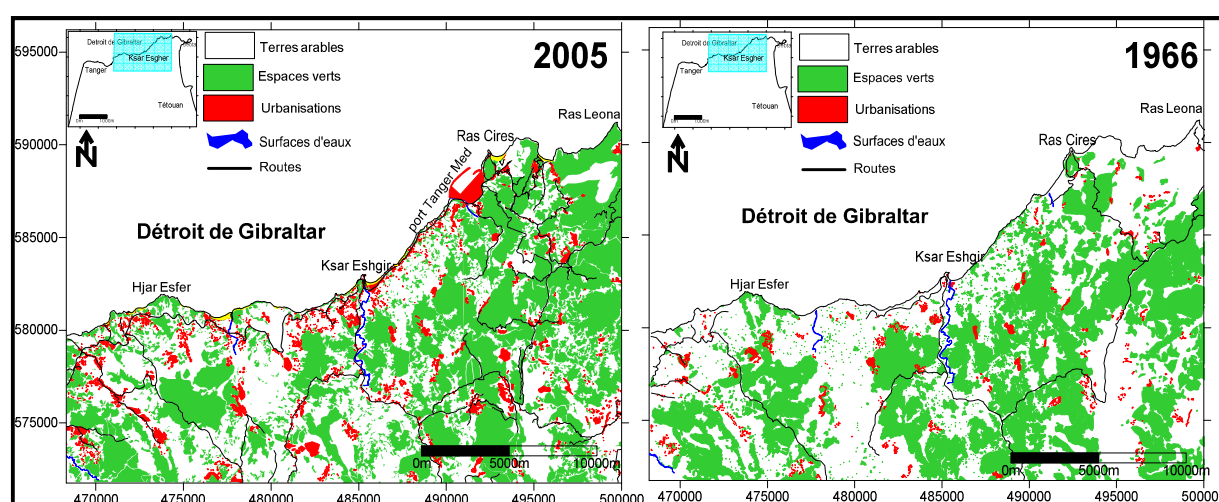


Figure 8 : Cartes d'occupation des espaces de 1966 et 2005

* La classe des espaces aménagés : Représentée par les zones d'urbanisation (Douars, aménagements côtiers et urbanistiques, les routes, etc), où l'homme a un effet direct sur la tendance évolutive des espaces;

- * La classe des espaces non aménagés : Représentée par les espaces verts (Forêt, terrains agricoles, jardin, ... etc), les espaces occupés par les terres arables (sol nus, roches...) et les espaces occupés par les surfaces hydrauliques (oueds, lac...), où l'influence humaine reste minime.

4.2.1 L'OCCUPATION DES ESPACES EN 1966

La numérisation de la carte topographique de 1966 au 1/50000^{ème} du bassin versant côtier de Ksar Esghir, a permis la récolte des faits et résultats suivants (Tableau 5 et Figure 9) :

- * Les espaces aménagés se concentrent au niveau des agglomérations (Douars) aux alentours des zones côtières. Ils représentent 4,96 Km² soit 1,5 % de la surface totale de la région de Ksar Esghir (393,86 Km²), où les zones urbanisées occupent 1% soit 3,94 Km² et les routes 0,5 % soit 1,02 Km²;
- * Les espaces non aménagés occupent presque la totalité de la surface totale (98,5% soit 388,64 Km²), avec 62,5% soit 249,18 Km², occupée par les terres arables et les surfaces d'eau et 36% soit 139,46 Km² occupée par les espaces verts.

Tableau 5 : Types et superficies des classes d'occupation des espaces en 1966

Classes	Sous classe (Type de milieu)	Superficie (Km ²)	Superficie (%)	Total (%)
Classe 1 Espaces aménagés	Espaces urbanisés	3,94	1,0%	1,5%
	Routes	1,02	0,5%	
Classe 2 Espaces non aménagés	Espaces verts	139,46	36,0%	98,5%
	Terres arables et surfaces d'eau	249,18	62,5%	
Total		393,86	100%	100%

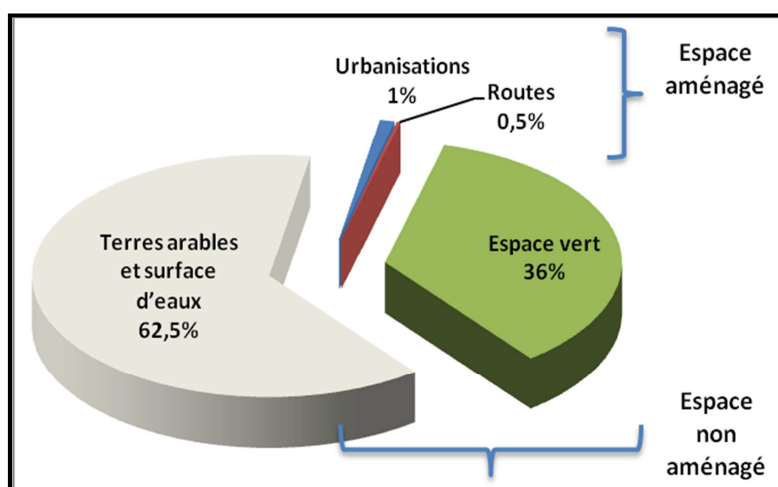


Figure 9 : Répartition des classes d'occupation des espaces en 1966

4.2.2 L'OCCUPATION DES ESPACES EN 2005

La carte de l'occupation des espaces du bassin versant côtier de Ksar Esghir, issue de la numérisation des feuilles topographiques de Hjar Esfer, Ksar Esghir, Tlata taghramt et Port Tanger Med de 2005 au 1/25000^{ème}, a permis la caractérisation de la répartition spatiale des espaces naturels en 2005 (Tableau 6 et Figure 10), avec :

- * Une augmentation des zones aménagées correspondante à un taux de couverture de 4% de la superficie totale du territoire. Ces espaces aménagés groupent d'une part par les zones urbanisées couvrant 3% soit 13,55 Km² (Douars aux alentours de la zone côtière, de l'arrière pays et du Port Tanger-Med), d'autre part les infrastructures routières couvrant une superficie de l'ordre de 1% soit 2,35 Km².

- * Une réduction des zones non aménagées avec un taux de couverture de 96% de la surface totale. Ces derniers couvrent essentiellement, les terres arables et les surfaces d'eau avec 49% soit 191, 29 Km² et les espaces verts avec 47% de surface totale soit 186,68 Km²

Tableau 6 : Types et superficies des classes d'occupation des espaces en 2005

Classes	Sous classe (Type de milieu)	Superficie (Km ²)	Superficie (%)	Total (%)
Classe 1	Espaces urbanisés	13,55	3,0%	4%
Espace aménagé	Routes	2,35	1,0%	
Classe 2	Espaces verts	186,68	47,0%	96%
Espace non aménagé	Terres arables et Surfaces d'eau	191, 29	49,0%	
Total		393,86	100%	100%

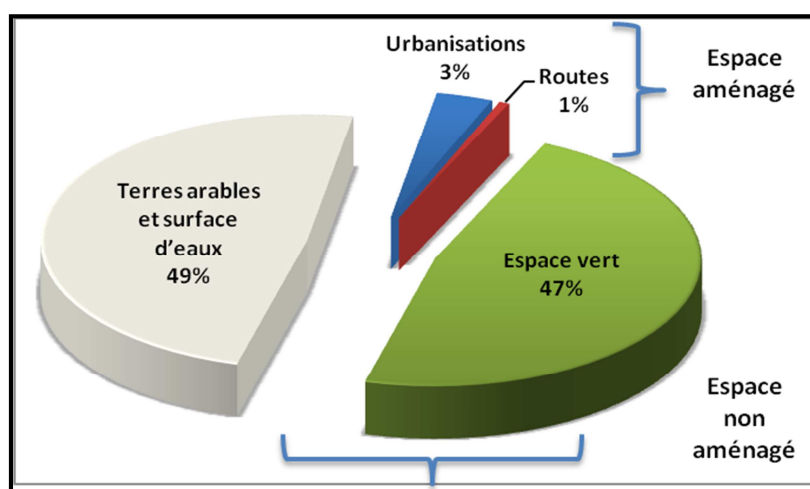


Figure 10 : Répartition des classes d'occupation des espaces en 2005

4.2.3 SYNTHÈSE ET COMPARAISON DES TAUX D'OCCUPATION DES ESPACES ENTRE 1966 ET 2005

La comparaison des cartes d'occupation des espaces entre 1966 et 2005 (Figure 11), montre une nette différenciation entre les classes, marquée par l'augmentation des espaces aménagés et la réduction des espaces non aménagés.

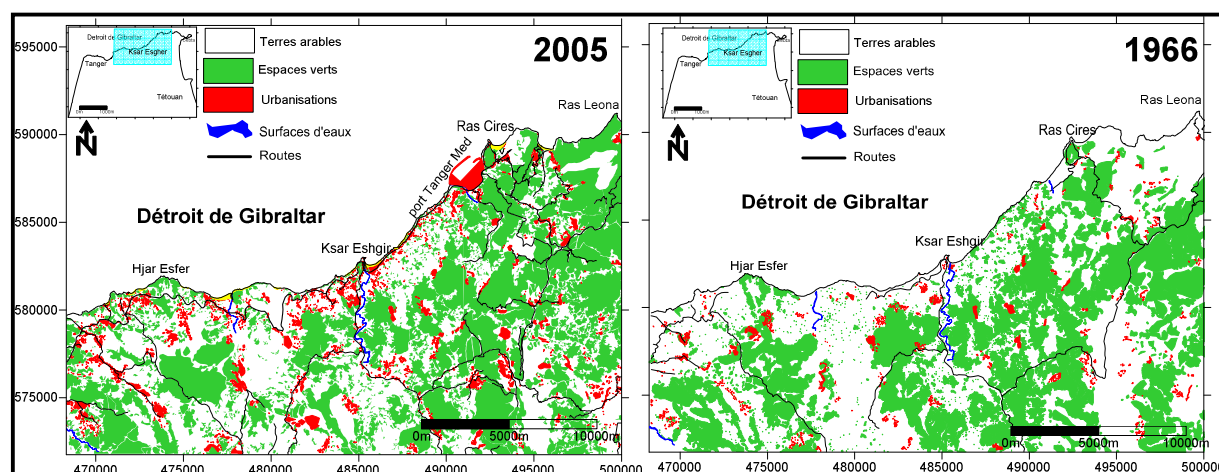


Figure 11 : Comparaison des cartes d'occupation des espaces entre 1966 et 2005

Les résultats ainsi obtenus ont permis le calcul du taux d'évolution globale durant la tranche du temps comprise entre 1966 et 2005 (Tableau 7 et Figure 12).

Tableau 7 : Synthèse de l'évolution spatiale de l'occupation des espaces entre 1966 et 2005

Classes	Sous classe (Type de milieu)	Superficie (Km ²)		Taux globale (km ²)	Taux moyen annuel (Km ² /an)	
		En 1966	En 2005			
Classe 1 Espace aménagé	Zones urbanisées	3,94	13,55	+ 9,61	+ 0,24	+ 0,28
	Routes	1,02	2,35	+ 1,33	+ 0,03	
Classe 2 Espace non aménagé	Espaces verts	139,46	186,68	+ 47,22	+ 1,21	- 0,27
	Terres arables et Surfaces d'eau	249,18	191,29	- 57,89	- 1,48	

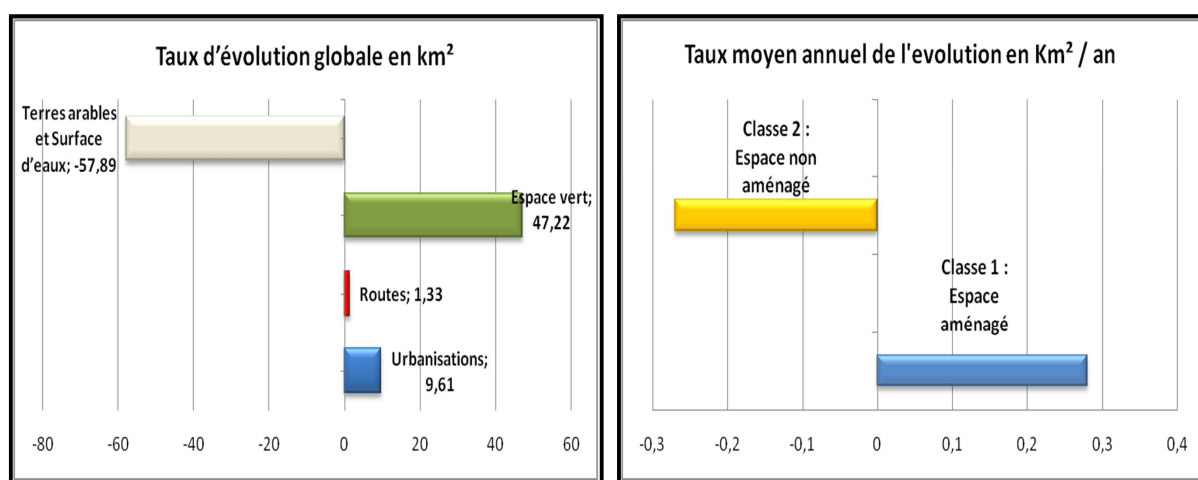


Figure 12 : Quantification des taux d'occupation des espaces entre 1966 et 2005

Selon cet état des faits, on note que :

- * Un croissance des zones aménagées, avec un taux moyen annuel d'augmentation de l'ordre de + 0,28 Km² / an où, les espaces occupés par les zones urbanisées (Douars, Urbanisations côtières, Ports, ... etc), passent respectivement de 3,94 Km² en 1966 à 13,55 Km² en 2005, soit un taux d'évolution globale de l'ordre de 9,61 km² / 40 ans. De même les routes passent de 1,02 km² en 1966 à 2,35 Km² en 2005 soit un taux d'évolution globale de l'ordre de 1,33 km² / 40 ans;
- * Une augmentation des zones non aménagées de type espaces verts, qui passent respectivement de 139,46 Km² en 1966 à 186,68 Km² en 2005 soit un taux d'évolution globale de l'ordre de 47,22 km² / 40 ans correspondant à un taux d'élévation moyenne annuelle de + 1,21 km² / an;
- * Une diminution des surfaces occupées par les zones non aménagées de type terres arables et surfaces d'eau, qui passent de 249,18 Km² en 1966 à 191,29 Km² en 2005, soit un taux d'évolution globale de l'ordre de - 57,89 km² / 40 ans, d'où un taux de réduction moyenne annuelle de - 1,48 km² / an. Ainsi, le taux moyen annuel de diminution de la classe non aménagée est de l'ordre de - 0,27 Km² / an.

4.2.4 INTERPRÉTATIONS

L'augmentation des espaces aménagés est liée à la croissance démographique qu'a connue le Maroc après l'indépendance surtout au niveau des zones côtières. De même et vu l'essor économique qu'a connu la région de Tanger/Tétouan, dont fait partie le bassin versant côtier de Ksar Esghir, les infrastructures routières et les ouvrages associés, ont connus un développement considérable durant les dernières années.

Tandis que, la diminution des espaces non aménagés est due pour l'essentiel à l'anthropisation et au déboisement des zones forestières. Tandis que, la croissance des superficies des espaces verts est dictée par la transformation des terres arables et des forêts en terres agricoles et espaces verts urbains.

5 CONCLUSION GÉNÉRALE

De cette étude il ressort que, les différents sites de la frange littorale du bassin versant côtier de la région de Ksar Esghir, se présente comme un écosystème à équilibre fragile, dominé pour l'essentiel par :

- * Un bilan évolutif global du comportement du trait de côte négative sur 40 ans (Période couvrant la tranche du temps comprise entre 1966 et 2005), avec environ 65% des espaces littoraux en érosion contre 25% des espaces littoraux en accrétion et 10 % en état de stabilité;
- * Une tendance régressive liée essentiellement et selon l'ordre d'importance à des facteurs locaux caractérisés, pour l'essentiel, par :
 - ** Un contexte hydrodynamique particulièrement fort à très fort (Déroit de Gibraltar);
 - ** Un impact direct de l'évolution géodynamique de la chaîne du Rif (Dynamique active des versants et glissements de terrain);
 - ** des effets indirects et directs de l'anthropisation dans la région considérée, suite au développement important que connu cette région depuis le début des années 1990, avec une augmentation des zones aménagées de l'ordre de + 0,28 Km² / an au dépend d'une diminution des zones non aménagées de l'ordre de - 0,27 Km² / an.
- * Une tendance à l'accrétion très limitée due, pour l'essentiel, aux transferts des flux de matière entre les secteurs, aux apports continentaux excessivement importants durant les années pluviales et aux apports instantanés dus aux phénomènes des glissements de terrain très fréquents dans la région;

RÉFÉRENCES

- [1] BENALI, H., EL MOUTCHOU, B. (2013) : Evolution géomorphologique des reliefs du bassin versant de Ksar Esghir (Province de Tanger – NW du Maroc). *1^{ère} Rencontre des Sciences Géomantiques. Rabat. Publ, dans la Revue Télédétection, Mars 2014.*
- [2] DIDON J, DURAND DELGA M., KORNPROBST J. (1973). Homologies géologiques entre les deux rives du détroit de Gibraltar (Espagne). *BSGF, 7, T. XV-2, pp 77-105.*
- [3] DURAND-DELGA M., HOTTINGER L., MARCAIS J., MATTAUER M., MILLIARD Y., SUTER G. (1960-62). Données actuelle sur la structure de rif. *Livre-mémoire P. Fallo, Mém. H. sér. SGF, Paris, t. 1, pp 399-422.*
- [4] EL MEKADDEM, N., EL MOUTCHOU, B., STITOU EL MESSARI, J. & EL HAJJAJI, K. (2009). Etude morphodynamique et morphostructurale de la région de Bou Ahmed (Province de Chefchaouen - Maroc Nord Occidental). *5^{ème} Journée Internat. Géosciences de l'Environnement. Fès-Maroc.*
- [5] EL MOUTCHOU B. (1995). Dynamique côtière actuelle et évolution morpho dynamique de la frange littorale entre M'diq et Oued Laou (Tétouan, Maroc Nord Occidental). *Thèse 3ème cycle, Univ Mohamed V, Rabat, 165p.*
- [6] EL MOUTCHOU B. (2014) : Caractérisation morphosédimentaire, morphodynamique, géomorphologique et dynamique des versants du littoral méditerranéen marocain entre Fnideq et Kaa Asresse (Provinces de Tétouan et Chefchaouen, Maroc Nord Occidental). *Thèse d'Etat, Université Abdelmalek Essaadi-Fac. Sc. Tétouan. 305p*
- [7] EL MOUTCHOU B. BENALI H., MAMOUNI A., (2014). Evolution diachronique de la ligne du rivage le long des littoraux méditerranéens occidentaux marocains : cas des sites côtiers de Ksar Esghir, Bou Ahmed et Jebha (Maroc). *XIIIèmes Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil Dunkerque. France. Publ, dans la Revue paralia. <http://www.paralia.fr>, (pp. 317-324) - DOI:10.5150/jngcgc.2014.035.*
- [8] EL MOUTCHOU B., EL MEKADDEM N., EL FADEL L., EL HAJJAJI Kh. (2011a). Evolution historique et géomorphologique de la ligne du rivage de la zone côtières de Bou Ahmed (Chefchaouen – Maroc). *Conférence méditerranéenne côtière et maritime. édition2. Tanger-Maroc, pp 163-168. <http://dx.doi.org/10.5150/2011.035>*
- [9] EL MOUTCHOU B. EL FADEL L., EL HAJJAJI Kh. (2011b). Evolution morphodynamique et morphosédimentaire du littoral méditerranéen d'Oued Laou (Tétouan - Maroc). *Conférence méditerranéenne côtière et maritime. Edition 2. Tanger-Maroc, pp 157-162. <http://dx.doi.org/10.5150/cmcm.2011.034>*
- [10] FALLOT P. (1937) : Essai sur la géologie du Rif septentrional. *Notes et mem. Ser. V. geol. Maroc. 40,553p*
- [11] JAAIDI E.B., AHMAMOU M., ZOUGARY R., CHATRE B., EL MOUTCHOU B., MALEK F., NAIM K. (1993). Le littoral méditerranéen entre Tétouan et Ceuta et atlantique entre Tanger et Asilah (Maroc) : Impact des aménagements portuaires sur la dynamique côtière. In Aménagement du littoral et évolution des côtes ; L'environnement côtier marocain en péril. Publ, Com, Nat, Géogr, Maroc, Sept 1993, pp 21-34.
- [12] www.puerto.es

Criblage de génotypes de manioc (*Manihot esculenta* CRANTZ) pour la résistance à la cochenille Africaine de racines et tubercules (*Stictococcus vayssierei* Richard) dans différentes zones agro-écologiques de Beni (Nord Kivu, RD Congo)

[Screening cassava (*Manihot esculenta* CRANTZ) genotypes for resistance to African root and tuber scale (*Stictococcus vayssierei* Richard) in different Agro-ecological zones of Beni (North Kivu, DR Congo)]

Nestor Eleko Ndengo¹, Albert Lema Ki – Munseki¹, Rachid Hanna², and Koto-te-Nyiwa Ngbolua³

¹Université de Kinshasa, Faculté des Sciences Agronomiques, Département de Phytotechnie, BP117 Kinshasa XI, RD Congo

²International Institute of Tropical agricultural, BP 2008 (Messa) Yaoundé, Cameroun

³Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, Département de Biologie, BP 190 Kinshasa XI, RD Congo

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

ABSTRACT: Cassava is, economically, one of the most important root and tuber crops in Africa. However, its production is compromised by a large number of diseases and pests among which the african root and tuber scale (*Stictococcus vayssierei* Richard). This insect causes damage that can result in a low yield and non tuber formation of cassava in case of serious infestation. It is in this context that a study on screening cassava (*Manihot esculenta* CRANTZ) genotypes was carried out for resistance to African root and tuber scale in different agro ecological areas of Beni (North Kivu province, in East of the Democratic Republic of Congo). The objective of the study is to assess resistance to African root and tuber scale of 40 varieties of cassava supplied by the International Institute of Tropical Agriculture and the National Institut of Research Agriculture whose five local are found on the spot after survey. To reach this goal, we verified the hypothesis that stipulates that the introduction of new varieties of cassava in the country is a strategy to fight African root and tuber scale. All varieties were placed in four sites under mild altitudes (1000-1200 m) and high altitudes (1200-1400 m). The populations of African root and tuber scale in various stages of life and the tuberous root production of each variety were assessed every three months for two years in a randomized block experimental with four repetitions. The screening ANOVA findings showed significant effects, *S. vayssierei* infested the majority of tested varieties. Nevertheless, principal components analysis (PCA) and cluster analysis identified a reconciliation of tolerance vis-à-vis African root and scale in some improved varieties while released viz, Liyayi (MM96/0287), Obama (TME 419), Mvuazi (I95/528), Dinsaka (I96/0211) and while developing such as 20BI, 20B2, 20B4, 20B16, 20B27, 20B28, 20B29, 81, MM96/0105, MM96/4653, MM96/5272, MM96/5475, MM97/2206 as well as on some local varieties such as MUKAKASA, MBAYILO in different agro ecological areas of Beni Territory in view of the marketable tuberous root production at the end of screening. All the above-mentioned varieties gave a yielded ranging from 20, 3 T/ha to 74, 96 T/ha, included or over the interval acceptable by officially released varieties in DRC. The results indicated that the introduction of improved cassava varieties could be one of the alternatives for African root and tuber scale integrated management. Also, they show the importance of local varieties research for the development of cassava subsector.

KEYWORDS: Cassava, *Stictococcus vayssierei*, altitude, screening, tolerance

RESUME: Le manioc est l'une de principales plantes à racines de grande importance économique cultivées en Afrique. Cependant, sa production est compromise par de nombreuses contraintes parmi lesquelles la cochenille africaine des racines et tubercules *Stictococcus vayssierei* Richard. Cette cochenille cause des dégâts pouvant aboutir au faible rendement et au manque de la tubérisation du manioc en cas d'infestation sévère. La présente étude a été réalisée dans le Territoire de Beni, province du Nord Kivu, en République Démocratique du Congo.

Elle avait comme objectif d'évaluer la résistance à la cochenille de 40 variétés de manioc fournies par l'Institut International d'Agriculture Tropicale et l'Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomique dont cinq locales trouvées sur place après l'enquête. Toutes les variétés ont été installées dans quatre sites sous moyennes altitudes (1000-1200 m) et hautes altitudes (1200-1400 m). Les populations des cochenilles aux différents stades de vie et les productions en racines tubéreuses commercialisables ont été évaluées tous les trois mois pendant deux ans dans un dispositif en blocs randomisés avec quatre répétitions. Les résultats de l'analyse de variance du criblage montrent que *S. vayssierei* a infesté la majorité des variétés testées avec des effets significatifs. L'analyse en composantes principales (ACP) et la classification ascendante hiérarchisée ont permis d'identifier un rapprochement de tolérance vis-à-vis de la cochenille chez certaines variétés améliorées à l'instar de Liyayi (MM96/0287), Obama (TME 419), Mvuazi (I95/528), Dinsaka (I96/0211), 20B1, 20B2, 20B4, 20B16, 20B27, 20B28, 20B29, clone 81, MM96/0105, MM96/4653, MM96/5272, MM96/5475, MM97/2206, ainsi que sur deux variétés locales MUKAKASA et MBAYILO dans différentes zones agro-écologiques du Territoire de Beni, au vu des productions en racines tubéreuses commercialisables à la fin du criblage. Toutes ces variétés susmentionnées ont donné un rendement variant entre 20,3 T/ha à 74,96T/ha, inclus ou au-delà de l'intervalle admissible par les variétés en diffusion en RDC. Les résultats montrent que l'introduction des nouvelles variétés de manioc en milieu paysan pourrait être une alternative à la lutte contre la cochenille. Aussi, ils révèlent l'importance majeure des variétés locales en amont de la filière de mise au point des variétés résistantes à *S. vayssierei* par les généticiens.

MOTS-CLEFS: Manioc, *S. vayssierei*, altitude, criblage, tolérance.

1 INTRODUCTION

Le potentiel productif du manioc en Afrique est gravement compromis par la cochenille africaine de racines et tubercules (*Stictococcus vayssierei* Richard). En effet, en République Démocratique du Congo (RDC) le manioc (*Manihot esculenta* Crantz) est la principale culture vivrière et occupe 50% des superficies de toutes les étendues sous cultures vivrières [1].

Les cochenilles extraient la sève des plantes, endommagent les tissus végétaux et injectent des toxines ou des virus chez nombreuses plantes d'importance économique [2]. De plus, les trous laissés sur les tissus végétaux constituent une porte d'entrée pour de nombreux pathogènes. C'est le cas de *Stictococcus vayssierei* Richard [3], [4], [5] ou la cochenille africaine de racines et tubercules (CART). Sa présence a été signalée pour la première fois en RDC dans le District du Bas-Fleuve, province du Bas-Congo au cours des années 1970 [6].

C'est vers la fin de l'année 1980 que cette cochenille est devenue un ravageur nuisible majeur dans les champs de manioc dans certains pays tel que le Cameroun [7]. Le statut de ravageur de cette cochenille serait tributaire de l'intensification de la culture du manioc qui a entraîné le changement dans les pratiques culturales du milieu [8] [9]. La CART infeste les parties souterraines du manioc sur lesquelles elle se nourrit pendant tout son cycle de vie [10]. Les dégâts de cette cochenille sur le manioc entraînent le manque de la tubérisation ou le faible rendement en cas d'infestation sévère [11]. À cause de l'importance alimentaire et économique du manioc, il nous semble plus raisonnable de penser à augmenter le rendement tout en réduisant les pertes par des moyens qui n'entraînent que peu ou pas d'effets indésirables sur l'environnement.

Face à la résistance des cochenilles aux produits chimiques [12] et à la dégradation de l'environnement par ces derniers, la lutte intégrée passe actuellement comme la meilleure alternative. Cette lutte nécessite entre autre la maîtrise de l'écologie du ravageur et du potentiel génétique du matériel végétal, notamment la résistance aux maladies et ravageurs dans les agrosystèmes [13]. La rareté des données se référant à la résistance de variétés de manioc aux infestations de la cochenille *S. vayssierei* mérite une attention particulière. Au stade actuel aucune recherche n'a été menée à l'Est de la RDC, particulièrement dans le Territoire de Beni où des infestations énormes des cochenilles radicales sont observées même en haute altitude non forestière alors que selon [3], les cochenilles ont été décrites comme étant endémiques dans les zones forestières humides de basses altitudes. Le choix de ce sujet se justifie par le fait que le manioc en Afrique joue deux rôles majeurs pour les populations : celui de culture de sécurité et celui de production de base pour le développement économique des régions pauvres [14]. Ses racines tubéreuses sont des matières premières des industries d'amidonneries et ses feuilles sont riches en vitamines et sels minéraux et constituent le principal légume et même le principal complément alimentaire de base de nombreux Congolais [15]. L'examen de la relation causale entre les effets dévastateurs de la

cochenille africaine de racines et tubercules et la productivité du manioc nous a inspiré deux idées fortes en guise d'hypothèses :

- Dans le germoplasme actuellement disponible en RDC, il y a des variétés de manioc résistantes à la CART.
- Le test du germoplasme constitué de plusieurs génotypes permet l'identification des sources de résistance de manioc à la cochenille africaine de racines et tubercules.

L'objectif global de l'étude est d'identifier parmi les 40 génotypes de manioc du germoplasme, ceux qui sont résistants aux infestations de la CART, en vue de proposer les stratégies de protection intégrée à développer dans la culture de manioc.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 DESCRIPTION DU MILIEU

Les essais ont été conduits en milieu paysan dans le Territoire de Beni, Province du Nord Kivu en RDC sous deux types d'altitudes (800 m à 1200 m) et (1200 m à 1400 m). Les sites d'étude et les coordonnées géographiques sont consignés au tableau 1 et à la photo 4. Le Territoire de Beni étant situé à cheval sur l'Equateur, une grande partie bénéficie du climat équatorial de type Af, de la classification de Koppen, caractérisée par une pluviométrie mensuelle du mois le plus sec supérieur à 60 mm [16].

Les conditions climatiques ayant prévalu pendant la période expérimentale en première année (2009) et en deuxième année (2010) sont résumées sur les Fig. 1, Fig. 2 et Fig. 3.

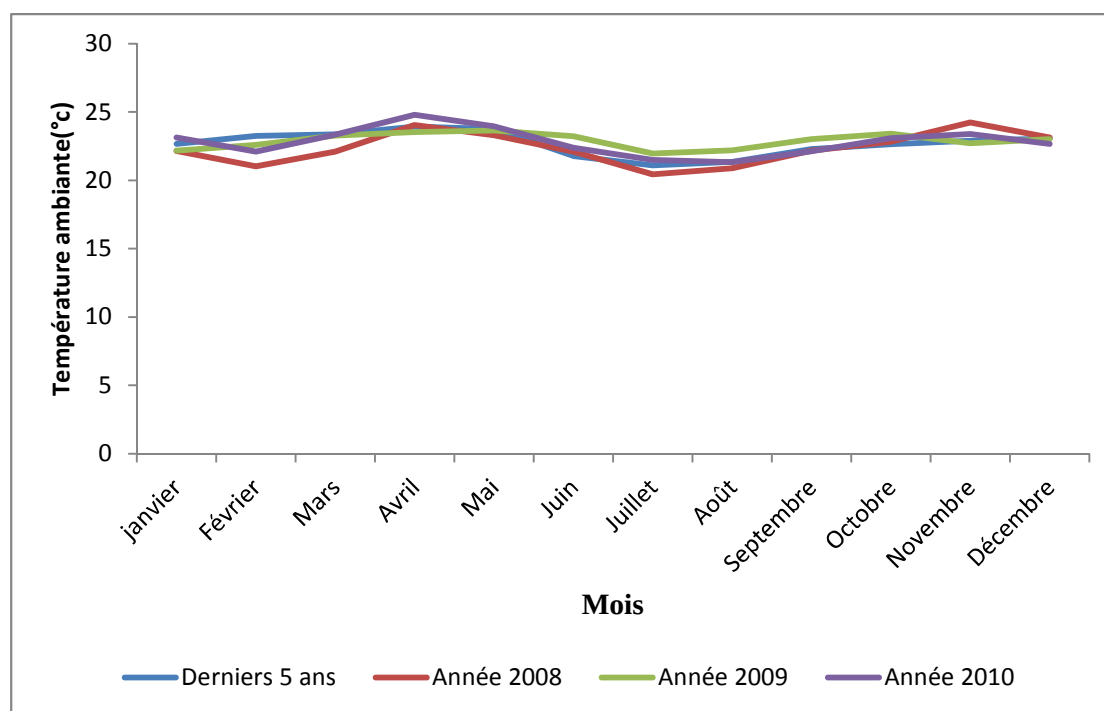


Fig. 1. Evolution mensuelle de la température ambiante pendant la période expérimentale comparée aux cinq dernières années (Source : Observation météorologique, ENRA/SARL/Beni, Nord-Kivu, 2003-2010)

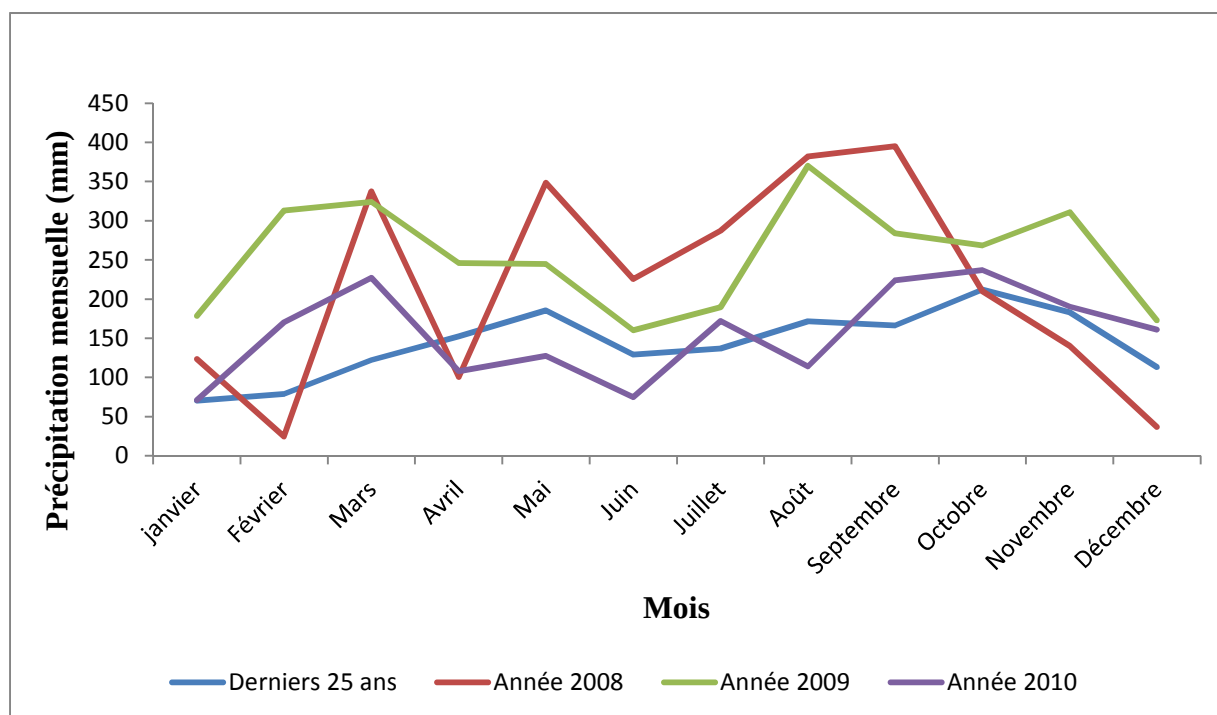


Fig. 2. Courbe de précipitation mensuelle (mm) pendant la période expérimentale comparée aux cinq dernières années (Source : Observation météorologique, ENRA/SARL/Beni, Nord-Kivu, 1983-2010)

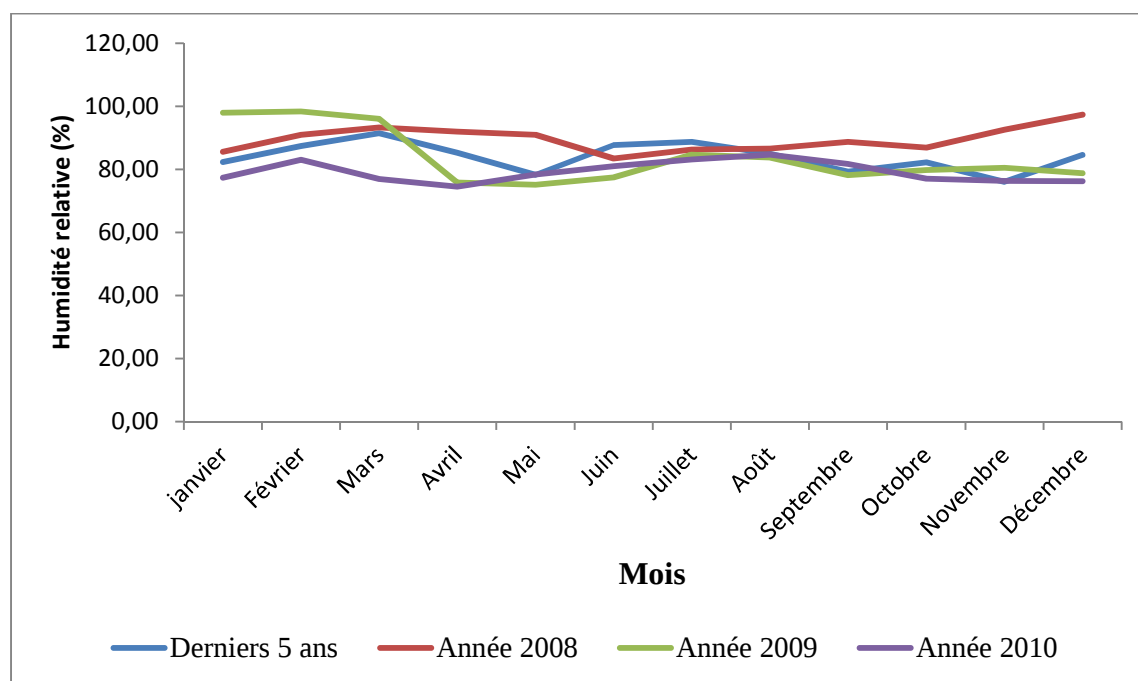


Fig. 3. Evolution de l'humidité relative mensuelle (%) pendant la période expérimentale comparée aux cinq précédentes années (Source : Observation météorologique, ENRA/SARL/Beni, Nord-Kivu, 2003-2010)

La figure 4 donne la localisation géographique des sites d'études tandis que le tableau 1 donne les sites d'études et leurs coordonnées géographiques.



Fig. 4. Localisation géographique des sites d'études (Territoire de BENI, République Démocratique du Congo)

Tableau 1. Sites d'étude et leurs coordonnées géographiques

Secteur/ Chefferie	Village	Coordonnées géographiques		
		Latitude Nord	Longitude Ouest	Altitude (m)
Watalinga	Kizamba	00°40'18,5''	29° 52'28''	842
Beni Mbau	Mukakira	00° 40'10,9'	29° 31'07,3''	1057
Bashu	Mabuku	00° 18'32''	29°18,2'06''	1342
Ruwenzori	Mwenda	00° 24'58''	29° 46,6'05''	1408

2.2 MATERIEL

Les 40 variétés de manioc étaient constituées de 28 géotypes encore en sélection et en développement à l'Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomique (INERA) Station de Mulungu, cinq variétés locales (témoins) de manioc tolérantes à la mosaïque pour une bonne base de comparaison des infestations à la CART et sept variétés améliorées en diffusion. Les variétés améliorées de manioc nous ont été fournies par l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) à la Station de Mulungu de l'INERA situé au Sud Kivu. Les noms et/ou code de ces variétés ainsi que leurs caractéristiques et origines se trouvent au tableau 2. Le GPS marque Garmin 76 a été utilisé pour la prise des coordonnées géographiques des sites. Le pied à coulisse et les lattes graduées ont servi pour mesurer les diamètres au collet et la hauteur des plants de manioc. Les balances de précisions marque SALTER ont servi pour peser les poids des racines tubéreuses et la biomasse aérienne de manioc à chaque période d'évaluation.

Tableau 2. Matériel végétal utilisé dans l'essai et caractéristiques.

Variétés (Noms et/ou Code)	Couleur et goût de Pulpe	Maturité	Comportement face aux maladies et ravageurs	Rendement (T/Ha)	Origine
Butamu/Mv99/0395	Jaune, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Acarien vert	20-25	INERA
Disanka/I96/0211	Blanche (Amer)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Acarien vert	30-35	IITA- IBADAN
Mvuazi/I95/0528	Blanche, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Tolérance à : Acarien vert	35-40	
Nsansi/I95/0160	Blanche, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Susceptible à : Acarien vert	35-40	
Sawasawa/MM96/3920	Blanche, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Tolérance à : Acarien vert	35-40	
Obama/TME419	Blanche, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Tolérance à : Acarien vert	35-40	
Liyayi MM96/0287	Jaune, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Acarien vert	35-40	IITA-EARNNET
30	Jaune, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Acarien vert	A évaluer	
1	Blanche (Amer)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Acarien vert	A évaluer	
19	Jaune, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Acarien vert	A évaluer	
20B4	Blanche, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose	A évaluer	
20B2	Blanche, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à Mosaïque, Bactériose et à Acarien vert	A évaluer	
20B29	Blanche, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à Mosaïque, Bactériose, et à Acarien vert	A évaluer	
81	Blanche, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Tolérance à : Acarien vert	A évaluer	
20B18	Jaune, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Acarien vert	A évaluer	
20B17	Blanche (Amer)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Acarien vert	A évaluer	
20B1	Jaune, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Acarien vert	A évaluer	
20B16	Blanche, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Tolérance à : Acarien vert	A évaluer	
20B27	Blanche, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Susceptible à : Acarien vert	A évaluer	
MM96/3378	Blanche, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Tolérance à : Acarien vert	A évaluer	
MM97/2206	Blanche, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Tolérance à : Acarien vert	A évaluer	
MM96/5475	Jaune, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Acarien vert	A évaluer	IITA-EARNNET
MM96/2293	Blanche (Amer)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Acarien vert	A évaluer	
MM96/4653	Jaune, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Acarien vert	A évaluer	
MM96/0105	Blanche, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Tolérance à : Acarien vert	A évaluer	
MM96/5272	Blanche, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Susceptible à : Acarien vert	A évaluer	
MM4463	Blanche, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, et à Acarien vert	A évaluer	
MM96/3516	Blanche, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, à Acarien vert	A évaluer	
MM96/4649	Blanche, doux	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Acarien vert	A évaluer	
MM96/0730	Blanche, doux	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Acarien vert	A évaluer	
MM4596	Blanche, doux	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Acarien vert	A évaluer	
MM96/1753	Blanche, doux	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose,	A évaluer	
MM96/2100	Blanche, doux	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose,	A évaluer	
Balulu	Blanche, amer	12- 18 mois	Tolérance à : Mosaïque, Bactériose, et à : Acarien vert	15– 20T/ha	LOCALE
Kimbambu	Blanche, doux	12- 18 mois	Tolérance à : Mosaïque et à : Acarien vert	15-20T/ha	
Kinyoka	Noir, amer	12- 18 mois	Tolérance à : Mosaïque et à : Acarien vert	15– 20T/ha	
Mbayilo	Noir, amer	12- 18 mois	Tolérance à : Mosaïque et à : Acarien vert	15– 20T/ha	
Mukalasa	Rouge, amer	12- 18 mois	Tolérance à : Mosaïque et à : Acarien vert	15– 20T/ha	

2.3 METHODES

L'approche scientifique utilisée dans cette étude est l'expérimentation au champ dans le milieu paysan. Les variétés de manioc ont été plantées en bloc complètement randomisé. Le bloc avait une dimension de 21 m X 13 m. Dans chaque ligne dans le sens de la largeur six plants d'une variété de manioc étaient plantés aux écartements de 1m x 1m suivis sur la même ligne par six autres plants d'une autre variété.

La méthode d'infestation était naturelle et s'opérait par les évaluations. Les observations sur la population des cochenilles africaine des racines et tubercules (CART) de manioc se faisaient à un rythme trimestriel sur le manioc âgé de 3 mois après plantation (3MAP), 6 mois après plantation (6MAP), 9 mois après plantation (9MAP) à la première année et jusqu'à 12 mois après plantation (12MAP) à la deuxième année de criblage pour l'évaluation de la production en racines

tubéreuses. Deux plants par unité expérimentale (une demi-ligne) de chaque variété ont été arrachés de manière aléatoire pour le comptage de la population de CART à chaque échéance d'évaluation.

Pour évaluer la population de CART, nous avons procédé au dénombrement des individus à tous les stades de vie (larves 1, larves 2, adultes, individus morts) sur les boutures mères, les racines tubéreuses et nourricières. La technique de comptage a consisté d'abord à séparer à l'aide des machettes et sécateurs les tiges sur les souches, les racines tubéreuses des autres non tubérisées sur les plants à évaluer et ensuite le comptage de CART. Au total, nous avons dénombré les populations de CART sur 80 plants par bloc aussi bien au premier criblage qu'au deuxième criblage pour tout le matériel végétal à chaque évaluation. Pendant le dénombrement nous avons utilisé les loupes entomologiques à agrandissement type Optivisor (optical Glasbinocular magnifier) pour dénombrer les larves 1 et larves 2 de la CART de petites dimensions. Nous avons recouru aux compteurs manuels rapides pour dénombrer les jeunes larves, les adultes et les individus morts. Pour indiquer la tolérance de certaines variétés à la CART, le nombre des racines commercialisables obtenu par chacune d'elles à chacune des évaluations a été pesé et extrapolé en Tonnes par hectare. Une racine est dite commercialisable lorsqu'elle est grosse avec un bon calibre, sans trous laissés par la CART et peut être vendue pour la consommation.

2.4 ANALYSES STATISTIQUES

Les analyses statistiques ont été faites à l'aide des logiciels JMP, SAS Institute pour l'analyse de la variance et XLSTAT 2015 pour l'analyse en composantes principales (ACP) et pour la classification ascendante hiérarchisée (CAH). Les données de comptage de la CART ont été transformées par la fonction logarithmique.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats de comptage CART ont été exprimés en nombre d'individus par plant. Les populations de CART sur chacune des variétés sous moyenne et haute altitude pendant les échéances d'évaluation en première et deuxième année de criblage sont consignées aux tableaux 3 et 4. Les rendements en racines tubéreuses et les populations CART à la fin du criblage sont résumés au tableau 5. La figure 5 représente la structuration des quatre variables liées à la population CART et à la production en racines tubéreuses en analyse en composante principale (ACP). La figure 5 représente le dendrogramme de rapprochement entre les génotypes de manioc améliorés et locales sous criblage en moyenne et haute altitude sur base d'infestation de CART et rendement en racines tubéreuses en classification ascendante hiérarchisée.

3.1 POPULATION DE COCHENILLE EN PREMIERE ANNEE CIBLAGE

• POPULATION EN MOYENNE ALTITUDE (1000 M A 1200 M)

Le tableau 3 donne le nombre moyen de cochenilles radicales par plant sur chaque variété de manioc à 3MAP, 6MAP et 9MAP dans le Territoire de Beni en moyenne et haute altitude en première année de criblage.

Tableau 3. Population CART sur manioc la première année de criblage sous moyenne et haute altitude

Variété ou clone de manioc	Altitude et période					
	Moyenne altitude			Haute altitude		
	3MAP	6MAP	9MAP	3MAP	6MAP	9MAP
30	280 a	233,9a	256,9a	5a	36,8a	20,9a
1	20,1 b	234,4a	127,3b	3a	19,7a	11,3a
81	77,1 c	183,2b	130,2b	0a	49,9a	25a
19	156,3 d	220,5b	188,4c	6,3a	64,5ab	35,4a
MM96/3378	124,5 d	130,1c	127,3b	6,3a	43,8a	25a
20B4	84,0 c	191,5b	137,8b	1,5a	52a	26,8a
20B2	27,4 e	161,0b	94,2d	9,9a	94,7b	52,1a
Mbayilo	36,9 e	174,2b	105,5d	0a	29,2a	14,6a
MM97/2206	218,8 f	398,5d	308,6e	6,5a	12,9a	9,7a
MM96/1753	183,0 f	138,8b	160,9c	6a	68,4b	37,2a
Nsansi	96,3 c	200,0a	148,1c	5,9a	21a	13,4a
MM96/5475	120,5 d	122,9b	121,7c	0a	40a	20a
Obama	183,8 f	267,4d	225,6a	58,3b	94,8b	76,5b
Balulu	59,5 c	270,0d	164,8c	64,3b	17,6a	40,9ab

20B18	90,3 c	133,8c	112,0b	6,5a	7,5a	7a
Kimbambu	47,8 c	98,0e	72,9d	85,4c	56b	70,6b
20B17	245,9 a	152,7b	199,3c	21,2a	11a	16,1a
MM96/4649	74,3 c	174,4b	124,3b	8,3a	84,2b	46,2a
20B1	181,8f	252,4d	217,1c	2,3a	1a	1,8a
Liyayi	212,5f	157,9c	185,2c	59,4b	43c	51,2a
Mukalasa	109,5d	168,5c	139,0b	151,8d	44,8c	98,3b
MM96/2100	100,8d	248,5d	174,6b	7,7a	175,5d	91,6b
20B16	131,4d	228,5d	179,9b	132,5d	10,6a	71,6b
Butamu	249,0 a	351,2f	300,1e	15a	24,3a	19,6a
Mvuazi	267,5a	159,0b	213,3c	4a	68,9b	36,4a
MM96/0730	40,9b	86,2e	63,5d	3,3a	28,3a	15,8a
MM4596	44,0b	104,5e	74,3d	2a	21,8a	11,9a
2	78,0b	132,9c	105,5d	10a	29,7a	19,8a
MM96/2293	53,6b	208,7a	131,1d	8,8a	6,8a	7,8a
MM96/4653	85,9b	74,9e	80,4d	7,1a	20,7a	13,9a
20B28	304,8 g	226,2a	265,5a	21a	21,9a	21,4a
MM96/0105	253,0 a	348,0f	300,5e	11,8a	35,2a	23,5a
MM96/5272	116,3 d	366,4f	241,3a	5a	21a	13a
MM4463	62,5 e	147,9b	105,2d	0a	5,8a	2,9a
20B27	157,1 d	124,4b	140,7d	2,5a	17,4a	9,9a
20B29	34,0 e	180,5d	107,3d	1,5a	0a	0,8a
MM96/3516	54,7 e	134,9g	94,8d	57,4b	31,4a	44,4ab
Sawasawa	71,8 e	225,9h	148,8c	57,4b	31,4a	44,4b
Dinsaka	78,3 e	127,0b	102,6d	57,4b	31,4a	44,4b
Kinyoka	98,7 e	36,0 i	67,3d	32d	35,5a	33,8ab
Moyenne $\pm$ SED	133,5 a* $\pm$ 20,52			30,3 b* $\pm$ 19,7		
CV (%)	14,4			23,1		
LSD 5%	40,84			39,21		

(Les moyennes de quatre répétitions suivies par les lettres différentes sur une même colonne sont statistiquement différentes à $P < 5\%$ avec test LSD)

Légende : SED standard error deviation, CV coefficient de variation, LSD Least Significant Difference ou plus petite différence significative (ppds)

Il ressort du tableau 3 que sur 40 variétés de manioc criblées, la population des cochenilles africaine de racines et tubercules la plus élevée a été observée à 6MAP par rapport à 3MAP et 9MAP, soit une moyenne par plant de 189 CART ; 16 sur 40 variétés de manioc criblées en première année ont été plus colonisées par la CART à 6MAP, avec une population de CART variant entre 200 à 399 CART par plant. Les génotypes de manioc tels que MM97/2206, MM96/5272, et MM96/0105 ont été les plus colonisés à cet âge. Cependant, les variétés locales telles que Kimbambu et Kinyoka ont été moins infestées à 6MAP avec une population respective de 36 et 98 CART par plant. Il en est de même de clones MM96/4653 et MM96/0730 qui ont été moins infestés par la CART à cette échéance avec une population de CART respective de 75 CART et 86 CART par plant. Par ailleurs, 8 sur 40 variétés de manioc ont été plus infestées à 3MAP par rapport à 6MAP et à 9MAP, avec une population moyenne de CART variant entre 213 et 304. Les clones tels que 20B28, 30, MM96/0105 et MM97/2206 ont été hôtes d'une population élevée de CART à 3MAP respectivement de 304 CART, 280 CART, 253 et 219 CART par plant. A l'âge de 3MAP les variétés locales Mbayilo et Kimbambu ainsi que les clones 20B2, MM96/0730 et MM96/4653 ont été aussi moins colonisés par la CART par rapport à 6MAP et 9MAP. La population de CART dénombrée sur ces derniers génotypes de manioc était comprise dans l'intervalle de 27 CART à 86 CART. Egalement à 9MAP neuf sur 40 variétés de manioc criblées en 1^{ère} année ont été plus colonisées par la CART tout en hébergeant une population CART variant entre 213 à 309. Les variétés et clones de manioc tels que Butamu, MM97/2206, MM96/0105, MM96/5272, 20B28 et 30 ont été plus infestés par la CART à cette échéance. Les variétés locales Kinyoka et Kimbambu et les clones MM96/4653, MM96/0730, MM4596, 20B2 ont été les moins colonisés par la CART à 9MAP. Ces derniers génotypes de manioc ont été infestés par une faible population de CART variant entre 64 CART à 80 CART par rapport aux variétés qui ont connus des dégâts de ces homoptères dans les zones agroécologiques des moyennes altitudes du Territoire de Beni.

Eu égard à ce qui précède, ces résultats montrent que toutes les variétés de manioc criblées sous moyenne altitude en première année ont été moins infestées par la CART à 3MAP par rapport à 6MAP et 9MAP. Ceci peut se justifier par le fait

qu'à l'âge de 3MAP, le manioc ne donne pas assez des racines tubéreuses lesquelles constituent l'aliment de prédilection de cochenilles radicales. Egalement, les variétés locales de manioc Kinyoka et Kimbambu ainsi que les clones MM96/0730 et MM96/4653 ont hébergé moins de cochenilles à toutes les périodes d'évaluation par rapport aux autres variétés. A l'exception de la variété locale Kinyoka, ces génotypes de manioc n'ont pas produit assez des racines commercialisables (Tableau 5) à la fin du criblage à 12MAP sur les moyennes altitudes du Territoire de Beni. Ces variétés sont retenues à l'étude de rendement sur les moyennes altitudes afin d'élucider leur tolérance à la cochenille radicale car la population CART hébergée par celles ci a été faible.

Les clones de manioc MM96/0105, MM97/2206 et 20B28 paraissent les plus colonisées à presque toutes les échéances d'évaluation, pourtant leur productivité est bonne au vu des nombres des racines commercialisables observés (Tableau 4). L'exploitation de ces derniers génotypes de manioc dans le Territoire de Beni peut être comme une stratégie de lutte contre la CART. Globalement, les variétés et clones de manioc tels que Liyayi, 20B29, 20B1, Mbayilo, Mukalasa, 20B27, MM96/0105, MM97/2206, 81, Butamu et MM96/5272 ont été identifiés comme tolérants à la CART dans les zones agroécologiques situées en moyennes altitude de Beni à cause de leur productivité en racines tubéreuses (Tableaux 5).

• POPULATION EN HAUTE ALTITUDE (1200 M A 1400 M)

Le tableau 3 donne également les résultats de l'évaluation de la population CART à l'altitude de 1200 m à 1400 m en première année. Il se dégage de ces résultats que toutes les variétés ou clones criblés en haute altitude ont été faiblement colonisés par la CART à toutes les périodes d'évaluation (3MAP, 6MAP, 9MAP). Toutefois, à 6MAP nous avons observé une population plus élevée de CART, soit une moyenne équivalant à 38 CART par plant par rapport à 3MAP et 9MAP. La moyenne de la population cochenille a été de 31 CART par plant à l'échéance de 9MAP et de 24 à celle de 3MAP prouvant en suffisance que sous haute altitude l'infestation de clones ou variétés de manioc par la CART a été très faible.

Aux regards de ces résultats, certaines variétés de manioc qui ont été sensibles à la CART sur les zones des moyennes altitudes ont présenté une bonne production en racines tubéreuses commercialisables et peuvent faire l'objet d'exploitation sur les zones de hautes altitudes (1200 m à 1400 m) du Territoire de Beni. L'amélioration de la productivité de ces génotypes sous hautes altitudes peut être attribuable au fait qu'il n'y a pas jusqu'ici une grande population de CART qui peut causer des dégâts entraînant la réduction du rendement en racines tubéreuses. La population de CART observée sous ces zones reste encore en équilibre avec les pratiques culturales utilisées. D'une manière générale les clones et variétés de manioc ci-après : 20B1, 20B2, 20B4, 20B16, 20B27, 20B28, 81, MM96/4653, MM96/5475, MM96/2100, MM97/2206 et Mvuazi, Dinsaka, Liyayi, Mukalasa, Mbayilo et Balulu ont été identifiés comme tolérants à la CART sur les zones de hautes altitudes du territoire de Beni. Parmi ces derniers génotypes de manioc cinq ont été précédemment identifiés comme tolérants aux dégâts de CART en moyenne altitude.

Il s'agit de 20B1, 20B27, 20B28, 81 et la variété locale Mbayilo. Ces cinq variétés peuvent être recommandées aussi bien en moyenne qu'en haute altitude dans le territoire de Beni à cause de leur production en racines tubéreuses.

3.2 POPULATION DE COCHENILLE EN DEUXIEME ANNEE DE CRIBLAGE

• POPULATION EN MOYENNE ALTITUDE (1000 M A 1200 M)

Les résultats sur l'évaluation de la population CART à l'altitude de 1000 m à 1200 m et de 1200 m à 1400 m en deuxième année se trouvent au tableau 4.

Il ressort de ces résultats qu'à 6MAP, 12 variétés sur 40 de manioc en moyenne altitude ont hébergé une population CART élevée par rapport à 3MAP et 9MAP. La population moyenne de CART par plant à 6MAP a été de 38,9 individus. Egalement à 9MAP il apparaît huit sur 40 variétés de manioc avec une population élevée de CART par rapport à 3MAP. La moyenne de cochenille par plant à 9MAP a été de 36 individus. La population moyenne générale a été de 28,3 CART par plant pour toutes les échéances d'évaluation.

La variété locale Kinyoka et la variété améliorée Nsansi ainsi que le clone 20B17 ont été faiblement colonisés par les cochenilles radicales à toutes les échéances sur les toutes les zones agroécologiques du Territoire de Beni en premier et en deuxième criblage. Malheureusement ces variétés ont accusé de faibles productions par rapport à celles fortement infestées. Les moyennes des populations des individus hébergés par ces trois génotypes de manioc variaient entre 5 à 28 CART. Les variétés améliorées et locales telles que Liyayi, Butamu, 20B27, 81, MM96/0105, MM96/5272, MM97/2206 et Mbayilo ainsi que Mukalasa ont été plus colonisées par la CART. Par contre elles ont présenté une résistance dite « tolérance » à la CART au vu de leur productivité en racines tubéreuses (tableau 5) et pourront valablement servir dans les éventuels programme de création ou d'amélioration variétale.

Tableau 4. Population CART sur manioc la deuxième année de criblage sous moyenne et haute altitude

Variété ou clone de manioc	Altitude et période					
	Moyenne altitude			Haute altitude		
	3MAP	6MAP	9MAP	3MAP	6MAP	9MAP
Kinyoka	12,00a	11,5a	20a	7a	9,5a	13a
Kimbambu	18,50a	19,5a	40a	15ab	19b	17a
Mukalasa	15,50a	16a	75b	9a	14a	15a
Mbayilo	4,50a	35,5a	27,5a	6a	4,5a	25b
Balulu	13,00a	54ab	30,5a	0a	5,5a	12,5a
Obama	5,00a	39ab	26,5a	7,5a	7a	4a
Butamu	6,00a	31a	70b	6a	10a	13,5b
Mvuazi	18,00a	50,5b	19a	3,5a	8a	3a
Nsansi	8,00a	21,5a	21,5a	0,5a	5,5a	15,5b
Dinsaka	5,50a	31a	26a	6a	9,5a	18,5b
Sawasawa	10,00a	65b	50,5ab	10b	8,5a	7,5a
Liyayi	30,00a	19a	52ab	8a	5a	9a
20B29	14,50a	77b	94,5c	6a	11,5a	55c
MM4596	13,00a	54,5b	20a	4,5a	11,5a	8,5a
81	10,50a	31a	69b	0,5a	6,5a	1a
MM96/4649	2,50a	39,5ab	14,5a	6a	3a	1a
20B19	5,00a	25a	31a	7,5a	12a	14b
MM96/2293	6,50a	31,5a	29a	6,5a	2a	7,5ab
20B16	11,00a	90,5c	40ab	8a	9,5a	6a
MM96/2100	14,00a	74,5c	33ab	10a	23,5a	11,5a
MM4463	9,50a	70,5c	20a	6a	9,5a	6a
MM96/3378	16,00a	39ab	35,5a	7,5a	2,5a	8a
MM96/1753	9,50a	45ab	38,5a	4,5a	8,5a	10,5b
MM96/4653	8,00a	58ab	19a	5,5a	14,5a	9,5a
20B1	7,00a	46,5ab	20a	5a	4a	7a
1	5,00a	25a	45ab	7a	2,5a	6,5a
MM96/0730	6,00a	48,5ab	24a	11a	9,5a	4a
20B18	8,50a	60ab	21a	9,5a	5,5a	8a
MM96/0105	7,00a	31,5a	28a	11a	17a	13a
MM97/2206	9,00a	49ab	79b	4,5a	5,5a	10,5a
20B28	9,00a	58ab	43,5a	8a	10,5b	16,5ab
19	5,00a	51,5ab	22,5a	7a	9,5a	12,5a
20B27	8,50a	13a	27a	13a	18,5b	16ab
MM96/5475	7,00a	28,5a	39a	8a	14a	10a
MM96/5272	11,00a	44,5ab	26a	9,5a	5,5a	6a
MM96/3516	22,00a	16,5a	47ab	11a	14,5a	22,5b
30	17,00a	19,5a	50,5ab	16,5a	18ab	24b
20B4	11,50a	13,5a	24,5a	10a	12,5a	13,5a
20B17	20,50a	11a	27,5a	7,5a	10a	14a
20B2	5,00a	10a	12a	13,5a	4a	10a
Moyenne générale $\pm$ SED	28,3 a* $\pm$ 13,08			9,52 b* $\pm$ 4,45		
LSD 5%	26,04			8,86		

(*) : Les moyennes de quatre répétitions suivies avec les lettres différentes sur une même colonne sont statistiquement différentes à $P < 5\%$ avec test PPDS

Légende : SED standard error deviation, LSD Least Significant Difference ou plus petite différence significative (ppds)

• POPULATION EN HAUTE ALTITUDE (1200 M A 1400 M)

Les résultats sur l'évaluation de la population CART à l'altitude de 1200 m à 1400 m en deuxième année se trouvent également au Tableau 4. Il ressort de ces résultats que la population CART en haute altitude en deuxième année a été très faible pour toutes les échéances d'évaluation (3MAP, 6MAP et 9MAP) par rapport à la première année de criblage. Toutefois, à 9MAP il apparaît un grand nombre de variétés avec une population un peu élevé de cochenilles radicales par rapport à 3MAP et 6MAP. Il y a eu moins d'individus à 3MAP et à 6MAP avec les moyennes d'infestation respectives de 7,6 et 9,5 CART par plant.

Globalement 20 sur 40 des génotypes de manioc criblés sous les zones agroécologiques de hautes altitudes du Territoire de Beni ont présenté une tolérance à la CART, car leur production en racines tubéreuses a été acceptable et comprise dans l'intervalle des rendements des variétés en diffusion en RDC (Tableaux 1 et 5). Ainsi, quatre sur cinq variétés locales ont donné une bonne production en racines tubéreuses à la fin du criblage (12MAP) ; il s'agit des variétés Mukalasa, Mbayilo, Balulu et Kimbambu. Egalement, trois sur sept variétés améliorées en diffusion ont produit une grande quantité des racines tubéreuses de manioc à 12MAP, en l'occurrence des variétés Mvuazi, Dinsaka et Liyayi. Les rendements extrapolés à l'hectare des ces dernières variétés ont été respectivement de 63,8T/ha, 36,4T/ha et de 24,4T/ha. Nous avons aussi observé que 13 sur 28 variétés améliorées en développement ont produit plus des racines commercialisables dans l'intervalle des rendements des variétés en large diffusion en RDC. Ces variétés en développement étaient entre autre 20B1, 20B2, 20B4, 20B16, 20B27, 20B28, 20B29, MM96/4553, MM96/0105, MM96/2100 et MM97/2206. Les rendements extrapolés de ces clones ont varié de 24T/ha (pour MM96/2100) à 75T/ha (pour 20B1).

Globalement, pour toutes les zones agroécologiques du Territoire de Beni, les variétés locales de manioc Mbayilo, Mukalasa, Balulu et Kimbambu ainsi que les variétés améliorées en diffusion et en développement telles que Liyayi, Mvuazi, Butamu et 20B1, 20B2, 20B4, 20B16, 20B27, 20B28, 20B29, MM96/4653, MM96/0105, MM96/4653, MM96/2100, MM96/5475 et MM97/2206 ont été à toutes les périodes d'évaluation moins ou fortement infestés par rapport aux autres variétés. Ces derniers génotypes de manioc ont présenté une tolérance à la CART à cause de leur production en racines tubéreuses à l'unité expérimentale. Ils peuvent être considérées comme une stratégie de lutte contre les cochenilles radicales et révèlent une importance majeure en amont de la filière de mise au point des variétés résistantes à *S. vayssierei* par les généticiens.

- **RENDEMENT EN RACINES TUBEREUSES DE 40 VARIETES DE MANIOC A LA FIN DU CRIBLAGE**

Le tableau 5 donne les rendements moyens des différentes variétés de manioc à la deuxième année de criblage (12MAP) sous différentes altitudes du territoire de BENI. Il ressort de ce tableau que les rendements en racines tubéreuses commercialisables les plus élevés a été observés sous hautes altitudes sur les variétés améliorées 20B1, Mvuazi et 20B16, soit respectivement 74,96 T/ha, 63,78 T/ha et 62,94 T/ha. Sous les moyennes altitudes les variétés améliorées Liyayi et 20B29 ont produit 53, 78 T/ha et 30,4 T/ha. Il se dégage de ces résultats que les variétés de manioc criblées dans le territoire de Beni ont été plus productives sous haute altitude que sous moyenne altitude. Cela se justifie par la présence de la cochenille Africaine de racines et tubercule du manioc et ses dégâts qui ont été élevés sous moyenne altitude. Toutefois, certains génotypes améliorés et locales de manioc ont toléré les infestations de la CART en moyenne altitude en produisant des rendements en racines tubéreuses variant entre 20 T/ha et 22,5 T/ha. Il s'agit des clones 20B27, MM96/5272, MM96/2206, MM96/0105 et les variétés locales Mbayilo et Mukalasa.

- **ANALYSE EN COMPOSANTE PRINCIPALE (ACP) ET CLASSIFICATION ASCENDANTE HIERARCHISEE (CAH) DE 40 VARIETES DE MANIOC ET VARIABLES RETENUES A LA FIN DU CRIBLAGE**

L'ACP construite sur les quatre variables relative à la population de CART et au rendement en racines tubéreuses (3MAP, 6MAP, 9MAP et 12MAP) indique une bonne représentation des variables à travers le cercle de corrélation (figure 5) ; un bon taux de restitution de l'information sur la variabilité totale sur le plan F1, F2 (62,13%) et un étalement presque égale des individus le long des axes F1 qui contient 31,92 % d'information relative à la productivité des 40 variétés de manioc et F2 30,21% d'information sur la population des cochenilles.

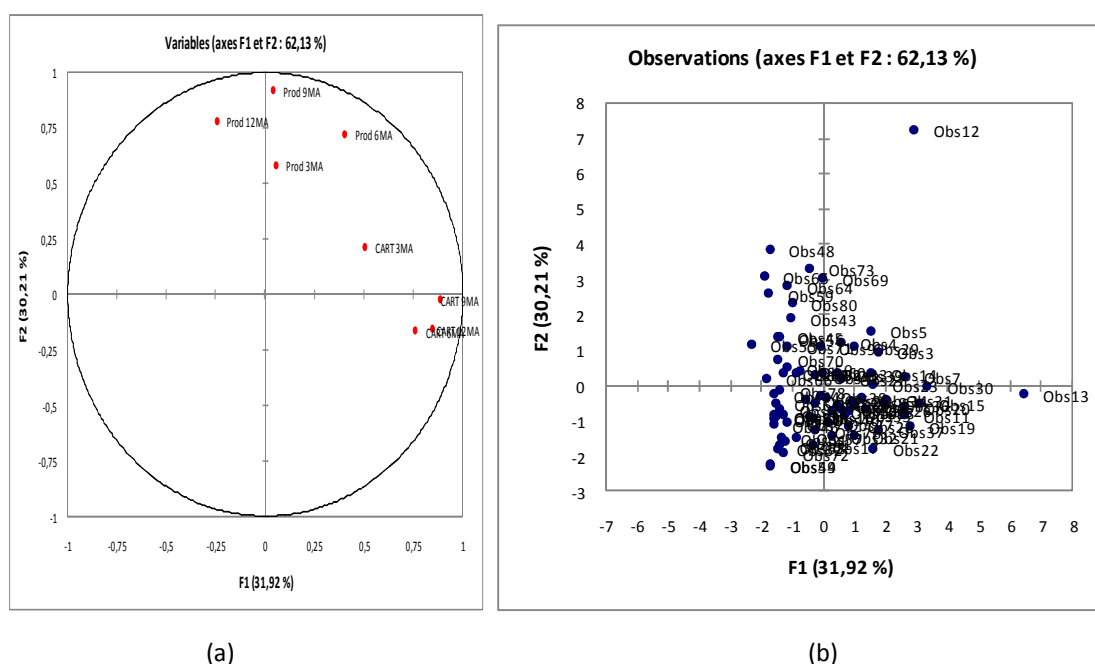


Fig. 5. Structuration des quatre variables en ACP (a) et répartition des individus sur F1F2(b)

Le dendrogramme présenté à la figure 6 illustre le degré de rapprochement entre les génotypes de manioc améliorés et locaux quant à leur résistance à la CART. Il nous montre deux types d'altitudes (moyenne et haute), à faible et forte infestation à la CART. Il y a deux classes constituées des variétés plus ou moins rapprochées quant à leur sensibilité à la CART et à leur rendement en racines tubéreuses où C5 reste indépendante vis-à-vis des C3 et C4 ainsi que C2 et C1 qui sont apparemment regroupées deux à deux. Les données introduites sont la population de CART et les rendements en racines tubéreuses de manioc à chaque évaluation. Les différences de production en racines tubéreuses observées entre les variétés de manioc criblées s'expliquent par les infestations de CART que présente chaque site d'étude. Il est constaté que les variétés exploitées dans les moyennes altitudes (classe C3 et C4) ont été plus infestées par la CART et ont produit moins des tubercules par rapport à celles criblées en haute altitude (classe C1 et C2). La dissemblance entre le groupe des variétés C5 et la classe des variétés criblées en moyenne altitude (C3 et C4) se trouve au niveau de la production en tubercule bien que l'infestation soit très élevée pour ce deux cas. Le rendement en racines tubéreuses a été bonne pour les variétés du groupe C5 et celles criblées en haute altitude (C1 et C2).

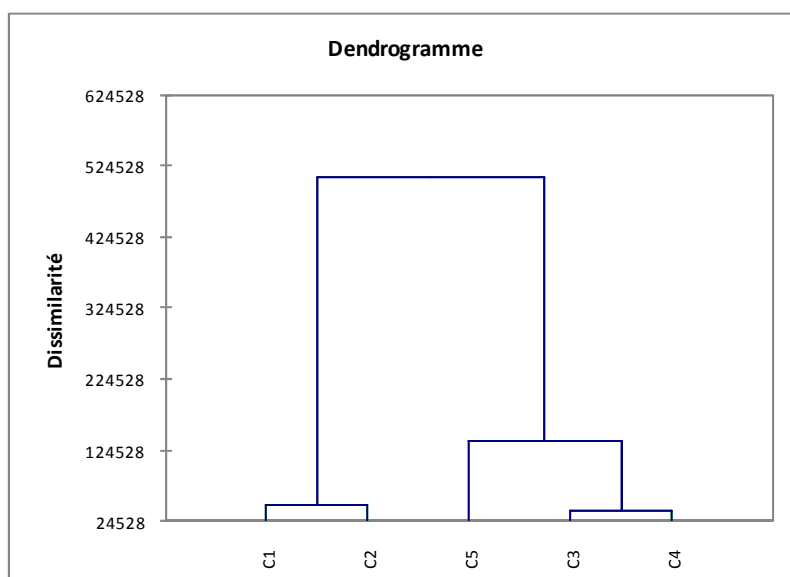


Fig. 6. Dendrogramme de rapprochement entre les géotypes de manioc criblés en moyenne et haute altitude sur base d'infestations à la CART et des rendement en racines tubéreuses

Tableau 5. Rendement (T/ha) des racines tubéreuses commercialisables de manioc à la fin de criblage sous moyenne et haute altitude

Variété /clone de manioc	Altitude, période et production							
	Rendement (T/ha) en moyenne altitude				Rendement (T/ha) en haute altitude			
	3MAP	6MAP	9MAP	12MAP	3MAP	6MAP	9MAP	12MAP
Kinyoka	1,4	4,32	11,8	14,9	1,4	3,46	4,08	7,15
Kimbambu	0,4	6,72	10,02	14,69	1,68	6,17	11,5	23,38
Mukalasa	2,1	8,05	15,67	22,43	1	6,01	25,26	47,60
Mbayilo	2,6	12,2	14,9	22,53	0,67	1,06	14,05	36,97
Balulu	2,2	13,39	18,2	18,12	2,32	10,18	14,63	35,56
Obama	1,7	6,43	9,94	16,64	1,16	2,87	6,67	18,35
Butamu	2,9	5,97	14,79	20,27	1,04	1,91	10,67	18,75
Mvuazi	0,7	5,2	14,58	13,08	4,03	11,13	20,82	63,78
Nsansi	3,72	7,25	14,89	18,62	0,77	1,65	3,6	8,56
Dinsaka	1,71	6,82	8,85	11,37	1,5	3,26	16,6	36,47
Sawasawa	0,75	6,14	12,67	16,55	0,7	1,7	7,64	13,53
Liyayi	1,82	24,42	45,97	53,78	2,14	6,89	10,91	24,43
20B29	1,6	6,54	13,66	30,4	0,7	2,67	10,2	35,63
MM4596	0,7	15,47	10,24	13,31	0,27	0,61	5,36	10,68
81	1,4	7,24	9,99	20,63	0,31	5,9	22,78	45,27
MM96/4649	1,56	5,71	9,41	12,84	3,2	7,71	21,41	10,68
2	0,32	6,77	0,9	15,7	0,33	3,1	8,35	15,31
MM96/2293	0,3	7,6	12,34	16,32	0,86	4,3	8,44	18,31
20B16	0,9	7,1	9,25	12,46	2,06	5,08	23,32	62,94
MM96/2100	0,98	7,96	11,42	14,1	1,2	4,81	18,69	23,94
MM4463	0,3	5,19	8,9	14,68	0,63	4,49	11,28	25,34
MM96/3378	0,55	3,05	6,7	9,07	0,89	2,55	4,61	8,67
MM96/1753	2,2	7,65	12,38	16,22	3,65	5,77	10,57	14,24
MM96/4653	0,7	7,2	10,89	18,36	2,29	11,05	19,5	57,13
20B1	1,2	6,41	9,41	26,1	2,8	7,51	18,08	74,96
1	2,51	4,4	9,42	16,19	2,12	2,44	14,07	27,57
MM96/0730	3,2	6,89	11,8	14,77	0,57	3,84	11,57	18,28

20B18	0,9	6,8	7,88	11,74	0,56	3,27	4,8	9,16
MM96/0105	2,9	9,73	16,07	21,16	3,04	14,44	21,95	33,56
MM97/2206	1,84	7,1	14,44	20,66	2,49	6,04	13,9	28,86
20B28	1,39	7,53	10,97	19,74	0,44	3,63	23,58	45,13
19	0,44	5,84	8,22	12,2	0,63	2,29	4,89	9,51
20B27	3,02	6,63	9,1	22,35	2,79	7,75	29,34	48,60
MM96/5475	2,88	6,21	8,14	14,16	0,51	3,03	8,35	30,20
MM96/5272	0,27	5,1	12,13	20,22	0,3	2,88	9,85	25,48
MM96/3516	0,98	5,8	9,36	14,86	0,26	3,67	9,68	13,45
30	0,91	4,84	6,49	10,21	1,38	2,71	7,6	11,83
20B4	1,3	7,33	9,95	13,83	0,24	1,44	15,28	38,47
20B17	2,3	6,54	11,01	13,45	1,32	4,18	6,22	15,28
20B2	0,91	7,21	8,75	12,02	1,59	6,86	25,01	45,00
Moyenne	1,51	7,47	11,79	17,52	1,4	4,76	13,38	28,45
Maximum	3,72	24,42	45,97	53,78	4,03	14,44	29,34	74,96
Minimum	0,27	3,05	0,90	9,07	0,24	0,61	3,60	7,15
Variance (n – 1)	0,87	12,76	40,65	54,41	1,05	9,28	48,61	301,5
Ecart type (n – 1)	0,94	3,57	6,38	7,38	1,02	3,05	6,97	17,36

La cochenille africaine des racines et tubercules (CART) cause des dégâts aussi bien dans les zones de savanes de haute altitude que dans celles de moyennes et de basses altitudes forestières contrairement à ce que rapportait [3] qu'elle était endémique dans les zones forestières humides de basses altitudes. Peut être que chez [3] les études ont été menées uniquement sur les zones forestières. Les rendements en racines tubéreuses des certaines variétés améliorées en diffusion de manioc sous criblage dans les moyennes et hautes altitudes ont été faibles par rapport leur productivité qui varie de 20 T/ha à 40 T/ha dans les zones qui ne connaissent pas les dégâts de cochenilles. Par exemple les variétés en diffusion de manioc telles que Obama, Nsansi, et Sawasawa ont produit moins de 20 T/ha par rapport à leur potentialité productive dans les moyennes et hautes altitudes du Territoire de Beni à cause des dégâts causés par les cochenilles radicales. Certaines variétés locales et améliorées de manioc ont toléré les dégâts de la CART sous moyenne altitude malgré les fortes infestations de CART. Les variétés locales telles que Mukalasa et Mbayilo ont produit respectivement 22,43 T/ha et 22,53 T/ha sous moyenne altitude. La variété améliorée Liyayi a donné aussi 53,78 T/ha sous moyenne altitude. Ces résultats corroborent à ceux obtenus par [17] sur les effets des infestations de CART sur l'âge des variétés améliorées et locales du manioc en basse altitude à Tshela dans la province du Bas Congo.

La classification ascendante hiérarchique des génotypes de manioc criblés en moyenne altitude montre qu'il y a eu des fortes infestations, par voie de conséquence réduction des rendements en racines tubéreuses. Par contre les faibles infestations ont été observées en haute altitude, partant augmentation des rendements de génotypes de manioc. Ceci semble concorder aux travaux antérieurs de [3] où il décrit les basses altitudes comme habitats de ces homoptères.

Par ailleurs, il est bien établi que les interactions plantes-insectes depuis plusieurs centaines de million d'années, ont conduit à un processus de coévolution. Ce processus évolutif a permis aux plantes de synthétiser des métabolites secondaires bioactifs vis-à-vis des insectes. Plusieurs voies métaboliques telles que les cascades de réactions de phosphorylation et la voie de jasmonates parmi tant d'autres, ont à cet effet été rapporté dans la littérature comme responsables de la production des composés biocides par les plantes infectées [18]. Il faut en outre noter que l'expression des gènes qui contrôlent la biosynthèse de ces métabolites secondaires serait modulée par des facteurs environnementaux tels que le climat, la nature géologique du site, l'altitude, etc. [19, 20]. Si cette affirmation n'est pas correcte, alors, on devrait s'attendre à ce qu'une variété améliorée de manioc testée résiste de la même façon à la cochenille Africaine de racines et tubercules (*Stictococcus vayssierei* Richard) sur tous les sites testés. Hors, nous avons observé dans la présente étude que le manioc résisterait mieux en altitude. Il pourrait s'agir dans ce cas d'une modulation épi-génétique et donc le(s) gène(s) de résistance à la cochenille seraient inductibles.

Eu égard à ce qui précède le changement de certains facteurs climatiques entre autres la pluviosité serait la cause de cette différence de résistance. Toutefois, les études sur l'indicibilité des gènes de résistance de manioc combinées aux facteurs climatiques et écologiques de la CART s'avéreraient indispensable afin d'identifier les facteurs qui seraient à la base de différence de résistance dans différents sites du territoire de Beni.

4 CONCLUSION

La présente étude a permis de donner un aperçu sur la résistance face à la CART des 40 variétés améliorées et locales de manioc dans différentes zones agro-écologiques (moyenne et haute altitude) du Territoire de Beni à l'Est de la RDC. Elle a montré que deux sur cinq variétés locales de manioc criblées pendant deux ans ont une tolérance à ladite cochenille et pourront valablement servir dans les éventuels programmes de création ou d'amélioration variétale. Ceci confirme notre première hypothèse selon laquelle qu'il existe des variétés résistantes à la CART dans le germoplasme actuel en RDC.

Les variétés améliorées en diffusion et en développement de manioc telles que Liyayi, Mvuazi, Butamu et Dinsaka et 20B1, 20B2, 20B4, 20B27, 20B28, 20B29, MM96/4653, MM96/0105, MM96/4653, MM96/2100, MM96/5475 ainsi que MM97/2206 ont été identifiées comme résistantes à la CART dans nos conditions expérimentales. Ceci confirme notre deuxième hypothèse selon laquelle le test du germoplasme constitué de plusieurs génotypes permet l'identification des sources de résistance de manioc à la cochenille Africaine de racines et tubercules. Ces génotypes peuvent être considérés comme une stratégie de lutte contre la CART sous moyenne et haute altitude du Territoire de Beni.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été conduite grâce aux fonds alloués par l'Union Européenne (UE), par l'entremise du projet Relance de Recherche Agricole et Forestière (REAFOR) en République Démocratique du Congo sous la supervision technique de l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA-DRC) que nous remercions aussi. Notre reconnaissance va également à l'endroit des chefs coutumiers qui ont permis l'accès aux différents sites d'étude. Enfin, nous remercions les personnes anonymes qui ont bien voulu relire ce manuscrit pour son amélioration.

REFERENCES

- [1] FAO. Encouragement de la recherche relative au manioc et promotion de la production. In : Food and Agriculture Organization. Créer des partenariats pour parvenir à la sécurité alimentaire, Rome, pp. 11-13, 2000.
- [2] P.J. Gullan, J.H. Martin. Sternorrhyncha (jumping plant-lice, white flies, aphids and scale insects). V. Resh et R. Cardé (Eds.) *Encyclopedia of Insects*. Academic press, 2002.
- [3] C. Richard. Contribution à l'étude morphologique et biologique des Stictococcinae (Hom. Coccoidea). Ann. Soc. Entomol. Fr, no. 7, pp. 571-609, 1971.
- [4] H. Mutsaers, P. Mbouémoué, B. Mouzong. Traditional food crop growing in the Yaoundé area (Cameroon). Part I. Synopsis of the system Agro-Ecosystems no. 6, pp. 87-273, 1981.
- [5] M. Tindo, A. Doumtso, G. Geogen, R. Hanna. Morphological and illustration of female developmental stages of *Stictococcus vayssierei* (Homoptera: Stictococcidae). International Journal of Tropical Insect Science, ICIPE. Vol. 26, no. 2, pp. 126-133, 2006.
- [6] K. Lema, K. Tatahangy, M. Bidiaka, N. Ndambi. Distribution, importance et dynamique des populations de la cochenille radicole du manioc (*Stictococcus vayssierei*, Homoptera Stictococcidae) en République Démocratique du Congo. Annales de la Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Kinshasa Vol. 1, no. 1, pp. 40-49, 2000.
- [7] M. Tchuanyo, A. Van Huis, J.C. Van Lenteren. Distribution, incidence and abundance of the cassava brown root scale insect, *Stictococcus vayssierei*, in Cameroon. Trop. Sci no. 40, pp. 20-24, 2000.
- [8] K. Tatahangy, J. Legg, R. Hanna, K. Lema, M. Toko. Protection de la culture, Rapport annuel, IITA République Démocratique du Congo. Projet Multi-agence et multi-investisseur en développement sur la réhabilitation de la culture du manioc en RDC, 2004.
- [9] R. Hanna, M. Tindo, G. Geogen, A. Ngenkam. Pre-plant host reservoir removal prevents severe infestations of cassava by *Stictococcus vayssierei* in Central Africa. In: The 54th Annual Meeting of the Entomological Society of America, IITA Benin, December 10-13, 2006.
- [10] C. Richard. Révision du groupe des *Stictococcus*, et création de taxa nouveaux (Homoptera, Coccoidea). Ann. Soc. Entomol. Fr, no. 12, pp. 653-669, 1976.
- [11] K. Tatahangy, R. Hanna, M. Toko, K. Lema, M. Solo. Changes in population abundance of the African Root and tuber scale stictococcus vayssierei Richard (Homoptera: stictococcidae) on cassava in the bas-fleuve district in the Democratic Republic of Congo. In: Proceedings of the ninth triennial symposium jointly organized by the ISTRC-AB and KARI, Mombasa, Kenya, pp. 614-622, 2007.
- [12] Y. Ben-Dov. Diagnosis. In: Y. Ben-Dov and C.J. Hodgson (Eds). *Soft Scale Insects: Their Biology, Natural Enemies and Control*. Elsevier Science B.V. pp. 3-4, 1997.

- [13] P. Milonas, M. Savopoulou-Soultani. Development, survivorship and reproduction of *Adoxophyes orana* (Lepidoptera: Tortricidae) at constant temperatures. Ann. Entomol. Soc. Am, no. 93, pp. 96-102, 2000.
- [14] A. Westby. Cassava utilization, storage and small-scale processing. In: *Cassava: Biology, production and utilization*. Hillock R.J., Thresh J.M. and Bellotti A.C. (Eds). CABI Publishing, 2002.
- [15] P. Lancaster, J. Brooks. Cassava leaves as human food. Rev. Exosmic Botany, no. 37, pp.331-348, 1983.
- [16] F. Bluto. Carte des régions climatiques du Congo Belge d'après les critères de Köppen, Bruxelles, 1950.
- [17] B. Mfuti, N. Eleko, K. Lema, R. Hanna. Effets de l'extirpation totale des plantes hôtes sur la population de la cochenille Africaine des Racines et Tubercules (CART) sur la culture de manioc à Tshela. Annales de la Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Kinshasa, no. 5, pp. 4-12, 2012.
- [18] J. Fürstenberg-Hägg, M. Zagrobelny, S. Bak. Plant Defense against Insect Herbivores. Int. J. Mol. Sci. no. 14, pp. 10242-10297, 2013.
- [19] K.N. Ngbolua, H. Rafatro, H. Rakotoarimanana, R.S. Urverg, V. Mudogo, P.T. Mpiana, D.S.T. Tshibangu. Pharmacological screening of some traditionally-used antimalarial plants from the Democratic Republic of Congo compared to its ecological taxonomic equivalence in Madagascar. Int. J. Biol. Chem. Sci. Vol. 5, no. 5, pp. 1797-1804, 2011a.
- [20] K.N. Ngbolua, H. Rakotoarimanana, H. Rafatro, R.S. Urverg, V. Mudogo, P.T. Mpiana, D.S.T. Tshibangu. Comparative antimalarial and cytotoxic activities of two Vernonia species: *V. amygdalina* from the Democratic Republic of Congo and *V. cinerea* subsp *vialis* endemic to Madagascar. Int. J. Biol. Chem. Sci. Vol. 5, no. 1, pp. 345-353, 2011b.

Infections ostéoarticulaires chez l'enfant de plus de 3 ans : Profil épidémiologique

[Bone and joint infections in children above 3 years old: Epidemiological profile]

H. OUBEJJA¹⁻²⁻³⁻⁴, H. Sadki¹⁻², L. Lahlou²⁻⁴⁻⁵, M. Erraji¹⁻², R. Razine²⁻⁴⁻⁵, F. Ettayebi¹⁻², and A. Soulaymani³

¹Service des urgences chirurgicales pédiatriques, Hôpital d'enfants de Rabat, Maroc

²Faculté de médecine et de pharmacie de Rabat, Université Mohammed V, Maroc

³Laboratoire de Génétique et Biométrie, Faculté des Sciences de Kenitra, Maroc

⁴Laboratoire de Médecine sociale (santé publique, Hygiène et Médecine préventive), Faculté de médecine et de pharmacie, Rabat, Maroc

⁵Laboratoire de Biostatistique, Recherche Clinique et Epidémiologie (LBRCE), Faculté de médecine et de pharmacie, 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: *Aim:* To determine the epidemiological profile of bone and joint infections among children above 3 years old that were admitted in the surgical pediatric emergencies department, in the Children's hospital of Rabat, Morocco.

Methods: a transversal retrospective study about children presenting bone and joint infections carried out between January 1st 2013 and December 30, 2014. Indicators included: age, gender, day and month of admission, geographic origin, duration of hospital staying, radiologic and biologic tests and treatment. The data entered on Excel and analyzed by SPSS 18. *Results:* 364 patients were admitted of which 100 had 3 years old and above. Male were 70% and the median of age was 7,5 (5; 11) years. 58% of patients were admitted during summer and fall. There were 8 osteomyelitis and 92 arthritis. The hip was the first location followed by the knee (39% and 38% respectively). A portal of entry was suspected in 16% of cases. The pain was present in 99 % of cases and the limping in 66%. The X-Ray was normal in 88 cases and there were 47 intra-articular collections and 6 subperiosteal collections. The mean of hospital stay was 6 ± 3, 17 days. *Conclusion:* bone and joint infections are still frequent in our country. The diagnosis is still made on clinical examination and biological tests. The diminution of the CRP during the hospital stay reduced the duration of intravenous antibiotics.

KEYWORDS: Joint, bone, infections, Child, hospitalization, epidemiology, Morocco.

RESUME: *But :* Déterminer le profil épidémiologique des infections ostéoarticulaires chez des enfants âgés de plus de trois ans, hospitalisés au service des urgences chirurgicales pédiatriques de l'hôpital d'enfants de Rabat, Maroc. *Matériels et méthodes :* Nous avons réalisé une étude transversale rétrospective concernant les enfants hospitalisés au service des urgences chirurgicales pédiatriques de l'hôpital d'enfants de Rabat, Maroc, suite à des infections ostéoarticulaires, entre 1 Janvier 2013 et 30 Décembre 2014. Les variables concernées sont l'âge, le sexe, les jours et mois d'admission, l'origine, la durée d'hospitalisation, les examens radiologiques et biologiques ainsi que le traitement. Les données étaient saisies sur Excel et analysées par SPSS18. *Résultats :* 364 hospitalisations pour infections ostéoarticulaires ont été notées, 100 patients étaient âgés de plus de 3 ans. Il existe une prédominance masculine (70%), avec une médiane d'âge de 7,5 (5; 11) ans. 8% des patients ont été admis durant l'été et l'automne. Nous avons noté 8 ostéomyélites aiguës et 92 arthrites avec localisation préférentielle au niveau de la hanche et du genou (Respectivement 39% et 38%). La douleur était présente chez 99% des

patients et la boiterie dans 66 % des cas. La radiographie standard était normale dans 88% des cas et il existait 47 épanchements intra-articulaires et 6 abcès sous périosté. Le traitement comportait une immobilisation plâtrée avec antibiothérapie (100%) et un drainage chirurgical (30% des cas). La durée moyenne de d'hospitalisation était de $6 \pm 3,17$ jours. Notre travail consiste en une étude rétrospective d'une série de 100 cas d'infections ostéo-articulaires diagnostiqués au service des Urgences Chirurgicales Pédiatrique (UCP) de l'Hôpital d'Enfants de Rabat sur une période de 2 ans allant de Janvier 2013 à Décembre 2014. Il évalue les différentes caractéristiques épidémiologiques, cliniques, paracliniques, thérapeutiques et évolutives tout en analysant et discutant nos résultats par rapport à ceux de la littérature. *Conclusion* : Affections restant fréquentes dans notre pays, le diagnostic des infections ostéoarticulaires chez l'enfant repose sur la suspicion clinique avec apport de la biologie. La diminution de la CRP au cours de l'hospitalisation a permis de réduire la durée du traitement intraveineux.

MOTS-CLEFS: Articulation, os, infection, enfant, hospitalisation, épidémiologie, Maroc.

1 INTRODUCTION

Les infections ostéo-articulaires (IOA) sont des pathologies graves susceptibles d'entraîner un handicap sévère et peuvent parfois mettre en jeu le pronostic vital. Toutes les tranches d'âge peuvent être intéressées mais le tableau peut revêtir des aspects différents en fonction de la localisation, du germe responsable et surtout de l'âge de survenue. On distingue, selon le site infectieux:

- **L'arthrite** est l'infection d'une articulation, due souvent à la diffusion hématogène d'un germe.
- **L'ostéomyélite** est une infection par voie hématogène de l'os en croissance, atteignant de préférence la métaphyse des os longs.
- **L'ostéite** est l'infection du périoste, de la corticale et de la médullaire osseuse à partir d'une infection des tissus mous secondaire à une plaie traumatique, un geste chirurgical ou un foyer infectieux contigu.

Le diagnostic est évoqué devant un faisceau d'arguments essentiellement cliniques, conforté par la biologie et l'imagerie. En effet, un bilan biologique inflammatoire anormal, en particulier la protéine C réactive, associé à des anomalies échographiques permet de confirmer le diagnostic. La prise en charge précoce associe les antibiotiques, une immobilisation du membre et si nécessaire une intervention chirurgicale de drainage. Un traitement antibiotique prolongé est nécessaire pour éradiquer l'infection osseuse ou articulaire.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Il s'agit d'une étude descriptive rétrospective des infections ostéo-articulaires, quelque soit leur localisation, survenues chez des enfants âgés de plus de 3 ans et suivis au service des UCP (Urgences Chirurgicales Pédiatrique) de l'hôpital d'Enfants de Rabat sur une période de 2ans allant de Janvier 2013 à Décembre 2014. Les données ont été récoltées à partir des registres de consultation et les fiches de staffs journaliers du service, remplis par les externes, internes et résidents de gardes et complétés par les séniors (Professeurs agrégés), ainsi que les dossiers cliniques des patients archivés au service. L'étude des dossiers médicaux a été faite sur la base d'une fiche d'exploitation permettant le recueil des données épidémiologiques, cliniques, para-cliniques et thérapeutiques. Les données ont été saisies sur Excel 2007 et analysées par un logiciel de statistique (SPSS 20). Les variables quantitatives ont été exprimées en médiane et quartiles et les variables qualitatives ont été exprimées en nombre et pourcentage. Le test khi 2 à 5% était utilisé pour savoir si la différence entre certaines variables est significative.

3 RÉSULTATS

Durant la période allant de Janvier 2013 à Décembre 2014, 364 cas d'infections ostéo-articulaires ont été colligés dans le service des urgences chirurgicales pédiatriques (UCP) de l'Hôpital d'Enfants de Rabat dont 27,5% étaient âgés de plus de 3 ans, ce qui correspondait à 100 patients. L'âge médian des enfants était de 7,5 ans [5,11] avec des extrêmes allant de 3 ans à 15 ans. Il existe une prédominance masculine avec un sex-ratio de 2,33 (70 garçons pour 30 filles). Les répartitions des patients en fonction des jours de la semaine et des mois sont représentées sur les figures 1 et 2. Les patients se répartissaient en 8 ostéomyélites et 92 arthrites, avec une prédilection pour l'articulation du genou et de la hanche (Figure 3)

La durée moyenne d'hospitalisation est de $6 \pm 3,17$ jours avec 51% des patients ont séjourné moins de 6 jours (Figure 4).

Sur le plan clinique, la douleur articulaire était le principal signe d'appel chez presque la totalité de nos malades soit 99(99%). L'impotence fonctionnelle était présente chez la totalité des patients dont 66 (66%) ont présenté une boiterie alors que 32(32%) avaient présenté une impotence fonctionnelle totale. L'examen clinique retrouva des signes inflammatoires locaux dans 24 cas avec une tuméfaction chez 49 patients. La radiographie standard était réalisée de façon systématique chez la majorité de nos patients soit 98 cas, et était normale dans 88% des cas. L'échographie reste l'examen complémentaire le plus prescrit en première intention, elle a été réalisée chez 99 patients. Elle n'avait visualisé aucune anomalie chez 33 patients soit 33,3%, et elle était pathologique chez 66 patients, avec 47 épanchements intra-articulaires, 38 infiltrations des parties molles et 6 abcès sous-périostés.

Les examens biologiques comprenaient une CRP et une VS. La CRP initiale était faite chez 95 patients. La CRP du 4ème ou 5ème jour a été faite chez 62 patients. La VS a été faite chez 82 patients. La médiane était chiffrée à 50,5 mm [31,5-79,25].

Sur le plan bactériologique, la recherche de germe était faite chez 30% des cas par des prélèvements de liquide articulaire. Le germe était identifié chez 13,3% des cas seulement dont un *Staphylococcus aureus* dans 75% des cas et des BGN dans 25% des cas.

Le traitement comprenait 3 volets

- Bi-antibiothérapie intraveineuse chez tous les patients : Pénicilline M associée à un Aminoside (93 cas), céphalosporine 3 génération (C3G) associée à un aminoside (4 cas) et une C3G seule (2 patients).
- Immobilisation plâtrée a été réalisée chez 95 patients.
- Drainage chirurgical. La ponction articulaire était réalisée chez 30 patients complétée par une arthrotomie chez 28 patients.

L'évolution immédiate est jugée favorable sur la disparition de la fièvre et de la douleur ainsi que sur la baisse de la CRP (Figure 5). Ainsi les suites étaient simples dans 95% des cas.

4 DISCUSSION

L'infection ostéo-articulaire chez l'enfant constitue un motif de consultation très fréquent en urgence d'orthopédie pédiatrique. Son diagnostic et son traitement doivent être entrepris en urgence car peut mettre en jeu le pronostic fonctionnel voire vital de l'enfant [1], [2], [3], [4], [5].

1- Incidence Son incidence est variable en fonction des modes de recueil de données et des localisations géographiques, mais semble être stable dans le temps [6], [7], [8]. D'autres auteurs ont rapporté une incidence de 2 à 10 pour 100 000 dans la population générale [3], [9]. Cependant, une augmentation de l'incidence de 2,6 à 6 pour 1000 admissions entre 2000 et 2004 était rapportée [6], [10]. Cette augmentation était liée à l'émergence des infections à *Staphylococcus aureus* méticilline résistants (SAMR) communautaires, qui est passée de 4 à 40 % durant la même période, alors que l'incidence des infections à *S. aureus* méticilline sensibles (SAMS) est restée constante [6], [11], [12], [13], [14]. Une étude effectuée à partir d'un réseau de praticiens libéraux de médecine générale en Belgique rapporta une incidence annuelle de 0,42/1000 [2].

Par ailleurs, d'autres auteurs rapportent au contraire une diminution de l'incidence qui serait due à l'utilisation judicieuse des antibiotiques dans les infections cutanées par exemple [5].

Ferroni [11] rapporta 197 cas colligés sur une période de 2 ans, avec 98 arthrites, 23 ostéo-arthrites et 70 ostéomyélites. Ben Ghachem, dans sa conférence d'enseignement en 2008 [6] avait présenté une série de 225 cas sur une période 10 ans, ce qui donne une moyenne de 25 cas par an.

Dans notre travail, 364 cas tout âge confondu sur une période de deux ans, dont 100 étaient âgés de plus de 3 ans, avec 92 arthrites et 8 ostéomyélites, ce qui correspond à une moyenne de 50 cas par an.

2- Age et sexe: Les IOA peuvent survenir à tout âge mais sont plus fréquentes avant l'âge de 20 ans, dont plus de la moitié avant 5 ans [1], [2]. Selon McMahon [3], 33% des cas survenaient durant les deux premières années de vie et 50% avant l'âge de 5 ans. La médiane d'âge était variable selon les séries [16], [19], Par contre, chez N. Stoessle et al [17], l'âge médian de ses malades était de 7,3 ans, ce qui concordait avec notre médiane d'âge qui était de 7,5 (5; 10) ans. La prédominance masculine était nette dans plusieurs séries [3], [4], [5], [9], [11], [16], [18], ce qui correspond à nos données (70%).

3- Porte d'entrée et traumatisme: La notion de porte d'entrée était signalée par certains auteurs. Chez Ferroni [11], elle était suspectée dans 44% des cas. Dans notre série, elle était retrouvée dans 16% des cas.

Le traumatisme serait impliqué dans les IOA dans 30 à 40% des cas [1], [2], [3].

4- Localisation: Les IOA de l'enfant sont souvent situés à une seule localisation; le plus souvent au membre inférieur avec un pourcentage qui varie entre 70 et 77 % [2], [5], [11], [19]. Dans notre série, le membre inférieur était atteint dans 93 % des cas.

5- Paraclinique: Les examens biologiques demandés sont la CRP et la VS. Elles étaient élevées dans la majorité des études [5], [11], [19].

La VS était au-dessus de la normale dans 93% à 100% des patients [20] avec une médiane de 36 mm. La CRP était élevée à l'admission chez 60% à 96% [6], [11], [17], [19]. La médiane était de 45 mg/l [12] et 64 mg/l [19]. Dans notre étude, la VS était réalisée chez 82% des patients avec une médiane de 50,5 mm et la CRP était faite dans 98% des cas et la médiane était de 58 mg/l. La radiographie standard est souvent normale au début et sera supplantée par l'échographie qui permet de dépister la survenue d'un abcès sous-périosté ou un épanchement intra-articulaire. Cet examen est particulièrement intéressant au niveau des articulations profondes telles que la hanche, mais inutile au niveau du genou où l'examen clinique permet de mettre en évidence l'épanchement [6]. La radiographie était normale dans entre 56 et 95% % des cas [19]. Dans le travail de Ferroni [11], l'échographie avait mis en évidence un épanchement intra-articulaire dans 54% cas et un abcès sous périosté dans 4%.

Dans notre série, la radiographie standard était normale chez 88% des patients et l'échographie avait révélé un épanchement intra-articulaire (47/92 cas) et abcès sous périosté (6/8)

La ponction-drainage vise à confirmer le diagnostic par la mise en évidence du germe au niveau du site de l'infection. Certains auteurs ont recours à la ponction systématiquement 88% à 91% [11]. D'autres par contre ne l'ont pratiquée que dans 49% des cas et elle était positive dans 57% des cas [19].

Dans notre étude, malgré le grand intérêt des hémocultures dans l'identification des germes, elles n'ont pas été réalisées dans notre série. La ponction articulaire était faite chez 30% des cas et était positive chez 13,3% des cas. Ceci peut être expliqué par le fait que la majorité des ponctions est faite durant la garde de nuit et les prélèvements sont mis dans des flacons qui sont conservés au réfrigérateur jusqu'au lendemain pour être acheminés au laboratoire, ce qui pose des questions sur la qualité de conservation du prélèvement.

6- Bactériologie: Dans les IOA de l'enfant sont souvent monomicrobienne et le *Staphylococcus aureus* est le plus retrouvé avec des chiffres variant de 39% à 63% [1], [5], [19]. D'autres germes peuvent être en cause notamment le *Haemophilus influenzae*, coagulase-négative *Staphylococcus* et *Streptococcus* spp [5], [19]. Récemment, Ferroni [11] rapporta dans son étude prospective que le *Kingella Kingae* est devenu l'agent causal par excellence chez les enfants âgés de moins de 4 ans, résultats confortés par d'autres auteurs [14]. Par contre au-delà de 4 ans, le *S. aureus* prédomine dans 76%. Ce qui concorde avec les données de Sheldon [10].

Cette différence des fréquences des germes isolés est probablement due à la différence des tranches d'âge inclus dans les séries, mais aussi au profil bactériologique propre à chaque pays. Dans notre travail, le *staphylococcus Aureus* prédomine (75%).

7-Traitement: Le traitement comprend 3 volets: l'antibiothérapie, l'immobilisation et le drainage si nécessaire.

L'antibiothérapie doit être aussi précoce que possible [5], [6], [9], [10], [15]. Probabiliste au début puis adaptée aux germes. Une association oxacilline et un aminoside est utilisée par plusieurs auteurs [6], [19]. Une céphalosporine peut également être utilisée [6], [9], [10]. L'antibiotique est administré par voie parentérale avec une durée variable selon les auteurs (10 jours [10], [11] et 3 semaines [9]), suivie de la voie orale (10 jours [10], à 4-6 semaines [9]). Dans tous les cas, ce passage ne se fait qu'après bonne évolution clinique et biologique, notamment la CRP [6], [15].

La tendance actuelle est au raccourcissement du traitement, avec une efficacité comparable. Dans une étude prospective sur 50 ostéomyélites aiguës à staphylocoques, Peltola et al. [20] ont montré l'efficacité d'un traitement antibiotique court. Dans leur série, la majorité des patients ont reçu moins de 4 j d'antibiotiques en intraveineux, avec une durée totale du traitement de 23 j en moyenne. Ces auteurs rapportent un taux de guérison de 100 % sans séquelles [6], [20]. Cette même attitude est adoptée par d'autres auteurs [11], [15].

Dans notre série, nous avons utilisé une pénicilline M associée à un aminoside dans 93% des cas. En cas d'allergie, une céphalosporine 3ème génération est alors utilisée. La durée moyenne de la voie parentérale était moins de 6 jours chez 51% des patients

La ponction-lavage est recommandée pour laver une articulation et drainer un abcès sous périosté. Elle était réalisée 30,2 à 33,3% des patients [19] et dans 95% des arthrites chez Stoesser[17].

Dans notre série, nous avons réalisé une ponction articulaire chez 30 cas sur 92 arthrites (34,8%), associée dans 28 cas à une arthrotomie et un drainage d'abcès sous périosté chez 6 patients sur 8 ostéomyélites (75%).

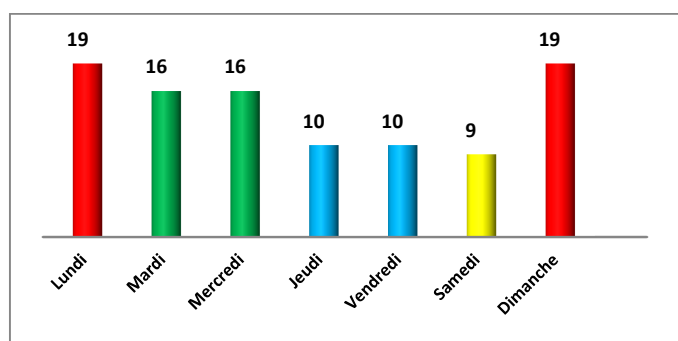


Figure 1 : Répartition par jour de semaine des patients âgés de plus de 3 ans présentant une infection ostéoarticulaires, hospitalisés à l'hôpital d'enfant de Rabat, Maroc sur une période de 2 ans.

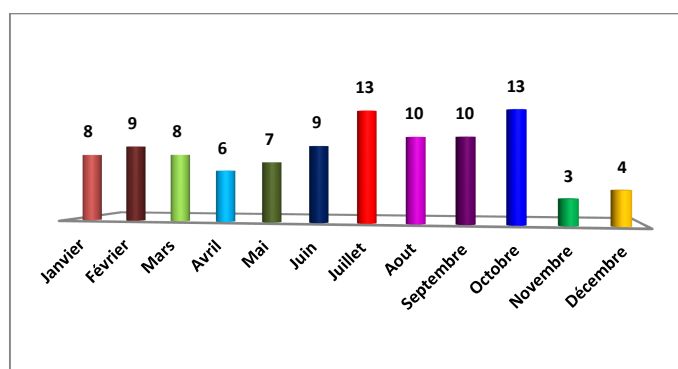


Figure2 : Répartition par mois des patients âgés de plus de 3 ans présentant une infection ostéoarticulaires, hospitalisés à l'hôpital d'enfant de Rabat, Maroc sur une période de 2 ans

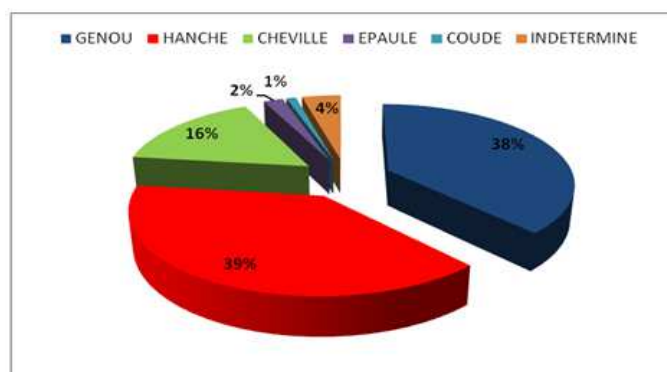


Figure 3: Répartition en fonction du siège de l'infection des patients âgés de plus de 3 ans présentant une infection ostéoarticulaires, hospitalisés à l'hôpital d'enfant de Rabat, Maroc sur une période de 2 ans.

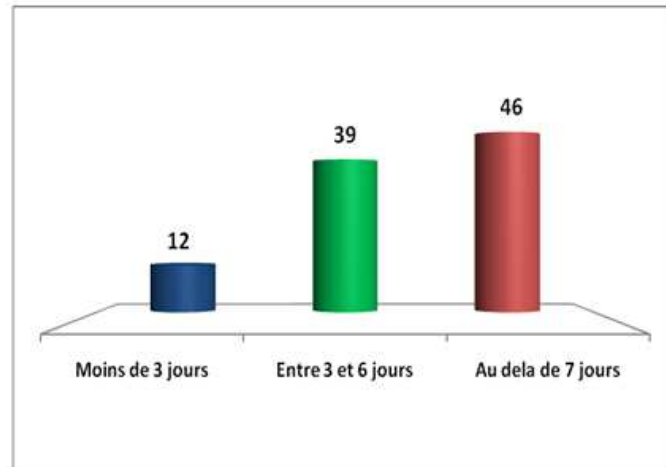


Figure 4: Répartition en fonction de la durée d'hospitalisation des patients âgés de plus de 3 ans présentant une infection ostéoarticulaires, hospitalisés à l'hôpital d'enfant de Rabat, Maroc sur une période de 2 ans.

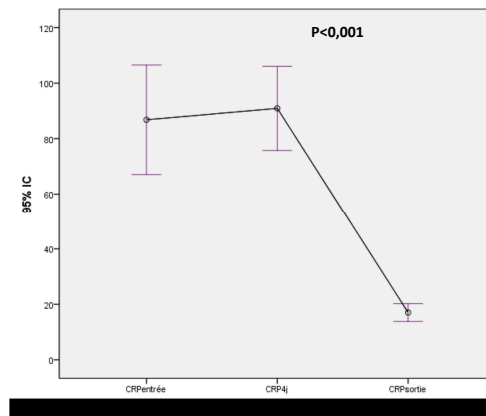


Figure 5: Evolution de la CRP chez les patients âgés de plus de 3 ans présentant une infection ostéoarticulaires, hospitalisés à l'hôpital d'enfant de Rabat, Maroc sur une période de 2 ans.

5 CONCLUSION

Les infections ostéoarticulaires restent fréquentes dans notre contexte quoique leur fréquence ait diminué ces dernières décennies de par le monde. Leur diagnostic et traitement doivent être faits en urgence car peuvent mettre en jeu le pronostic fonctionnel voire vital de l'enfant. Certains variables apparaissent comme facteurs de risque, notamment l'âge, le sexe masculin et le niveau socioéconomique. Les marqueurs biologiques (CRP et VS) quoique non spécifiques sont d'une aide majeure au diagnostic.

Le traitement démarré le plus tôt possible, repose sur l'antibiothérapie probabiliste au début puis adaptée aux germes et le drainage chirurgical si nécessaire. La tendance actuelle est au raccourcissement du traitement antibiotique par voie parentérale.

REFERENCES

- [1] Philip Bejon, Esther Robinson. Bone and joint infection. SKIN, SOFT TISSUE, BONE AND JOINT INFECTIONS. MEDICINE 41:12.
- [2] E. Grimpel, R. Cohen. Epidémiologie et physiopathologie des infections ostéo-articulaires chez l'enfant (nouveau-né exclu). Archives de pédiatrie 14 (2007) S81-S85
- [3] Anne-Marie McMahon. Bone and joint infections. SYMPOSIUM: CONNECTIVE TISSUE AND BONES

- [4] M. Trifa, S. Bouchoucha, H. Smaoui, M. Frikha, et al. Microbiological profile of hematogenous osteoarticular infections in children; *Revue de chirurgie orthopédique et traumatologique* (2011) 97, 175-180.
- [5] Gayti Islam, James Tomlinson, Tom Darton, Robert Townsend. Bone and joint infections. *ORTHOPAEDICS III: UPPER LIMB*.
- [6] M. BEN GHACHEM. Quoi de neuf dans les infections ostéoarticulaires hémotogènes aiguës de l'enfant ? What's new in acute osteoarticular hematogenous infections of the child? Conférences d'enseignement 2008. Elsevier Masson SAS.
- [7] S. Séon, Y. Glard, É. Guedj, P. E. Fournier, A. Aschero, B. et al. Infections ostéo-articulaires de l'enfant, EM-consulte; 31-218 A10.
- [8] P. Violas, V. Rabier, S. Marleix, M. Chapuis, B. Fraisse. Infections ostéo-articulaires de l'enfant, EM-consulte; 14-178-A-10.
- [9] Dahl LB, Hoyland AL, Dramsdahl H, et al. Acute osteomyelitis in children: a population-based retrospective study 1965 to 1994. *Scand J Infect Dis* 1998;30:573-7.
- [10] Sheldon L. Kaplan. Recent lessons for the management of bone and joint infections. *Journal of Infection* (2014) 68, S51eS56.
- [11] A. Ferroni, H. Al Khoury, C. Dana², G. Quesne, P. Berche, C. Glorion and Z. Péjin. Prospective survey of acute osteoarticular infections in a French paediatric orthopedic surgery unit. *European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases, CMI*, 19, 822–828. *Clin Microbiol Infect* 2013; 19: 822–828
- [12] Lehours P, Freydiere AM, Richer O et al. The rtxA toxin gene of *Kingella kingae*: a pertinent target for molecular diagnosis of osteoarticular infections. *J Clin Microbiol* 2011; 49: 1245–1250.
- [13] Ilharreborde B, Bidet P, Lorrot M et al. New real-time PCR-based method for *Kingella kingae* DNA detection: application to samples collected from 89 children with acute arthritis. *J Clin Microbiol* 2009; 47: 1837–1841
- [14] B. Ilharreborde. Sequelae of pediatric osteoarticular infection *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research* 101 (2015) S129–S137
- [15] E.Grimprel, M.Lorrot, H.Hass, D.Pinquier, N.Parez, A.Ferroni, R.Cohen. Infections ostéoarticulaires : propositions thérapeutiques du Groupe de Pathologie Infectieuse Pédiatrique (GPIP) de la Société Française de Pédiatrie. Osteoarticular infections: therapeutic proposals of the Paediatric Infectious Diseases Group of the French Society of Paediatrics (GPIP). *Archives de pédiatrie* 2008. S74-S80
- [16] J. Vial, H. Chiavassa-Gandois. Limb infections in children and adults *Diagnostic and Interventional Imaging* (2012) 93, 530–546
- [17] Nicole Stoesser, Joanna Pocock, Catrin E. Moore, Soeng Sona, et al. The Epidemiology of Pediatric Bone and Joint Infections in Cambodia, 2007–11. *Journal of tropical pediatrics*, Vol. 59, NO. 1, 2013.
- [18] Markus Paakkonen MD, Markku J. T, Kallio MD, Pentti E. Kallio MD. Sensitivity of Erythrocyte Sedimentation Rate and C-reactive Protein in Childhood Bone and Joint Infections. *Clin Orthop Relat Res* (2010) 468:861–866.
- [19] Jan Bonhoeffer, Beate Haeberle, Urs B. Schaad, Ulrich Heininger. Diagnosis of acute haematogenous osteomyelitis and septic arthritis: 20 years experience at the University Children's Hospital Basel. *Swiss Med Wkly* 2001; 131: 575-581. www.smw.ch.
- [20] Peltola H, Unkila-Kallio L, Kallio MJ. Simplified treatment of acute staphylococcal osteomyelitis of childhood. The Finnish Study Group. *Pediatrics* 1997 ; 99 : 846-50.

